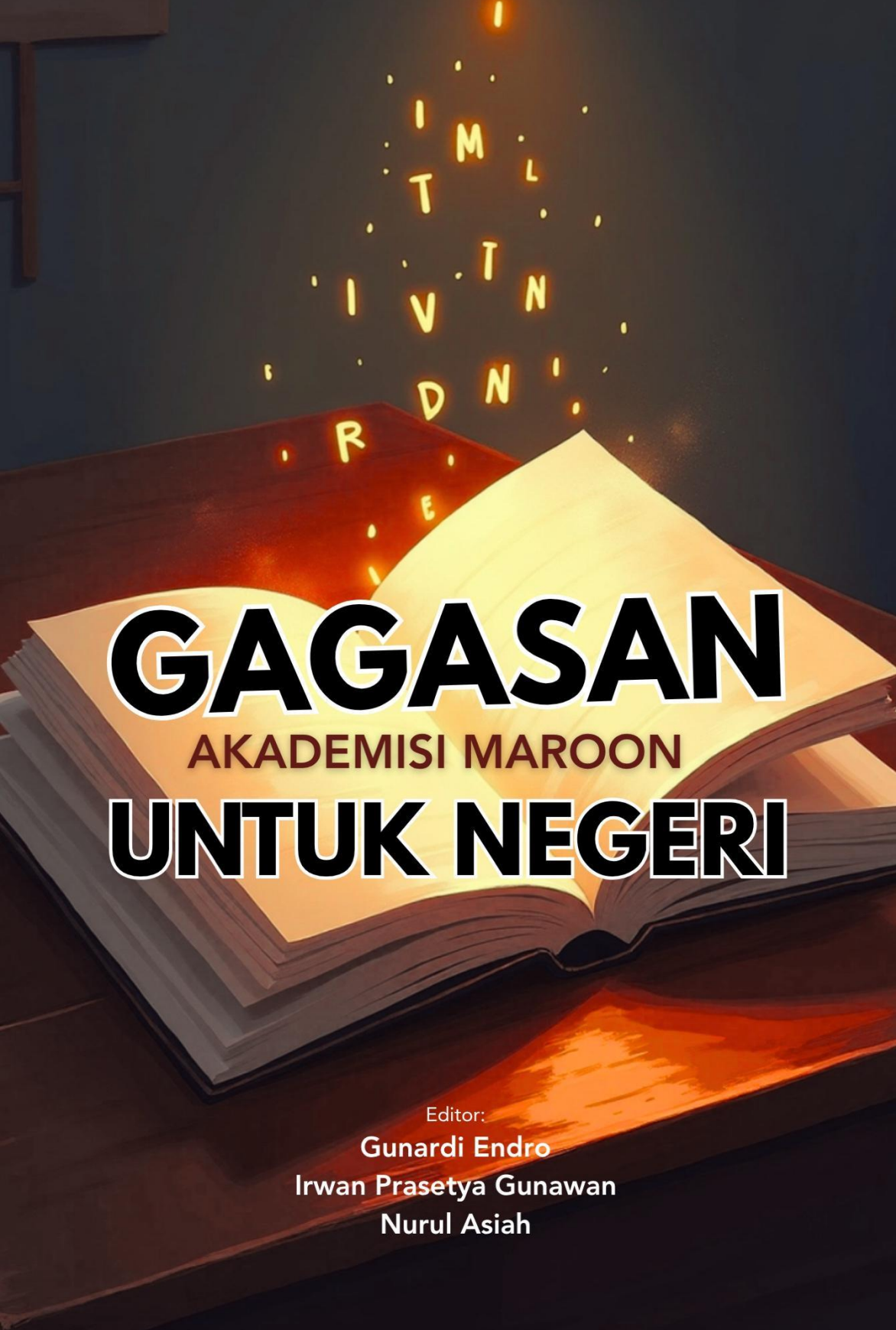




GAGASAN AKADEMISI MAROON **UNTUK NEGERI**

Editor:

Gunardi Endro

Irwan Prasetya Gunawan

Nurul Asiah

Gagasan Akademisi Maroon untuk Negeri

UU No. 28 tahun 2014 tentang Hak Cipta

Fungsi dan sifat hak cipta pada Pasal 4

Hak Cipta sebagaimana dimaksud dalam Pasal 3 huruf a merupakan hak eksklusif yang terdiri atas hak moral dan hak ekonomi.

Pembatasan Perlindungan Pasal 26

Ketentuan sebagaimana dimaksud dalam Pasal 23, Pasal 24, dan Pasal 25 tidak berlaku terhadap:

- I. Penggunaan kutipan singkat Ciptaan dan/atau produk Hak Terkait untuk pelaporan peristiwa aktual yang ditujukan hanya untuk keperluan penyediaan informasi aktual.
- II. Penggandaan Ciptaan dan/atau produk Hak Terkait hanya untuk kepentingan penelitian ilmu pengetahuan
- III. Penggandaan Ciptaan dan/atau produk Hak Terkait hanya untuk keperluan pengajaran, kecuali pertunjukan dan Fonogram yang telah dilakukan Pengumuman sebagai bahan ajar; dan
- IV. Penggunaan untuk kepentingan pendidikan dan pengembangan ilmu pengetahuan yang memungkinkan suatu Ciptaan dan/atau produk Hak Terkait dapat digunakan tanpa izin Pelaku Pertunjukan, Produser Fonogram, atau Lembaga Penyiaran.

Sanksi Pelanggaran Pasal 113

- Setiap Orang yang dengan tanpa hak melakukan pelanggaran hak ekonomi sebagaimana dimaksud dalam Pasal 9 ayat (1) huruf i untuk Penggunaan Secara Komersial dipidana dengan pidana penjara paling lama 1 (satu) tahun dan /atau pidana denda paling banyak Rp 100.000 (seratus juta rupiah).
- Setiap Orang yang dengan tanpa hak dan/atau tanpa izin Pencipta atau pemegang Hak Cipta melakukan pelanggaran hak ekonomi Pencipta sebagaimana dimaksud dalam Pasal 9 ayat (1) huruf c, huruf d, huruf f, dan/atau huruf h untuk Penggunaan Secara Komersial dipidana dengan pidana penjara paling lama 3 (tiga) tahun dan/atau pidana denda paling banyak Rp 500.000.000 (lima ratus juta rupiah).

Gagasan Akademisi Maroon untuk Negeri

Editor:

Gunardi Endro
Irwan Prasetya Gunawan
Nurul Asiah



2025

Gagasan Akademisi Maroon untuk Negeri

Jumlah halaman : xii, 415 halaman

Ukuran halaman : 15,5 x 23 cm

ISBN e-book: 978-602-7989-82-5 (PDF)

Editor:

- Gunardi Endro
- Irwan Prasetya Gunawan
- Nurul Asiah

Desain Cover:

Isnaeni Zakiyah

Hak Cipta dilindungi Undang-Undang Nomor 28 Tahun 2014 tentang Hak Cipta.

Siapapun dilarang keras menerjemahkan, mencetak, atau memperbanyak sebagian atau seluruh isi buku ini tanpa izin tertulis dari penulis dan penerbit.

Cetakan pertama:

Agustus 2025

Diterbitkan oleh:

Universitas Bakrie Press

Penerbit Anggota IKAPI No. 638/Anggota Luar Biasa/DKI/2024



Komplek Rasuna Epicentrum
Jl. HR. Rasuna Said, Setiabudi,
Kuningan Jakarta 12920

UCAPAN TERIMA KASIH

Segala puji dan syukur kami panjatkan ke hadirat Allah *Subhanahu wa Ta'ala*, atas limpahan rahmat, taufik, dan hidayah-Nya sehingga buku "**Gagasan Akademisi Maroon untuk Negeri**" ini dapat terselesaikan dengan baik.

Kami menyampaikan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada Universitas Bakrie, yang telah memberikan dukungan penuh baik secara material maupun non-material. Dukungan tersebut tidak hanya dalam bentuk fasilitas dan sumber daya, tetapi juga melalui penciptaan atmosfer akademik yang kondusif sehingga memungkinkan lahirnya gagasan-gagasan membangun yang tertuang dalam buku ini.

Ucapan terima kasih yang tulus kami sampaikan kepada seluruh kontributor buku, para akademisi dan penulis yang telah berbagi pemikiran, hasil kajian, dan refleksi berharga demi memberikan kontribusi nyata bagi kemajuan bangsa.

Kami juga berterima kasih kepada tim pendukung lainnya yang telah membantu dalam berbagai tahap penyusunan buku ini, mulai dari pengumpulan naskah, proses penyuntingan, hingga penerbitan. Meski tidak dapat kami sebutkan satu per satu, setiap peran yang diberikan memiliki arti yang sangat besar dalam terwujudnya buku ini.

Penghargaan khusus kami sampaikan kepada seluruh keluarga dan rekan-rekan tim penulis, yang telah memberikan dukungan moral, motivasi, dan doa tanpa henti, sehingga proses penulisan dan penerbitan buku ini dapat berjalan lancar hingga selesai.

Akhir kata, semoga segala bentuk dukungan dan kebaikan yang telah diberikan mendapatkan balasan yang berlipat ganda dari Allah *Subhanahu wa Ta'ala*, dan semoga buku ini dapat memberikan manfaat yang luas bagi pembaca dan menjadi bagian dari upaya membangun negeri.

KATA SAMBUTAN

Assalamu'alaikum warahmatullahi wabarakatuh,

Segala puji dan syukur kita panjatkan ke hadirat Allah *Subhanahu wa Ta'ala* atas segala petunjuk dan rahmat-Nya, sehingga buku **“Gagasan Akademisi Maroon untuk Negeri”** dapat diselesaikan dan diterbitkan dengan baik. Selesaiannya buku ini adalah nikmat yang patut kita syukuri, karena di dalamnya tercermin dedikasi, kepedulian, dan tanggung jawab sivitas akademika Universitas Bakrie terhadap kemajuan bangsa.

Sebagai pimpinan Universitas Bakrie, saya mewakili institusi merasa berbahagia sekaligus berbangga bahwa para dosen di Universitas Bakrie dengan tulus mau menuangkan gagasan dan pemikiran dari berbagai bidang keilmuan, untuk mencari solusi terhadap tantangan dan permasalahan yang dihadapi negeri ini. Hal ini menunjukkan bahwa Universitas Bakrie tidak hanya menjadi pusat pendidikan yang menyiapkan generasi penerus bangsa yang cerdas, terampil, dan berintegritas, tetapi juga mengambil peran krusial dalam membantu menyelesaikan persoalan yang ada di tengah masyarakat.

Saya meyakini bahwa hasil kajian dan penelitian yang dilakukan di laboratorium, ruang kuliah, maupun berbagai forum akademik, seharusnya tidak berhenti pada tataran teori semata. Temuan dan ide yang lahir dari kampus haruslah mampu menjadi jawaban atas permasalahan nyata yang dihadapi masyarakat. Oleh karena itu, saya berharap hadirnya buku ini tidak hanya menjadi referensi akademik, tetapi juga dapat memberikan dampak positif, menumbuhkan inspirasi, dan menghadirkan manfaat langsung bagi masyarakat secara luas. Lebih dari itu, saya juga berharap agar karya ini menjadi pemantik diskusi, mendorong kolaborasi lintas disiplin, dan menumbuhkan budaya berbagi pengetahuan yang bermanfaat.

Universitas Bakrie berkomitmen untuk senantiasa mendukung upaya mencerdaskan kehidupan bangsa dan menjadi bagian dari

solusi dalam berbagai persoalan nasional. Semoga semangat ini terus terjaga, dan karya-karya akademisi Universitas Bakrie semakin banyak memberikan kontribusi nyata untuk negeri. Saya percaya bahwa keberhasilan membangun bangsa tidak mungkin dicapai hanya oleh satu pihak, melainkan hasil kerja bersama dari seluruh elemen masyarakat.

Akhir kata, pada HUT RI ke-80 ini, mari kita bersama-sama menguatkan tekad dan langkah untuk memberi sumbangsih terbaik bagi Indonesia tercinta. Kita isi kemerdekaan ini dengan ilmu, karya, dan dedikasi yang tulus. Setiap ide yang kita lahirkan, setiap penelitian yang kita selesaikan, dan setiap solusi yang kita tawarkan adalah bagian dari mozaik besar pembangunan bangsa. Jangan biarkan kontribusi kita berhenti di lembar kertas atau ruang diskusi. Biarlah ia hidup, mengalir, dan memberi manfaat nyata. Dengan kebersamaan, kerja keras, dan semangat pantang menyerah, saya yakin kita mampu menghadirkan perubahan positif yang akan dikenang, bukan hanya hari ini, tetapi juga oleh generasi yang akan datang.

Wassalamu'alaikum warahmatullahi wabarakatuh.

Prof. Sofia W. Alisjahbana, M.Sc., Ph.D., IPU., ASEAN Eng.

Rektor Universitas Bakrie

PRAKATA

Pujian dan rasa syukur kami panjatkan ke hadirat Allah *Subhanahu wa Ta'ala* atas tersusunnya buku yang berjudul "**Gagasan Akademisi Maroon untuk Negeri**". Buku ini merupakan kompilasi gagasan, hasil kajian, dan refleksi dari sivitas akademika Universitas Bakrie (dikenal juga dengan nama Kampus Maroon) yang didedikasikan bagi kemajuan bangsa. Sebagai bagian dari Kampus Maroon, para akademisi memiliki peran strategis dalam membangun negeri melalui pengembangan ilmu pengetahuan, inovasi, dan pemikiran kritis yang relevan dengan tantangan zaman.

Buku ini memuat 17 pemikiran dari para akademisi Universitas Bakrie yang mewakili spektrum keilmuan dan kepakaran yang beragam. Isu-isu strategis yang diangkat meliputi pengelolaan lingkungan, transformasi digital, teknologi kesehatan, dinamika sosial budaya, pertahanan negara, hingga inovasi dalam bidang ekonomi dan kewirausahaan. Setiap tulisan tidak hanya mencerminkan kapasitas akademis penulisnya, tetapi juga semangat pengabdian untuk menghadirkan solusi nyata bagi kemajuan Indonesia.

Penerbitan buku ini bertepatan dengan peringatan 80 tahun kemerdekaan Republik Indonesia, sebuah momentum bersejarah untuk merefleksikan perjalanan panjang bangsa sekaligus memperkuat tekad dalam membangun masa depan yang lebih baik. Kami memandang karya ini sebagai salah satu bentuk kontribusi intelektual sivitas akademika Universitas Bakrie dalam merayakan kemerdekaan, melalui penyajian gagasan-gagasan solutif yang diharapkan dapat menginspirasi, mendorong inovasi, dan memperkuat semangat kebangsaan.

Bunga rampai ini menjadi wadah intelektual yang merefleksikan semangat Kampus Maroon untuk berpikir kritis, progresif, dan berdampak. Kami percaya bahwa kontribusi akademisi tidak berhenti di ruang kelas atau laboratorium, melainkan harus menjangkau ruang

publik dan ikut membentuk arah kebijakan, mendorong inovasi, serta memperkuat ketahanan bangsa.

Kami berharap buku ini dapat memberi inspirasi, memperluas wawasan, dan menjadi sumber rujukan bagi para pembuat kebijakan, akademisi, pelaku industri, dan masyarakat luas dalam menatap masa depan Indonesia dengan optimisme dan solusi yang terukur.

Akhir kata, kami mengucapkan terima kasih kepada seluruh penulis yang telah berkontribusi, serta semua pihak yang telah mendukung proses penyusunan buku ini. Semoga buku ini menjadi bagian dari gerakan perubahan yang membawa manfaat nyata untuk negeri ini.

Tim Editor

DAFTAR ISI

UCAPAN TERIMA KASIH	vi
KATA SAMBUTAN.....	vii
PRAKATA	ix
DAFTAR ISI.....	x
PENDAHULUAN	1
TEMA 1	
TRANSFORMASI DIGITAL DAN TATA KELOLA MASA DEPAN ...	1
Urgensi Penataan Keamanan Siber yang Demokratis di Indonesia	8
Yudha Kurniawan	8
Tren Pengembangan <i>Cloud Computing</i>	24
Berkah Iman Santoso	24
<i>One Data, One Vision</i>	37
Guson Prasamuarso Kuntarto.....	37
Optimalisasi Sistem Informasi untuk Meningkatkan Efisiensi Operasional Usaha Mikro dan Kecil.....	52
Dita Nurmadewi	52
<i>AI for Health: Solusi Berbasis Nilai untuk Kesejahteraan Manusia</i>	67
Dimas Aryo Anggoro	67
Pemanfaatan <i>Generative AI</i> untuk Pemasaran Berkelanjutan UMKM.....	96
Ovalia Rukmana.....	96
<i>Adaptive Medical Image Quality Assessment</i> untuk Solusi <i>Telemedicine</i> Indonesia	121
Irwan Prasetya Gunawan	121

TEMA 2

INOVASI UNTUK PEMBANGUNAN BERKELANJUTAN 151

Rekayasa Pencegahan Pembentukan Air Asam Tambang dan Beberapa Hal yang Perlu Diperhatikan 162

M Candra Nugraha Deni 162

Mengoptimalkan Peluang Limbah Pangan Perkotaan 196

Nurul Asiah 196

Penerapan Ekonomi Sirkular dalam Pengelolaan Sampah Plastik PET di Indonesia 215

Adi Budipriyanto 215

Upaya Membenahi Pengelolaan Sampah di Indonesia 244

Kun Nasython 244

Memetakan Tantangan dalam Pengembangan Kendaraan Listrik di Indonesia 276

Ade Asmi 276

Produksi Peptida Bioaktif Menggunakan Teknik Fermentasi 296

Hendry Noer Fadlillah 296

TEMA 3

MASYARAKAT, BUDAYA, DAN IDENTITAS BANGSA 321

Membongkar Budaya Feodalistis di Masyarakat Indonesia Modern 322

Gunardi Endro 322

***Branding* Destinasi Wisata Melalui Film dan Festival Budaya ... 343**

Mochammad Kresna Noer 343

Rekalibrasi Arah Transformasi Pertahanan Indonesia 356

Aditya Batara Gunawan 356

Menyikapi Mitos Kecantikan dan <i>Beauty Privilage</i> Era Digital di Indonesia	390
Dessy Kania	390
BIOGRAFI PENULIS.....	411

PENDAHULUAN

Indonesia di abad ke-21 berada pada titik persimpangan sejarah yang menentukan. Sebagai negara kepulauan terbesar di dunia dengan populasi lebih dari 280 juta jiwa, Indonesia menghadapi tantangan multidimensi yang kompleks sekaligus memiliki peluang transformasi yang luar biasa besar. Buku ini hadir sebagai respons terhadap kebutuhan mendesak akan pemahaman holistik mengenai berbagai aspek pembangunan berkelanjutan yang saling terkait, mulai dari revolusi teknologi digital hingga transformasi sosial budaya yang fundamental. Setiap bab dalam buku ini tidak berdiri sendiri, melainkan merupakan bagian dari mozaik besar transformasi nasional yang sedang berlangsung. Dari pengelolaan sampah berbasis ekonomi sirkular hingga implementasi kecerdasan buatan dalam pelayanan kesehatan, dari transformasi UMKM digital hingga rekalisasi strategi pertahanan nasional. Semua topik yang dibahas mencerminkan kompleksitas tantangan Indonesia modern yang memerlukan pendekatan terintegrasi dan berkelanjutan.

Mulai dari era digital yang telah mengubah lanskap global secara fundamental, Indonesia tentunya tidak bisa mengabaikan transformasi ini. Beberapa bab dalam buku ini mengeksplorasi berbagai aspek revolusi digital yang sedang mengubah cara hidup, bekerja, dan berinteraksi masyarakat Indonesia. Kecerdasan buatan sebagai katalis perubahan menjadi tema sentral dalam bab yang membahas pemanfaatan *AI* dalam bidang kesehatan. **Dimas Aryo Anggoro** dalam pembahasannya tentang transformasi digital pelayanan kesehatan menunjukkan bagaimana *AI* telah merevolusi diagnosis medis dengan kemampuan *pattern recognition* yang superior, mampu menganalisis data medis kompleks dengan akurasi yang sering melampaui kemampuan manusia.

Cloud computing dan sistem informasi terintegrasi dibahas sebagai fondasi infrastruktur digital masa depan. **Berkah Iman Santoso** menganalisis evolusi dari aplikasi monolitik menuju *microservices* yang mencerminkan kebutuhan organisasi modern

untuk melayani jutaan pengguna simultan dengan efisiensi tinggi. **Guson Prasamuwarso Kuntarto** melengkapi perspektif ini dengan menunjukkan implementasi sistem "*One Data*" di Bakrie Center Foundation sebagai contoh nyata bagaimana organisasi dapat bertransformasi dari struktur tradisional menjadi entitas berbasis data yang adaptif dan responsif.

Telemedicine dan pengolahan citra (*image processing*) menjadi jembatan penting dalam demokratisasi akses layanan kesehatan, terutama untuk daerah terpencil. **Irwan Prasetya Gunawan** menjelaskan bagaimana dengan proyeksi 82% lalu lintas internet berupa video membuat teknologi *image processing* dan *computer vision* menjadi tulang punggung diagnosis jarak jauh yang akurat. Hal ini memungkinkan pelayanan kesehatan berkualitas tanpa batas geografis. Selanjutnya, keamanan siber dan tata kelola (*governance*) digital diidentifikasi sebagai tantangan krusial yang memerlukan pendekatan demokratis. **Yudha Kurniawan** dalam analisisnya menunjukkan bahwa Indonesia menghadapi berbagai ancaman serius mulai dari peretasan data pemerintah hingga kejahatan siber yang merugikan masyarakat. Kebutuhan akan tata kelola keamanan siber yang demokratis menjadi keharusan untuk memastikan terwujudnya prinsip transparansi dan akuntabilitas demi perlindungan kepentingan nasional.

Dalam hal isu lingkungan hidup, krisis di tingkat global menuntut Indonesia untuk mengadopsi pendekatan pembangunan yang berkelanjutan. Beberapa bab dalam buku ini mengeksplorasi solusi inovatif berbasis ekonomi sirkular yang dapat mengubah tantangan lingkungan menjadi peluang ekonomi. Pengelolaan sampah berbasis ekonomi sirkular menjadi fokus utama mengingat Indonesia menghadapi krisis sampah dengan timbulan mencapai 33-38 juta ton per tahun, namun hanya 9-10% yang benar-benar terkelola dengan baik. **Kun Nasython** dalam analisisnya menunjukkan bagaimana konsep ekonomi sirkular yang berfokus pada tiga prinsip utama—meminimalisir limbah melalui perencanaan desain yang tepat, memperpanjang masa guna produk, dan mengembalikan fungsi alami

lingkungan—menawarkan solusi komprehensif yang tidak hanya mengatasi masalah lingkungan tetapi juga menciptakan peluang ekonomi baru.

Pengelolaan sampah plastik PET secara khusus dianalisis oleh **Adi Budipriyanto** sebagai bagian dari strategi ekonomi sirkular nasional. Dengan menyumbang sekitar 1,29 juta ton sampah plastik ke laut setiap tahun dan menjadi penyumbang terbesar kedua di dunia, Indonesia membutuhkan transformasi sistemik dalam pengelolaan plastik PET agar lebih berkelanjutan dan ramah lingkungan. Potensi produksi *recycled PET (rPET)* yang bisa mencapai 9 juta ton per tahun menunjukkan besarnya peluang ekonomi hijau yang dapat dikembangkan. Selain itu, masalah limbah pangan dan keadilan urban tidak kurang pentingnya. Masalah tersebut dibahas oleh **Nurul Asiah** sebagai paradoks kehidupan kota modern. Sepertiga makanan global terbuang, sementara jutaan warga kota masih menghadapi kerawanan pangan. Pendekatan holistik yang menggabungkan ekonomi sirkular dengan konsep keadilan pangan menawarkan visi kota berkelanjutan yang tidak hanya modern tetapi juga berkeadilan sosial.

Transformasi menuju ekonomi rendah karbon memerlukan pendekatan lintas sektor yang holistik, termasuk dalam industri ekstraktif dan transportasi. **Candra Nugraha** mengulas secara komprehensif bagaimana pengelolaan lingkungan pertambangan, khususnya melalui pencegahan Air Asam Tambang (AAT), dapat menjadi contoh praktik industri yang lebih bertanggung jawab terhadap lingkungan. Dengan mengintegrasikan pemahaman geokimia, teknologi rekayasa, dan pemanfaatan limbah industri, strategi ini mencerminkan penerapan prinsip ekonomi sirkular di sektor industri berat. Sementara itu, **Ade Asmi** menyoroti pentingnya elektrifikasi kendaraan sebagai strategi utama transisi energi, mengingat sektor transportasi menyumbang 36,74% dari konsumsi energi nasional. Kendaraan listrik diposisikan sebagai solusi kunci untuk menurunkan emisi gas rumah kaca, terlebih Indonesia memiliki keunggulan strategis sebagai negara dengan cadangan nikel terbesar di dunia—bahan baku utama baterai kendaraan listrik. Kedua pendekatan ini

menegaskan bahwa pengelolaan sumber daya alam yang berkelanjutan dan teknologi ramah lingkungan harus berjalan beriringan dalam mewujudkan masa depan yang lebih hijau.

Dalam hal pengembangan ekonomi, sektor UMKM yang berkontribusi 61,07% terhadap PDB dan menyerap 97% tenaga kerja nasional menjadi fokus khusus dalam beberapa bab yang membahas digitalisasi dan pemberdayaan ekonomi rakyat. Digitalisasi UMKM dibahas oleh **Dita Nurmadewi** dengan pendekatan *human-centered design* yang menempatkan pelaku usaha sebagai mitra aktif dalam proses transformasi. Strategi lima tahap yang dimulai dari *digital awareness* hingga *digital transformation* menunjukkan bahwa digitalisasi bukan hanya adopsi teknologi, melainkan juga transformasi fundamental cara kerja dan pola pikir yang harus disesuaikan dengan kebutuhan, kapasitas, dan konteks pengguna. Sementara itu, pemanfaatan *Generative AI* untuk pemasaran berkelanjutan yang dianalisis oleh **Ovalia Rukmana** membuka cakrawala baru bagi UMKM dalam mengembangkan strategi pemasaran yang efektif namun tetap memperhatikan prinsip keberlanjutan. Teknologi ini memungkinkan UMKM untuk bersaing di pasar global sambil membangun citra positif dan loyalitas pelanggan melalui komunikasi nilai-nilai keberlanjutan.

Pemanfaatan sektor kreatif sebagai motor penggerak ekonomi lokal ditunjukkan melalui kajian **Mochammad Kresna Noer** tentang strategi *branding* destinasi wisata berbasis film dan festival budaya. Melalui studi kasus Semarang, Solo, dan Yogyakarta, ia menampilkan bagaimana perpaduan antara warisan budaya dan ekspresi kreatif kontemporer mampu menciptakan ekosistem ekonomi baru yang memberdayakan komunitas sekaligus memperkuat citra budaya daerah secara berkelanjutan. Sementara itu, inovasi dalam industri pangan ditawarkan oleh **Hendry Noer Fadlillah** melalui pengembangan produk pangan fungsional berbasis peptida bioaktif dari proses fermentasi. Dengan memanfaatkan kekayaan pangan fermentasi tradisional Indonesia, pendekatan ini tidak hanya membuka jalur baru bagi pertumbuhan industri pangan bernilai tambah tinggi, tetapi juga berkontribusi pada penciptaan peluang

ekonomi baru yang sejalan dengan agenda kesehatan nasional, khususnya dalam pencegahan Penyakit Tidak Menular (PTM).

Pembangunan berkelanjutan tidak hanya menuntut transformasi teknologi dan ekonomi, tetapi juga perubahan mendasar dalam aspek sosial budaya dan tata kelola. Aspek budaya menjadi aspek kunci yang harus didahulukan dalam perubahan apapun. Dalam hal ini, budaya feodalistis diidentifikasi oleh **Gunardi Endro** sebagai akar masalah sistemik yang menghambat pembangunan yang demokratis di Indonesia. Persistensi budaya feodalistis dalam masyarakat modern yang berbentuk sakralisasi posisi menciptakan konflik kepentingan antara privilese personal dan kewajiban publik. Oleh karena itu, transformasi melalui pengembangan rasio kritis sangat diperlukan. Pentingnya pengembangan pemikiran kritis juga dibahas oleh **Dessy Kania** dalam menyikapi konten kecantikan di era digital. Tujuannya adalah membuat masyarakat tidak terjebak dalam narasi mitos kecantikan dan *beauty privilege* yang menyesatkan. Adapun perlunya perubahan tata kelola, terutama terkait dengan transformasi pertahanan dan keamanan nasional, dianalisis oleh **Aditya Batara Gunawan** dalam konteks rekalisasi strategi menghadapi tantangan keamanan modern. Kemacetan transformasi pertahanan di tataran ide, organisasi, dan teknologi memerlukan pendekatan komprehensif yang melibatkan kaji ulang strategi, pengembangan interoperabilitas, dan pelibatan sipil dalam perumusan kebijakan pertahanan.

Tujuh belas bab dalam buku ini menawarkan perspektif komprehensif tentang transformasi multidimensi yang sedang dan harus terjadi di Indonesia. Transformasi yang dibutuhkan tidak bisa dicapai dengan pendekatan parsial atau sektoral, melainkan memerlukan pemahaman integratif tentang keterkaitan antar berbagai aspek pembangunan. Teknologi digital harus dikembangkan dengan memperhatikan aspek keberlanjutan lingkungan. Pembangunan ekonomi harus berjalan seiring dengan transformasi sosial budaya. Penguatan keamanan dan pertahanan harus selaras dengan pendalaman nilai-nilai demokratis. Yang paling penting, transformasi ini harus dimulai dari sekarang, melibatkan semua pihak, dan

dijalankan dengan komitmen jangka panjang. Indonesia memiliki semua modal yang diperlukan seperti sumber daya alam yang melimpah, sumber daya manusia yang besar, warisan budaya yang kaya, dan posisi geografis yang strategis. Yang dibutuhkan adalah visi yang jelas, strategi yang tepat, dan tekad yang kuat untuk mewujudkan Indonesia yang berkelanjutan, berkeadilan, dan bermartabat.

TEMA 1

TRANSFORMASI DIGITAL DAN TATA KELOLA MASA DEPAN



Urgensi Penataan Keamanan Siber yang Demokratis di Indonesia

Yudha Kurniawan

Pendahuluan

Indonesia saat ini tengah mengalami proses transformasi digital yang pesat. Proses ini ditandai dengan beragam adaptasi masyarakat terhadap teknologi internet dan digital. Masyarakat Indonesia telah cukup familiar dengan penggunaan telepon pintar, menggunakan teknologi internet untuk keperluan sehari-hari, hingga menggunakan platform media sosial untuk berinteraksi sosial secara personal, membangun komunitas, atau sebagai platform dalam mengembangkan bisnis. Semakin banyaknya masyarakat Indonesia yang menggunakan internet dapat dilihat dari tingkat penetrasi internet yang ada di Indonesia. Dari hasil survei Asosiasi Penyelenggara Jasa Internet Indonesia (APJII) pada awal tahun 2024, penetrasi internet di Indonesia telah mencapai 79,5% dari total penduduk, naik dari angka penetrasi tahun sebelumnya 78,19% (Santika, 2025). Peningkatan angka tersebut dapat diartikan semakin banyaknya masyarakat yang terlibat dalam pemakaian internet.

Khususnya dalam penggunaan media sosial di Indonesia, riset yang dilakukan pada tahun 2024 oleh *We Are Social*, sebuah situs layanan manajemen media sosial, menunjukkan bahwa 49,9% masyarakat Indonesia atau sekitar 83,5 juta orang telah memiliki dan menggunakan akun media sosial. Dari total pengguna media sosial di Indonesia tersebut, distribusi aplikasi media sosial yang dipakai yaitu: WhatsApp (90,9%), Instagram (85,3%), Facebook (81,6%), TikTok (73,5%), dan Telegram (61,3%) (Rainer, 2025). Jelas, berbagai kemajuan teknologi internet dan variasi penggunaan perangkat digital

seperti telepon pintar (*smartphone*) membuat masyarakat Indonesia semakin banyak menggunakan media sosial.

Selain untuk membangun komunikasi dan jaringan sosial, berkembangnya *platform* media sosial telah membuka kesempatan untuk melakukan transaksi komersial dan melakukan pengembangan bisnis. *Electronic Commerce Business Directory* (ECBD), sebuah situs yang menyediakan layanan data *e-commerce* global, pada risetnya tahun 2024 memperkirakan bahwa Indonesia menjadi negara dengan pertumbuhan *e-commerce* tertinggi di dunia, yaitu sekitar 30,5%, hampir tiga kali lipat dari rata-rata pertumbuhan global (Yonatan, 2025). Hal ini menunjukkan bawa *marketplace* di Indonesia memberikan potensi yang menjanjikan bagi model bisnis yang dilakukan secara daring.

Sebenarnya, semakin tingginya aktivitas masyarakat Indonesia yang dilakukan secara daring telah dimulai sejak Pandemi Covid-19, di mana masyarakat terpaksa menggunakan teknologi internet dan *platform* digital sebagai sarana pendidikan. Saat itu, perkuliahan dan kegiatan pembelajaran hampir seluruhnya dilaksanakan secara daring dengan menggunakan *platform video conference call*. Begitu juga kegiatan seminar dan keagamaan harus dilakukan secara daring. Selama pandemi, adaptasi masyarakat terhadap penggunaan internet dan berbagai *platform* digital merupakan suatu keharusan. Namun adaptasi masyarakat bukannya tidak menemui masalah.

Kesenjangan literasi digital antara masyarakat di wilayah satu dan lainnya menjadi kendala dalam menjalani adaptasi terhadap penggunaan internet. Tidak meratanya akses internet dan infrastruktur digital di seluruh wilayah Indonesia dan rendahnya pemahaman masyarakat tentang keamanan dan etika digital menjadi penyebab kesenjangan itu (Hervianty, 2025). Masyarakat Indonesia menjadi kurang awas terhadap pentingnya keamanan data pribadi dan pentingnya menjaga etika dalam melakukan berbagai aktivitas di ruang siber. Tulisan ini mau menunjukkan betapa urgennya Indonesia untuk

melakukan penataan keamanan siber yang demokratis agar keadilan di ruang siber bagi warga penggunaanya bisa diwujudkan.

Ruang Siber dan Keamanan Siber

Proses digitalisasi di Indonesia menunjukkan persoalan utama yang perlu diperhatikan, terutama terkait dengan ruang siber (*cyberspace*) sebagai arena berbagai interaksi digital. Ruang siber bisa didefinisikan sebagai lingkungan kompleks yang dihasilkan dari interaksi manusia, piranti lunak, jasa teknologi dan perangkat internet yang tidak eksis di dunia fisik (Newton, 2015). Sedangkan Gedung Putih Amerika Serikat (AS) mendefinisikan ruang siber sebagai sistem infrastruktur yang terdiri dari ratusan ribu komputer, *server*, *router*, *switch*, dan fiber optik yang saling terhubung sehingga membuat infrastruktur penting negara dapat bekerja (Reveron, 2012). Ruang siber menjadi arena penting bagi terciptanya interaksi digital yang kondusif. Oleh karena itu, ruang siber harus dijaga keamanannya agar interaksi antar warga penggunaanya tidak terganggu. Singkatnya, keamanan siber harus diwujudkan.

Keamanan siber secara umum dipahami sebagai suatu situasi yang dihasilkan dari berbagai upaya untuk menanggulangi beragam ancaman yang dapat mengganggu interaksi digital di ruang siber. *Computer Science and Telecommunications Board* (CSTB) mendefinisikan keamanan siber sebagai perlindungan terhadap pengungkapan yang tidak diinginkan di ruang siber, perlindungan terhadap modifikasi atau kerusakan sistem, dan juga perlindungan untuk pengamanan sistem itu sendiri (Nissenbaum, 2009). Di tataran praktis, keamanan siber diwujudkan sebagai rangkaian aktivitas dan pengukuran yang dimaksudkan untuk melindungi ruang siber dari serangan, disrupsi, dan ancaman lainnya melalui pengelolaan elemen-elemen ruang siber, perangkat keras, perangkat lunak, jaringan komputer, informasi dan data, dan lain-lain (Fisher, 2005).

Saat ini, berbagai jenis ancaman keamanan siber menjadi masalah serius yang bisa meruntuhkan kedaulatan institusi. Ancaman-ancaman itu ditemukan dalam beragam insiden, mulai dari akses ilegal ke dalam jaringan komputer lain, perusakan terhadap *website* institusi, hingga pencurian data pribadi. Jenis-jenis ancaman siber yang umum dikenal dalam *IT Governance* (IT Governance, 2025) dapat diperiksa pada Tabel 1 sebagai berikut.

Tabel 1. Jenis-jenis Ancaman Keamanan Siber

No	Jenis Ancaman	Pengertian Ancaman
1	<i>Backdoors</i>	Mengakses komputer lain tanpa sepengetahuan pemilik yang sah.
2	<i>Formjacking</i>	Memasukkan kode <i>malicious</i> JavaScript ke pembayaran <i>online</i> untuk memperoleh data pengguna kartu kredit.
3	<i>Distributed Denial of Service (DDos) Attacks</i>	Mengganggu lalu lintas <i>web</i> , <i>server</i> , atau jaringan yang menyebabkan <i>crash</i> pada sistem komputer.
4	<i>Domain Name System (DSN) Poisoning Attacks</i>	Mengalihkan akses pengguna ke situs yang telah ditetapkan oleh seseorang, sehingga pengguna tidak dapat mengakses situs tujuan.
5	<i>Malware</i>	<i>Software</i> semacam <i>Botnet</i> , <i>Ransomware</i> , <i>Spyware</i> , <i>Trojan</i> , <i>Virus</i> , dan <i>Worms</i> ditujukan untuk mengganggu atau merusak komputer lain.
6	<i>Drive-by Downloads</i>	Menginstal <i>malware</i> ke korban yang mengunjungi suatu <i>website malicious</i> . Biasanya memanfaatkan lampiran email atau tautan sebuah <i>website</i> .

7	<i>Man in the Middle (MITM) Attacks</i>	<i>Hacker</i> masuk dalam jaringan perangkat dan server untuk mengintersepsi komunikasi, biasanya terjadi pada <i>wi-fi</i> publik yang tidak aman.

No	Jenis Ancaman	Pengertian Ancaman
8	<i>Phishing Attacks</i>	Metode rekayasa sosial untuk membocorkan informasi rahasia, sering kali dilakukan melalui email.
9	<i>Social Engineering</i>	Metode manipulasi korban dengan tujuan mendapatkan informasi atau melakukan akses ke komputer korban.
10	<i>Structured Query Language (SQL) Injection</i>	Memasukkan kode <i>malicious</i> ke dalam server SQL, hingga didapatkan akses untuk melakukan modifikasi data.

Jenis-jenis ancaman tersebut di atas dapat dilakukan oleh beragam aktor, dari aktor negara sampai *hacker* (Imperva, 2025). Dalam kajian keamanan siber, aktor-aktor yang berpotensi menjadi sumber ancaman keamanan siber dapat diperiksa pada Tabel 2 berikut ini.

Tabel 2. Sumber Ancaman Keamanan Siber

No	Sumber Ancaman	Penjelasan
1	Negara	Negara musuh yang mampu melancarkan serangan siber terhadap perusahaan atau institusi lokal, tujuannya untuk mengintervensi

		komunikasi, menyebabkan kekacauan, dan menimbulkan kerusakan.
2	Organisasi Teroris	Aksi terorisme dengan metode serangan siber, tujuannya untuk menghancurkan infrastruktur, mengancam keamanan nasional, disruptsi ekonomi, dan membahayakan masyarakat.
3	Kelompok Kriminal	Kelompok <i>hacker</i> terorganisir yang bertujuan menerobos sistem komputer lain untuk keuntungan ekonomi. Kelompok ini melakukan <i>spam</i> , <i>phishing</i> , menginstal <i>spyware</i> dan <i>malware</i> , mencuri informasi pribadi, dan melakukan <i>online scam</i> .

No	Sumber Ancaman	Penjelasan
4	<i>Hacker</i>	Peretas individual yang menargetkan suatu organisasi melalui serangan yang variatif. Motivasinya adalah keuntungan personal, balas dendam, keuntungan finansial, atau aktivitas politik. Mereka biasanya selalu mengembangkan jenis ancaman baru untuk meningkatkan kredibilitasnya di antara komunitas peretas.
5	<i>Malicious Insider</i>	Merupakan ‘orang dalam’ yang memiliki akses jaringan perusahaan dan melakukan penyalahgunaan kewenangan untuk mencuri informasi atau merusak sistem komputer. Biasanya pegawai, kontraktor, <i>supplier</i> perusahaan, dan pendukung organisasi kriminal.

Permasalahan Keamanan Siber di Indonesia

Ancaman serius keamanan siber di Indonesia terjadi dalam berbagai insiden di beberapa tahun belakangan ini, yaitu: peretasan data pelanggan Citilink dan tiket.com (2016), peretasan dan pembobolan data pengguna Tokopedia (2020), peretasan akun *youtube* DPR RI (2023), serangan *ransomware* Pusat Data Nasional (PDN) (2024), peretasan dan pembobolan data NPWP oleh Bjorka (2024), dan kebocoran data di Satu Data ASN (2024). Kasus-kasus tersebut tentu saja menimbulkan kerugian tidak sedikit. Pada kasus serangan *ransomware* terhadap Pusat Data Nasional (Aldiansyah, 2025), misalnya, selain sebagian data dapat di kuasai peretas, muncul ancaman peretas untuk menyebarkan data yang telah dikuasainya itu. Saat itu, peretas meminta tebusan sebesar 8 juta dolar AS jika pemerintah ingin mendapatkan kunci deskripsi atas data yang dikuasainya.

Sebelum kasus Pusat Data Nasional (PDN), peretas yang menamakan dirinya Bjorka meretas data NPWP dari Direktorat Jenderal Pajak Indonesia dan menjualnya di pasar gelap. Penyelidikan kasus itu dilakukan Kepolisian Republik Indonesia (Polri) bersama dengan Badan Siber dan Sandi Negara Republik Indonesia (BSSN RI) (Fadilah, 2025). Kasus lainnya yang perlu diperhatikan adalah kasus kebocoran Satu Data ASN yang dikelola oleh Badan Kepegawaian Negara (BKN). Melalui siaran pers, BKN memang menyatakan bahwa dugaan kebocoran data ASN dipastikan tidak mengganggu layanan manajemen ASN, tetapi kerugian non-finansial yang ditanggungnya tak bisa dianggap ringan. Akhirnya, BKN harus bekerja sama dengan BSSN dan Kementerian Komunikasi dan Informatika (saat ini disebut Komdigi) untuk melakukan investigasi di kasus tersebut (BKN, 2024).

Atas kasus-kasus tersebut di atas, Lembaga Studi dan Advokasi Masyarakat (ELSAM) menyajikan analisisnya terkait kerentanan data pemerintah terhadap ancaman keamanan siber (ELSAM, 2014), yaitu: (1) kebocoran data yang terus terjadi diakibatkan karena tingkat kepatuhan perlindungan data yang rendah pada lembaga-lembaga

negara; (2) pemerintah tidak belajar dari berbagai insiden yang pernah terjadi sebelumnya dengan tidak pernah adanya penyelesaian tuntas terhadap setiap insiden yang pernah terjadi; (3) belum adanya perbaikan sistemik dan sistematis terkait permasalahan yang konsisten ditemukan dalam pelaksanaan audit keamanan, keandalan sistem pemrosesan, dan penyimpanan data.

Data lain dari Unit Patroli Siber Kepolisian Republik Indonesia (Polri) juga menunjukkan situasi yang cukup memprihatinkan. Unit Patroli Siber Polri menyediakan suatu kanal bagi masyarakat untuk menyampaikan laporan terkait kejahatan siber yang dialaminya. Dari data yang disajikan pada *website* unit tersebut, diketahui berbagai jenis kasus kejahatan siber yang dilaporkan (Unit Patroli Siber, 2025), yaitu berupa: 14.495 kasus penipuan *online*, 8.614 ancaman kekerasan, 6.556 pencemaran nama baik, 3.675 ancaman pencemaran (*doxxing*, pemerasan), 952 pornografi, 778 berita bohong, 597 manipulasi data (pemalsuan identitas, pemalsuan data, perusakan situs web, dan lain-lain), 220 judi *online* (judol), dan 237 prostitusi.

Dari berbagai permasalahan di atas, kerentanan keamanan siber di Indonesia ternyata sangat mengkhawatirkan, baik di institusi-institusi pemerintahan (sektor publik) maupun sektor swasta. Kenyataan ini menuntut pentingnya pengadaan tata kelola keamanan siber yang didasarkan pada suatu kerangka kerja kebijakan siber yang komprehensif, efektif, namun tetap mempertimbangkan aspek demokratis. Pertimbangan aspek demokratis diletakkan pada partisipasi pemangku kepentingan yang luas dan akuntabilitas dalam menjalankan pengawasan terhadap implementasi strategi dan kebijakan keamanan siber. Tentunya, upaya untuk membangun literasi digital bagi masyarakat luas tidak diabaikan.

Membangun Tata Kelola Keamanan Siber yang Memadai dan Demokratis

Kebutuhan untuk menyusun tata kelola keamanan Siber yang memadai dan demokratis di Indonesia menjadi suatu kebutuhan yang bersifat imperatif. Pengelolaan keamanan siber nasional sebenarnya dapat dilihat dari berbagai peraturan yang telah diberlakukan pemerintah seperti Undang-Undang (UU) Nomor 11 Tahun 2008 tentang Informasi dan Transaksi Elektronik (ITE), Peraturan Pemerintah (PP) Nomor 71 Tahun 2019 tentang Penyelenggaraan Sistem dan Transaksi Elektronik, Undang-Undang Nomor 27 Tahun 2022 tentang Pelindungan Data Pribadi (PDP), Peraturan Presiden (Pepres) Nomor 53 Tahun 2017 tentang Badan Siber dan Sandi Negara (BSSN), Kitab Undang-Undang Hukum Pidana (KUHP), dan Peraturan Menteri Pertahanan (Permenhan) Nomor 82 Tahun 2014 tentang Pedoman Pertahanan Siber.

Meskipun sudah diberlakukan berbagai peraturan, keseluruhan peraturan tersebut masih tersebar di berbagai sektor. Kebutuhan saat ini adalah membangun pengelolaan keamanan siber yang terintegrasi. Pada konteks ini, partisipasi berbagai pemangku kepentingan keamanan siber, baik sektor publik maupun swasta, menjadi sangat penting karena ancaman keamanan siber tidak bersifat *state-centric*. Ancaman keamanan siber di Indonesia memiliki spektrum yang luas dan ancamannya tidak selalu dapat dihadapi oleh negara. Berbagai jenis ancaman keamanan siber membutuhkan kerja sama atau kolaborasi yang kuat di antara lembaga negara dengan aktor-aktor non negara dalam rangka menciptakan keamanan siber yang memadai.

Di Indonesia, terdapat sedikitnya enam aktor utama yang memiliki pengaruh besar dalam diskursus keamanan siber (Wamala, 2011). *Pertama*, aktor eksekutif. Dalam hal ini, pemerintah sebagai eksekutif memiliki kewajiban untuk menyusun agenda keamanan nasional, termasuk keamanan siber. Eksekutif berkewajiban menjalankan fungsinya sebagai regulator, pengelola sumber daya, dan pembangun mekanisme kerja sama inter-agensi. *Kedua*, aktor legislatif. Aktor legislatif memainkan peranan penting dalam menyediakan instrumen hukum bagi pelaksanaan regulasi keamanan siber. *Ketiga*, operator dan pemilik infrastruktur penting di ruang siber.

Para operator siber/internet dan para pemilik infrastruktur penting di ruang siber, seperti pengelola jaringan listrik, transportasi, dan layanan kesehatan, memiliki kepentingan terhadap terciptanya ekosistem siber yang kondusif. *Keempat*, lembaga peradilan. Lembaga peradilan memainkan peran yang penting sebagai lembaga yang memastikan tegaknya keadilan dari berlakunya seluruh peraturan perundang-undangan negara yang mengatur ketentuan keamanan siber. *Kelima*, penegak hukum. Penegak hukum menjadi elemen penting dalam memastikan penegakan hukum sesuai dengan peraturan perundang-undangan yang mengatur keamanan siber. *Keenam*, komunitas intelijen. Komunitas intelijen memainkan peranan penting dalam melakukan *monitoring* jaringan telekomunikasi, perbantuan kriptografi atau kriptanalisis.

Jadi, aktor-aktor yang berpengaruh dalam diskursus keamanan siber cukup beragam, semuanya harus dilibatkan dalam penyusunan kebijakan dan strategi keamanan siber agar tercipta ekosistem keamanan siber yang memadai. Kemitraan menjadi kunci penting dalam membangun ekosistem siber yang baik. Kemitraan antara pemerintah dan sektor swasta dipandang penting dan menentukan karena beberapa pertimbangan. *Pertama*, skala ancaman siber sangat luas spektrumnya, mulai dari sektor pemerintahan hingga sektor swasta yang mengelola infrastruktur penting (transportasi, elektrifikasi, kesehatan, dan perbankan). *Kedua*, kebutuhan untuk pertukaran informasi intelijen sebagai upaya *early warning system* yang sangat menentukan dalam menanggulangi ancaman keamanan siber. *Ketiga*, kebutuhan koordinasi untuk melakukan respon cepat atas insiden dan pemulihan cepat atas ancaman keamanan siber. *Keempat*, kebutuhan kolaborasi untuk meningkatkan kapasitas, edukasi, dan literasi siber kepada masyarakat.

Contoh model kemitraan strategis antara pemerintah dan aktor-aktor swasta dalam menanggulangi ancaman keamanan siber dapat dilihat dari regulasi yang dikembangkan oleh Uni Eropa (UE), yaitu *European Union Cybersecurity Act (EU Regulation) 2019/881* (EU, 2025). Pasal 3 dalam *EU Regulation 2019/881* disebutkan bahwa

Badan Keamanan Siber Uni Eropa atau *European Union Agency for Cybersecurity* (ENISA) bertugas untuk memfasilitasi kerja sama pembentukan komunitas keamanan siber antara komunitas sektor publik dan swasta. Pada Pasal 4(3), ENISA diberikan mandat untuk mempromosikan keterlibatan semua pemangku kepentingan (*stakeholders*), termasuk sektor industri, dalam mendukung kebijakan sertifikasi. Sedangkan pada Pasal 8, ENISA diberikan mandat untuk mendorong kerja sama teknis antara *Computer Security Incident Response Teams* (CSIRTs) dan pelaku sektor swasta dalam penanganan insiden keamanan siber. Dalam hal standar penjaminan dan pengelolaan keamanan siber, Pasal 47 menjelaskan bahwa keterlibatan publik dan swasta dijamin dalam pengembangan skema sertifikasi keamanan produk, layanan, dan proses digital.

Model kemitraan lain yang melibatkan multi pemangku kepentingan dapat juga dilihat pada model yang dikembangkan Jepang melalui *The Basic Act on Cybersecurity* 2014 (*Act no. 104 of November 12, 2014*) (Justice, 2025). Pasal 17 (2) dari undang-undang tersebut menjelaskan tentang mandat pembentukan Dewan Keamanan Siber di Jepang. Di situ Kepala Kantor Pusat Keamanan Siber Strategis (*Cybersecurity Strategic Headquarters*) ditugaskan untuk membentuk Dewan Keamanan Siber Jepang yang beranggotakan: Kepala Kantor Pusat Keamanan Siber Strategis, pemerintahan lokal, penyedia jasa infrastruktur sosial yang penting, entitas bisnis terkait ruang siber, universitas, organisasi pendidikan dan riset, dan orang-orang lainnya yang dipandang perlu oleh Kepala Kantor Pusat Keamanan Siber Strategis. Selain itu, Pasal 17 (3) menjelaskan bahwa Dewan Keamanan Siber dapat meminta berbagai materi, opini, penjelasan, atau melakukan kerja sama dalam rangka meningkatkan kebijakan keamanan siber.

Di Indonesia, upaya untuk menciptakan kerangka regulasi tentang keamanan siber telah dimulai sejak 2019, namun pembahasannya kemudian terhenti. Kerangka regulasi itu dinamakan Rancangan Undang-Undang Keamanan dan Ketahanan Siber (RUU KKS) (DPR-RI, 2019). Dalam naskah RUU tersebut, partisipasi luas

pemangku kepentingan keamanan siber tidak dijelaskan secara eksplisit. Pasal 9(2) dan pasal 4(3) dalam RUU KKS memang memberikan penugasan kepada Badan Siber dan Sandi Negara (BSSN) untuk mengonsolidasikan koordinasi dan kolaborasi dalam penyelenggaraan keamanan dan ketahanan siber. Namun di situ tidak disebutkan pemangku kepentingan mana saja yang perlu dilibatkan dalam kolaborasi dan koordinasi penyelenggaraan keamanan siber. Muncul kesan bahwa RUU KKS menitikberatkan pada kepentingan yang sifatnya negara-sentris. Tidak ada pengaturan yang jelas tentang kolaborasi sektor publik dan swasta, terutama identifikasi aktor-aktor yang perlu dilibatkan dalam penyelenggaraan keamanan siber.

Hal lain yang tidak dapat dipisahkan dari penataan keamanan siber yang demokratis adalah pengawasan tata kelola. Pengawasan tata kelola keamanan siber penting dilakukan karena beberapa alasan. *Pertama*, pengawasan dibutuhkan untuk memastikan bahwa pengelolaan keamanan siber oleh para pemangku kepentingan telah dilaksanakan sesuai dengan prinsip demokratis, yaitu transparansi dan akuntabilitas kepada publik. *Kedua*, pengawasan publik secara demokratis penting karena dapat meningkatkan kualitas kebijakan dan sekaligus menjadi sarana untuk mendapatkan legitimasi yang kuat dari publik (Stapenhurst, 2006). *Ketiga*, pengawasan berfungsi untuk memastikan prinsip *check and balances* dapat terlaksana, sehingga penyalahgunaan wewenang dapat dicegah (EU, 2011). Jika pengelolaan keamanan siber diselenggarakan dengan baik berdasarkan prinsip *check and balances*, cabang-cabang kekuasaan politik tidak hanya menjadi domain kekuasaan politik tertentu. *Keempat*, pengawasan penting untuk efektifnya penegakan hukum. Prinsip penegakan hukum dalam pengelolaan keamanan siber menjamin terlaksananya tatanan hukum untuk melindungi masyarakat dari ancaman keamanan siber.

Dalam pengaturan tata kelola siber di Uni Eropa, model pengawasan dalam tata kelola keamanan siber dapat dilihat dari norma-norma yang terdapat dalam *EU Cybersecurity Act 2019* (EU, 2025). Model pengawasan yang diterapkan tercermin pada pasal-pasal

yang mengatur peran Dewan Manajemen dalam memastikan fungsi direktifnya pada ENISA. Pasal 14(1) menyatakan bahwa Dewan Manajemen dibentuk berdasarkan komposisi satu anggota untuk masing-masing negara anggota Uni Eropa dan dua anggota ditunjuk komisi Eropa. Untuk menjalankan fungsinya, Pasal 15(1a) menyebutkan bahwa Dewan Manajemen memiliki kewenangan untuk menyusun petunjuk umum bagi penyelenggaraan operasional ENISA dan memastikan ENISA menyelenggarakan keamanan siber sesuai dengan aturan dan prinsip-prinsip yang terkandung dalam *EU Cybersecurity Act 2019*. Selanjutnya pada pasal 15(1d), Dewan Manajemen juga memiliki kewenangan untuk melakukan supervisi terhadap program tahunan atau multi tahun.

Pada model yang diterapkan di Jepang, pengawasan dilakukan Dewan Keamanan Siber Jepang untuk memastikan penyelenggaraan keamanan siber oleh Kantor Pusat Keamanan Siber Strategis Jepang. Pasal 3(1) di *The Basic Act on Cybersecurity 2014* menyatakan bahwa penyelenggaraan keamanan siber di Jepang dilakukan melalui koordinasi berbagai aktor, yaitu aktor nasional, aktor lokal, hingga penyedia infrastruktur sosial (Justice, 2025). Berdasarkan pasal itu, aktor-aktor penyelenggara keamanan siber dapat melakukan *check and balances*, terutama aktor non-pemerintah yang disebutkan sebagai penyedia infrastruktur sosial dan entitas bisnis. Bahkan pasal 7 menyatakan bahwa entitas bisnis diharapkan dapat memastikan keamanan siber secara independen dan proaktif, meskipun harus tetap mengacu pada kebijakan keamanan siber nasional Jepang.

Di Indonesia, perihal pengawasan dalam RUU Keamanan dan Ketahanan Siber belum mengakomodir model pengawasan yang demokratis. Pasal 19 RUU tersebut memang seolah-olah telah memberikan peluang untuk sistem *check and balances* dengan pemberlakuan koordinasi dan kolaborasi (DPR-RI, 2019). Namun model koordinasi dan kolaborasi yang dimaksud belum memadai untuk *check and balances*, karena tidak ada kejelasan tentang aktor-aktor yang akan dilibatkan dan model pengawasan yang akan dilakukan. Norma yang ada di RUU ini menempatkan BSSN sebagai

lembaga yang bertugas untuk mengonsolidasikan koordinasi dan kolaborasi, namun tidak menyebutkan jenis sektor atau aktor-aktor pemangku kepentingan mana saja yang akan melakukan koordinasi dan kolaborasi. Ketidakjelasan ini berpotensi memberikan kewenangan penuh dan terpusat kepada BSSN sebagai satu-satunya aktor yang sifatnya eksklusif, sehingga pada akhirnya berpotensi menghambat efektivitas koordinasi dan kolaborasi. Dengan demikian, memastikan pengawasan yang demokratis melalui mekanisme *check and balances* tidak boleh luput dalam penyusunan kerangka regulasi keamanan siber di Indonesia.

Penutup

Indonesia yang tengah berada dalam transformasi digital yang pesat membutuhkan penataan tata kelola keamanan siber. Hal ini perlu dipastikan untuk membangun ekosistem keamanan siber yang kondusif. Dalam diskursus keamanan siber, ekosistem yang kondusif dapat dibangun dengan cara mengedepankan prinsip-prinsip demokratis yang terkandung dalam pemenuhan dua syarat penting. *Pertama*, memastikan adanya keterlibatan luas para pemangku kepentingan keamanan siber, tidak hanya terbatas pada aktor negara (Pemerintah Pusat), namun juga entitas bisnis hingga penyedia infrastruktur sosial penting yang diharapkan dapat terlibat secara aktif. *Kedua*, memastikan bahwa penyelenggaraan keamanan siber dapat diawasi dengan baik sesuai dengan prinsip pengawasan demokratis. Artinya, mekanisme *check and balances* berlangsung dengan baik sehingga akuntabilitas, transparansi, dan penghindaran terhadap penyalahgunaan wewenang sungguh-sungguh terwujud.

Daftar Pustaka

- Aldiansyah, F. (2025, April 2). *Netmarks Indonesia*. diakses dari netmarks.co.id: <https://www.netmarks.co.id/post/serangan-siber-terbesar-yang-pernah-terjadi-di-indonesia>
- BKN. (2024, Agustus 11). BKN Pastikan Dugaan Kebocoran Data ASN Tidak Mengganggu Layanan Manajemen ASN. *Siaran Pers*
- DPR-RI. (2019). Rancangan Undang-Undang tentang Keamanan dan Ketahanan Siber. *Legislasi*
- ELSAM. (2014, Agustus 13). Kebocoran Data Publik Terus Terjadi, Kepatuhan Institusi Pemerintah terhadap UU PDP Minim. *Siaran Pers*
- EU. (2011). *Concepts and Principles of Democratic Governance and Accountability*. Kampala: Konrad-Adenauer-Stiftung
- EU. (2025, April 8). *European Union*. diakses dari EU Website: <https://eur-lex.europa.eu/eli/reg/2019/881/oj>
- Fadilah, K. (2025, April 3). *detikNews*. diakses dari detik Web site: <https://news.detik.com/berita/d-7556022/bareskrim-koordinasi-dengan-bssn-usut-dugaan-kebocoran-data-npwp>
- Fisher, E. A. (2005). Creating National Framework for Cybersecurity: An Anlysis of Issues and Options. *CSR Report for Congress*, 6
- Hervianty, M. (2025, March 29). *RRI*. diakses dari rri.co.id: <https://rri.co.id/index.php/iptek/769749/tantangan-dibalik-peningkatan-indeks-literasi-digital-di-indonesia>
- Imperva. (2025, April 2). *Imperva Company*. diakses dari Imperva Web Site: <https://www.imperva.com/learn/application-security/cyber-security-threats/#:~:text=Nation%20states%E2%80%9494hostile%20countries%20can,private%20information%2C%20and%20online%20scams>
- IT Governance. (2025, April 2). *IT Governance*. diakses dari from itgovernance.co.uk: <https://www.itgovernance.co.uk/cyber-threats>
- Ministry of Justice of Japan. (2025, April 14). *Japanese Law Translation*. diakses dari Japanese Law Translation Web Site: <https://www.japaneselawtranslation.go.jp/en/laws/view/4755>

- Newton, M. H. (2015). Supplemental Information for The Interagency Report on Strategic U.S Government Engagement in Internatoinal Standardization to Achieve US Objectives for Cyber Security. *National Institute of Standards and Technology Report*, 41
- Nissenbaum, L. H. (2009). Digital Disaster, Cyber Security, and the Copenhagen School. *International Studies Quaterly*, 1155-1175
- Rainer, P. (2025, March 3). *Goodstats*. diakses dari goodstats.id: <https://goodstats.id/article/inilah-media-sosial-paling-sering-dipakai-di-indonesia-Pdyt0>
- Reveron, D. S. (2012). *Cyberspace and National Security: Threats, Opportunities, amd Power in a Virtual World*. Washington: Georgetown University Press
- Santika, E. F. (2025, March 28). *databoks*. diakses dari katadata.co.id: <https://databoks.katadata.co.id/teknologi-telekomunikasi/statistik/e6f9d69e252de32/tingkat-penetrasi-internet-indonesia-capai-795-per-2024>
- Stapenhurst, R. R. (2006). Democracy and Oversight. *Research Collection School of Social Sciences*, 1-25
- Unit Patroli Siber. (2025, April 2). *Polri*. diakses dari patrolisiber.id: <https://patrolisiber.id/statistic/>
- Wamala, F. (2011). *ITU National Cybersecurity Strategy Guide*. Geneva: ITU
- Yonatan, A. Z. (2025, March 3). *Goodstats*. diakses dari goodstats web site: <https://data.goodstats.id/statistic/makin-maju-pertumbuhan-e-commerce-indonesia-yang-diprediksi-tertinggi-di-dunia-QiN5h>

Tren Pengembangan *Cloud Computing*

Berkah Iman Santoso

Pendahuluan

Perubahan penggunaan Internet, Web, aplikasi berbasis *mobile* sebagai cara manusia berinteraksi, menjalani kehidupan, menjalankan bisnis dan mengakses atau memberikan layanan secara spesifik menyebabkan tingginya tuntutan terhadap biaya sumber daya komputasi dan komunikasi yang rendah. Keadaan tersebut menggeser titik fokus ke arah komputasi awan yang berpusat pada multi *data center*. Selama 4 (empat) dekade penggunaan komputasi paralel dan komputasi terdistribusi memegang peranan kunci terhadap keberlangsungan layanan bisnis. Keniscayaan perubahan penyediaan sumber daya komputasi secara drastis terjadi pada saat hadirnya *cloud computing*. Penggunaan layanan *cloud computing* dimulai dari banyaknya penelitian yang diinisiasi kalangan akademisi hingga dapat digunakan para profesional dalam bentuk layanan korporat yang bersifat komersial. Telah terjadi pergeseran fokus industri pengembangan aplikasi dari pengembangan yang berdasarkan sumber daya komputasi aplikasi bersifat monolitik menjadi pengembangan berdasarkan sumber daya komputasi aplikasi bersifat *micro service*. Pergeseran tersebut dalam rangka pemenuhan kebutuhan aplikasi korporat agar dapat berjalan pada *data center cloud* sehingga memungkinkan jutaan pengguna dapat menggunakan aplikasi berbasis *cloud* secara simultan.

Cloud Computing secara definisi merupakan teknologi komputasi dalam rangka optimalisasi sumber daya *cloud* agar dapat menyediakan akses terhadap *ubiquitous*, kemudahan penggunaan dan *on-demand resource computing* dalam rangka berbagi pakai sekumpulan sumber daya komputasi. Sumber daya komputasi yang bersifat *cloud-ready* dapat dikonfigurasi secara spesifik (seperti

jaringan, *server*, *storage*, aplikasi dan layanan) agar dapat dirilis dan diimplementasikan secara cepat dengan pengelolaan perawatan yang minimal (Mell & Grance, 2011; Sanaei et al., 2014). Sedangkan sumber daya *cloud* itu sendiri merupakan sumber daya komputasi yang memiliki kekayaan konten dan konfigurasi berupa sistem komputasi yang bersifat paralel terdistribusi. Sistem komputasi tersebut dikonfigurasi dari orkestrasi sekumpulan server yang divirtualisasikan dan saling dikoneksikan serta diimplementasikan secara dinamis dan lincah agar dapat merepresentasikan sumber daya komputasi yang terlihat sebagai kesatuan entitas tunggal berdasarkan *Service Level Agreement* (SLA). SLA digunakan sebagai bentuk hasil negosiasi antara *provider* dan *consumer* (Buyya, Yeo & Venugopal, 2009).

Tren komputasi mulai bertransformasi menjadi suatu model yang terdiri dari berbagai layanan yang bersifat komoditas secara teratur seperti halnya pada layanan *utility* seperti gas, telepon, air dan listrik. Layanan *Information Technology* (IT) saat ini dapat ditagihkan dan diberikan seperti halnya utilitas komputasi yang melalui jaringan komputer yang dibagi pakai. Pada saat yang sama, pengguna mendapatkan layanan IT sesuai dengan kebutuhannya tanpa harus memedulikan lokasi tempat menjalankan layanan IT tersebut. Beberapa paradigma komputasi juga telah menawarkan visi komputasi *utility* seperti pada *cloud computing* yang telah menjadi tren pada dunia industri. Beberapa penyedia layanan *cloud computing* telah dapat memberikan layanan sumber daya komputasi berupa *storage*, komputasi dan layanan *software* yang bersifat *public* tanpa harus terbatas oleh lokasi geografis. Layanan *cloud computing* tersebut memiliki *Service Level Agreement* (SLA) berbasis kinerja dan ketersediaan layanan yang tinggi (Buyya, Vecchiola & Selvi, 2013; Buyya & Varghese, 2017).

Berbagai penyedia layanan *cloud computing* telah menyediakan akses layanan berbasis metode berlangganan terhadap penyediaan kebutuhan infrastruktur, platform dan aplikasi yang disebut sebagai *Infrastructure as a Services* (IaaS), *Platform as a Services* (PaaS) dan

Software as a Services (SaaS). Transformasi metode penyediaan layanan komputasi tersebut telah dapat mengurangi biaya infrastruktur komputasi aplikasi dengan penambahan layanan secara berkembang apabila diperlukan, sesuai konsep *elastic computing* agar dapat memberikan layanan secara teratur, terstruktur dan memiliki kapabilitas yang jelas (Buyya & Varghese, 2017).

Pada saat terjadi perubahan yang sangat cepat karena pergeseran tipe komputasi, dari sebelumnya komputasi dengan metode *monolithic* menjadi komputasi dengan metode berbasis *cloud computing*, maka diperlukan juga penyediaan tenaga kerja dengan keahlian baru yang sangat baik secara teknis pada aspek *cloud computing*. Universitas selaku penyelenggara pendidikan tinggi, lembaga penyedia pelatihan keterampilan dan lembaga penyedia sertifikasi keahlian memainkan peranan penting dengan cara menyelenggarakan *training* untuk profesional IT serta pembekalan perangkat bantu dan pengetahuan untuk menjawab tantangan pasar *cloud computing*. Pihak universitas dihadapkan pada tantangan kebutuhan untuk menyediakan lingkungan komputasi berbasis *cloud computing* untuk sarana pembelajaran dan pengajaran dengan investasi minimal, sehingga pendekatan *open source software* menjadi pendekatan yang banyak ditemui pada universitas (Buyya & Varghese, 2017)

Pada aspek pengembangan *software* juga mengalami tantangan baru yaitu pengembangan aplikasi dan layanan berbasis *cloud*, hingga *microservices*. Penyediaan *platform* untuk layanan *container* yang diorkestrasikan dengan baik bertujuan dalam rangka percepatan instalasi, konfigurasi dan penyediaan lingkungan kerja aplikasi serta penyediaan layanan *cloud* sudah dapat dipastikan membutuhkan disiplin keahlian teknis pada aspek *Development and Operations* (DevOps). DevOps tersebut merupakan kedua hal yang jauh sebelumnya memiliki batasan-batasan yang sangat tegas berikut *typical* area kerja masing-masing, akan tetapi saat ini menjadi tidak bersekat karena perkembangan lingkungan *cloud computing* yang sangat pesat (Buyya & Varghese, 2017).

Beberapa sifat *cloud computing* yang menjadi keuntungan dalam percepatan pengembangan aplikasi diantaranya adalah (Gajbhiye & Srivastva, 2014):

- 1) Penyesuaian besaran kapasitas layanan dapat dilakukan berdasarkan persyaratan dan kebutuhan pengguna;
- 2) Penghematan anggaran investasi infrastruktur IT pengguna dapat dilakukan semaksimal mungkin;
- 3) Penentuan fokus inovasi yang terarah dengan jelas dapat terwujud pada proses transformasi departemen TI tanpa harus direpotkan dengan aspek operasional, perawatan dan implementasi.
- 4) Pemberian akses terhadap layanan IT dapat semakin dipermudah untuk pihak-pihak yang memiliki keterkaitan.

Keperluan Transformasi Infrastruktur *Cloud Computing*

Infrastruktur *cloud computing* mengalami banyak transformasi sejak tahun 1963 pada saat dicetuskan oleh pakar komputasi dan intelegensia buatan dari Massachusetts Institute of Technology (MIT), yaitu John McCharty. Perubahan tersebut dimulai dari konsep *network computing* pada tahun 1995, dilanjutkan dengan konsep *application service provider* pada tahun 1999, selanjutnya merupakan konsep *virtualization* pada tahun 2003, diperkaya dengan konsep SaaS pada tahun 2005 hingga berkembang menjadi konsep *containerization* tahun 2014 (Buyya & Varghese, 2017).

Kesinambungan pengembangan pada *cloud computing* ternyata telah membawa pergeseran pemanfaatan sumber daya komputasi pada area-area komputasi lainnya seperti area *big data*, *service space*, *internet of things*, *serverless computing* dan *self-learning systems*. Pada komputasi *big data*, organisasi atau perusahaan dapat memanfaatkan informasi yang tersebar pada Internet atau informasi dari eksternal perusahaan untuk dilakukan analisis bersama-sama dengan informasi yang dikelola oleh aplikasi internal perusahaan. Mekanisme pengolahan informasi dan analisis kedua sumber tersebut ditujukan untuk membantu memberikan variasi skenario simulasi

alternatif untuk pengambilan keputusan, yang digunakan oleh para pimpinan organisasi atau perusahaan. Pada komputasi *service space* organisasi atau perusahaan dapat memanfaatkan media penyimpanan data yang tersedia melalui perantara internet dengan model bisnis berbasis langganan berbayar, disesuaikan dengan kebutuhan dan persyaratan pengguna tersebut. Pada komputasi *internet of things* maka pengguna dapat memanfaatkan *connected smart devices* berbasis sensor pendeteksi keadaan lingkungan dengan beberapa parameter yang telah ditentukan sebelumnya, untuk mempermudah cara hidup manusia. Pada teknologi *serverless computing* pengguna dapat memanfaatkan sumber daya komputasi yang tersebar via internet berupa *coordinated compute engine* berbasis langganan layanan berbayar tanpa harus melakukan pembelian perangkat keras server untuk menjalankan layanan aplikasi. Pada *self-learning systems* pengguna mendapatkan sistem komputasi yang dapat memberikan respon dan bertindak sesuai dengan informasi yang diberikan secara terus menerus dari eksternal sistem dengan mekanisme *deep learning* yang merupakan salah satu ranah pada *machine learning* (Buyya et al., 2018).

Keuntungan Desentralisasi Sumber Daya *Cloud Computing*

Penyediaan sumber daya komputasi hasil dari pengembangan *cloud computing* membuka cara pandang dan pendekatan baru, yaitu semula berbasis tersentralisasi pada *client-server computing* menjadi berbasis terdesentralisasi pada *distributed cloud computing* dengan memanfaatkan masing-masing *computing agent* pada mata rantainya. Beberapa keuntungan desentralisasi sumber daya *cloud computing* meliputi beberapa hal di bawah ini (Buyya et al., 2018), yaitu:

- 1) Peningkatan privasi dan keamanan sistem komputasi dengan penambahan data enkripsi yang bersifat terdistribusi.
- 2) Peningkatan ketersediaan dengan menghindari *single point of failure* atau kegagalan yang terjadi pada perangkat atau *node* kritikal pada suatu rantai sistem.

- 3) Peningkatan otorisasi dengan menghindari risiko akses bersifat bebas dengan penggunaan desentralisasi sumber daya komputasi.
- 4) Peningkatan privasi melalui fungsi anonimitas dan pseudonimitas serta pengelolaan komputasi berbasis komunitas *agent/node* yang masuk dalam rantai komputasi.
- 5) Peningkatan tata kelola informasi penyimpanan data yang mengedepankan aspek privasi dan mitigasi risiko ancaman keamanan sistem komputasi.

Masa Depan Pengembangan *Cloud Computing*

Pengembangan *cloud computing* memiliki masa depan yang masih terbuka lebar, terutama karena teknologi *cloud computing* membuka cara pandang baru bagi penyediaan sumber daya komputasi pada disiplin lainnya. Beberapa aspek masa depan *cloud computing* meliputi komputasi pada fungsi sebagai berikut (Sanaei et al., 2014), di antaranya adalah:

- 1) *Multi-Cloud, Micro-Cloud dan Cloud Heterogeneity*
- 2) *Big Data dan Internet of Things*
- 3) *Volunteer Computing, Fog and Mobile Computing*
- 4) *Serverless Computing dan Software Defined Computing*

Keempat aspek pengembangan komputasi pada masa yang akan datang tersebut dapat dimanfaatkan secara maksimal oleh pengguna pada organisasi/perusahaan untuk dapat memiliki keunggulan kompetitif pada persaingan bisnis. Perubahan investasi infrastruktur dan aplikasi IT yang bergeser dari ranah *Capital Expenditure* (CapEx) seperti pengadaan perangkat *server, jaringan* dan keamanan, menjadi ke arah *Operational Expenditure* (OpEx) seperti bentuk layanan berlangganan berbayar, *monthly contractual services* dan *on-demand infrastructure* telah terbukti dapat meningkatkan aspek efisiensi terhadap investasi IT.

Transformasi Infrastruktur *Cloud Computing*

Transformasi paradigma dan cara pandang penyediaan sumber daya komputasi mutlak perlu dilakukan dalam rangka mencapai masa depan *cloud computing*. Beberapa perubahan pada infrastruktur *cloud computing* dapat penulis bahas pada bagian berikut ini.

1) *Multi-Cloud*, merupakan peningkatan sumber daya *cloud computing* yang berasal dari berbagai lokasi *data center* pada *cloud provider* yang sifatnya beragam. Selanjutnya aplikasi yang berjalan diatasnya dapat memanfaatkan sumber daya *cloud computing* dari berbagai macam *cloud provider* yang beragam, setidaknya-tidaknya terdiri dari 6 (enam) *cloud provider* berbeda. Penggunaan *multi-cloud* dapat memanfaatkan beberapa bentuk komputasi yaitu:

- (1) *Hybrid cloud*, gabungan dari *private cloud* dan *public cloud*,
- (2) *Federated cloud*, katalog layanan dan sumber daya dengan memanfaatkan *multi-cloud* yang dikelola dengan suatu *platform* bersama.

Ranah aplikasi, *data*, *runtime* dan *middleware* merupakan ranah yang dapat dikelola pada *multi-cloud* (Varghese & Buyya, 2017)

2) *Micro-Cloud* dan *Cloudlet*, merupakan bentuk komputasi terdistribusi pada lokasi tersebar yang memanfaatkan sumber daya perangkat yang memerlukan daya listrik kecil dan hemat biaya pemakaian dalam rangka mendekatkan sistem komputasi kepada sumber data yang dihasilkan pengguna. Contoh pemanfaatan *Odroid board* dan *Raspberry Pi* sering kali digunakan untuk membentuk *micro-cloud* yang memiliki tantangan pada mekanisme penjadwalan aplikasi dan pengelolaan jaringan dalam mengakses sumber daya komputasi yang tersebar. Sedangkan penggunaan *Cloudlet* mengacu pada bentuk *micro-cloud* pada konteks peningkatan *Quality of Service* (QoS) dan *latency mobile computing* yang mendekatkan sumber daya komputasi berdaya kecil, hemat biaya kepada sumber data yang dihasilkan pengguna.

Tantangan sistem komputasi selanjutnya adalah bagaimana melakukan integrasi komputasi pada *cloudlet* untuk melayani *traffic* jaringan secara lokal dan mengurangi *traffic* jaringan antar *data center cloud* di atas *underlying network*. Ranah aplikasi, *data*, *runtime*, *middleware*, sistem operasi, virtualisasi dan server merupakan ranah yang dapat dikelola pada *micro-cloud* dan *cloudlets* (Buyya & Varghese, 2017).

- 3) *Ad-hoc Cloud*, merupakan penjabaran dari konsep komputasi *ad-hoc* di mana sumber daya komputasi eksisting yang belum ter manfaatkan dengan baik dapat digunakan semaksimal mungkin untuk membentuk sumber daya komputasi yang bersifat *elastic computing*. Pada konteks *mobile computing*, penggunaan sumber daya komputasi yang belum dimaksimalkan pada *smartphone* dapat membentuk *ad-hoc cloud* seperti pada mekanisme *cloudlet*. Beberapa hal yang menjadi tantangan pada penggunaan *smartphone* untuk *ad-hoc cloud* adalah kemampuan *smartphone* untuk menjalankan tugas komputasi yang handal dan mekanisme pengelolaan sumber daya komputasi *smartphone* untuk melakukan identifikasi aktivitas yang mengganggu pada *ad-hoc cloud*, penggunaan *battery* pada *smartphone* yang berkontribusi untuk membentuk *ad-hoc cloud* dapat menjadi habis atau mengalami kebocoran daya selama penggunaan yang terus menerus. Ranah aplikasi, *data*, *runtime* dan *middleware* merupakan ranah yang dapat dikelola pada *ad-hoc cloud* (Buyya & Varghese, 2017)..
- 4) *Heterogeneous Cloud*, merupakan penggunaan *virtual machine manager* dalam bentuk *hypervisor* dan kumpulan *software* dari berbagai *cloud provider* pada pengelolaan *platform* untuk menyediakan layanan serta infrastruktur IT. Penggunaan *heterogeneous cloud* juga dapat dicapai dengan penggunaan kombinasi bermacam-macam tipe *processor* untuk melayani kebutuhan infrastruktur *Virtual Machine* (VM) dengan sumber daya komputasi yang bersifat heterogen. Penggunaan NVIDIA® *Graphical Processing Unit* (GPU), *Field Programmable Gate Array*

(FPGA) dan Intel® Xeon® Phi dapat digunakan untuk membentuk *heterogeneous cloud* dengan tantangan pada aspek ketersediaan *accelerator software*, abstraksi aplikasi secara *high level* untuk dapat berjalan pada *heterogeneous cloud* serta penjadwalan aplikasi dalam rangka akses terhadap sumber daya komputasi *heterogeneous cloud*. Beberapa ranah aplikasi, *data*, *runtime*, *middleware*, sistem operasi, virtualisasi merupakan ranah yang dapat dikelola pada *heterogeneous-cloud* (Buyya & Varghese, 2017).

Beberapa Area Pengembangan *Cloud Computing*

Terdapat beberapa area pengembangan *cloud computing* yang masih terbuka luas untuk dimanfaatkan, seperti dapat kita lihat pada pembahasan berikut ini, yaitu :

- 1) Keterhubungan manusia terhadap *Internet of Things* (IoT), konsep penggabungan lingkungan dengan bermacam-macam perangkat sensor pendeteksi yang ditanamkan pada infrastruktur transportasi, komunikasi, gedung, pusat perawatan kesehatan dan perangkat pendukung yang terkoneksi dengan perangkat yang dapat dikenakan pengguna hingga perangkat rumah tangga pintar. Tujuan IoT adalah untuk meningkatkan akurasi dan efisiensi pada proses yang bergerak serta untuk mengurangi intervensi manusia. Sistem komputasi IoT pada masa yang akan datang dapat berupa integrasi dari bermacam-macam jenis sensor, yaitu sensor fisik, sensor lingkungan untuk membantu kehidupan manusia dan sensor yang melekat pada manusia. Tantangan pada ranah ini adalah data yang bersifat tidak terstruktur dan *platform software* untuk melakukan integrasi antar sensor yang belum tersedia (Sanaei *et al.*, 2014).
- 2) Komputasi *Big Data*, merupakan konsekuensi dari berbagai macam data yang dihasilkan dari eksternal sistem komputasi dan internal sistem sehingga membutuhkan penanganan yang sifatnya tersentral pada arsitektur *cloud* atau terdesentralisasi pada

bermacam-macam *data center*. Terdapat tantangan untuk meningkatkan penggunaan *cloud data center* pada area big data, yaitu pemrosesan data dan pengelolaan sumber daya pada *cloud nodes* yang bersifat terdistribusi, pembangunan model untuk keperluan analisis dapat memiliki skala *horizontal* maupun skala *vertical*, *software* hanya dapat terpaku untuk melayani pemrosesan secara *end-to-end* kepada pengguna (Buyya & Varghese, 2017).

- 3) *Service Space*, merupakan keterjangkauan layanan yang lebih luas dan kaya dengan bermacam-macam bentuk layanan. Salah satu bentuk *service space* pada *cloud computing* adalah diluncurkannya *Container as a Service* (CaaS) yang digunakan untuk percepatan implementasi aplikasi berbasis *cloud* dan distribusi beban layanan aplikasi yang bersifat modular. CaaS memberikan alternatif untuk memanfaatkan pengelolaan dan implementasi *container* dalam rangka menghadapi beban kerja komputasi pada *ad-hoc cloud*, *micro cloud* yang diorkestrasikan dengan *volunteer computing* dan *fog computing* (Buyya & Varghese, 2017).
- 4) *Self-learning system*, merupakan sistem komputasi yang dapat menerapkan mekanisme *machine learning* untuk mempelajari dan bertindak sesuai hasil analisis berbagai macam informasi yang diberikan pada sistem tersebut atau disebut sebagai *deep learning*. Ketersediaan akselerator *software* seperti GPU pada lingkungan *cloud* dapat mengurangi waktu komputasi untuk algoritma *machine learning* pada data-data yang berukuran besar. Salah satu potensi penggunaan *deep learning* adalah untuk pengembangan *predictive analytics* yang bertujuan untuk memberikan proyeksi atau prediksi berbasis hasil analisis (Buyya & Varghese, 2017).

Tren Arsitektur Cloud Computing

Terdapat beberapa tren arsitektur *cloud computing* yang saat ini mengalami perkembangan pesat untuk dapat dimanfaatkan bagi

pemenuhan layanan sumber daya komputasi pada bidang lain, diantaranya adalah sebagai berikut:

- 1) *Volunteer Computing*, merupakan penggunaan pendekatan *crowd funding* yang berasal dari sebaran pengguna komputer atau perangkat dalam membentuk *ad-hoc cloud* yang pada awalnya ditujukan untuk fokus pada layanan riset dan komunitas. *Volunteer cloud computing* dapat membentuk sifat yang berbeda seperti *social cloud computing*, *peer-to-peer cloud computing*. Beberapa tantangan pada *volunteer cloud computing* adalah bagaimana meminimalkan *overhead* untuk membuat lingkungan yang sepenuhnya tervirtualisasi di atas *hardware* yang heterogen dan bersifat *ad-hoc computing*, selanjutnya tantangan keamanan dan privasi yang perlu dipecahkan sebelum membentuk *ad-hoc cloud* (Sanaei et al., 2014).
- 2) *Fog and mobile edge computing*, merupakan peningkatan sumber daya komputasi pada sisi yang digunakan sebagai perantara terhadap pengguna melalui jaringan, seperti *mobile base stations*, *router*, *switch* atau keseluruhan perangkat perantara diantara perangkat pengguna dan *cloud data center*. Beberapa keuntungan yang didapatkan dari *fog computing* dan *mobile edge computing* adalah minimal latensi aplikasi, peningkatan QoS dan *Quality of Experience* (QoE) untuk meningkatkan jaringan yang memiliki hierarki, peningkatan realisasi dari visi IoT, di mana kita ketahui bahwa *fog computing* memfasilitasi keterhubungan antara *cloud data center* yang bersifat tersentral dengan komputasi terdistribusi (Buyya & Varghese, 2017).
- 3) *Serverless Computing*, merupakan konsep yang menerangkan bahwa suatu server tidak disewa sebagai *cloud server* konvensional dan pengembang aplikasi tidak berpikir bahwa server dan tempat peletakan aplikasi pada *virtual machine* (VM). Fungsi-fungsi pada modul aplikasi akan dieksekusi ketika dibutuhkan tanpa harus menjalankan aplikasi tersebut secara terus menerus, berupa *Function-as-a-Service* (FaaS) dan *event-based*

programming. Suatu *event* akan memicu eksekusi suatu fungsi atau kumpulan fungsi yang dijalankan secara *parallel* (Sanaei et al., 2014).

- 4) *Software defined Computing*, merupakan pendekatan isolasi terhadap *hardware* jaringan yang sedang bekerja dari komponen yang mengendalikan *traffic* data. Abstraksi tersebut memungkinkan fungsi pemrograman yang mengendalikan komponen jaringan untuk mendapatkan arsitektur jaringan secara dinamis. Beberapa tantangan pada *software defined computing* dapat berupa *protocol* terdistribusi secara fisik yang mengendalikan tugas-tugas komputasi tersentral secara konsep, teknik untuk menangkap QoS berdasarkan infrastruktur jaringan dan infrastruktur *cloud* serta *interoperabilitas Information-Centric Networking* (ICN) dengan SDN (Buyya & Varghese, 2017) .

Penutup

Perubahan dan tren perkembangan *cloud computing* telah mendapatkan porsi yang cukup besar dalam mempengaruhi bidang-bidang lainnya. Beberapa tren arsitektur *cloud computing* seperti *volunteer computing*, *fog and mobile-edge computing*, *serverless computing* dan *software defined computing* dapat dilakukan dalam beberapa dekade ke depan untuk memberikan dampak positif bagi perubahan cara hidup manusia dalam memanfaatkan *cloud computing*.

Daftar Pustaka

- Buyya, R., Vecchiola, C. & Selvi, S.T. (2013). *Mastering cloud computing: Foundations and applications programming*. Elsevier. ISBN: 978-0-12-411154-8.
- Crisan, D., Birke, R., Barabash, K., Cohen, R. & Gusat, M. (2014). Datacenter applications in virtualized networks: A cross-layer performance study. *IEEE Journal on Selected Areas in Communications*, 32(1), pp.77–87. <https://doi.org/10.1109/JSAC.2014.140108>.
- Gajbhiye, A. & Srivastva, K.M.P. (2014). Cloud computing: Need, enabling technology, architecture, advantages and challenges. In *Proceedings of the 5th International Conference - Confluence: The Next Generation Information Technology Summit*. Amity School of Engineering & Technology, Amity University, India, pp.1–7.
- Mell, P. & Grance, T. (2011). The National Institute of Standards and Technology (NIST) definition of cloud computing. *NIST Special Publication 800-145*. [Online] Available at: <http://nvlpubs.nist.gov/nistpubs/Legacy/SP/nistspecialpublication800-145.pdf>.
- Varghese, B. & Buyya, R. (2017). Next generation cloud computing: New trends and research directions. *Future Generation Computer Systems*, 79(3), pp.849–861. <https://doi.org/10.1016/j.future.2017.09.020>.

One Data, One Vision

Guson Prasamuarso Kuntarto

Pendahuluan

Sejak didirikan pada 2010 oleh Anindya Novyan Bakrie, *Bakrie Center Foundation* (BCF) berkomitmen untuk melanjutkan nilai-nilai pendiri Kelompok Usaha Bakrie, Achmad Bakrie, dalam mewujudkan pendidikan sebagai fondasi pembangunan sosial. Sebagai bagian dari Gerakan Bakrie Untuk Negeri (BUN), BCF memainkan peran strategis dalam mendorong mobilitas sosial melalui peningkatan kapasitas kepemimpinan dan pemberdayaan masyarakat (BCF, 2024).

Untuk mewujudkan misi tersebut, BCF mengembangkan ekosistem kepemimpinan masa depan melalui dua pilar utama: *International Program* dan *Leadership and Sustainable Development*. Melalui *International Program*, BCF menjalin kemitraan dengan organisasi global seperti *Eisenhower Foundation* dan terlibat aktif dalam *World Economic Forum* (WEF), memperluas eksposur para pemimpin muda Indonesia ke jejaring internasional. Sementara itu, program *Leadership and Sustainable Development* mencakup inisiatif LEAD Indonesia, *Campus Leader Programme* (CLP), dan alumni network “*Home of Leaders*”. LEAD Indonesia fokus pada penguatan kapasitas profesional muda dalam mengatasi isu-isu sosial prioritas seperti eliminasi TBC, pendidikan anak pra-sejahtera, akses pendidikan tinggi, dan isu lingkungan. CLP menyasar mahasiswa dari berbagai universitas melalui kegiatan magang, praktikum, dan kerelawanan sosial, bertujuan mencetak pemimpin yang tidak hanya kompeten secara teknis tetapi juga memiliki sensitivitas sosial. Alumni dari kedua program ini diberdayakan melalui platform kolaborasi strategis dan advokasi publik, termasuk penyelenggaraan seminar nasional sebagai forum berbagi ide dan solusi (BCF, 2024).

Pada pertengahan 2023, BCF menginisiasi adopsi teknologi informasi dan komunikasi untuk memperkuat efektivitas program melalui pengembangan platform ekosistem digital. Pendekatan ini dirancang dalam kerangka *hexa helix* yang melibatkan pemerintah, perguruan tinggi, lembaga sosial, komunitas, masyarakat, dan dunia industri. Fokus utamanya adalah standardisasi dan pelatihan teknis serta manajerial bagi lembaga sosial di seluruh Indonesia. Menindaklanjuti transformasi ini, pada akhir 2023, Jimmy M Rifai Gani BA, MPA yang mengambil alih kepemimpinan sebagai CEO saat itu membawa BCF ke fase strategis baru: berfungsi sebagai *think tank* bagi kelompok usaha Bakrie. Di bawah kepemimpinan baru, BCF mengembangkan pendekatan berbasis digital melalui empat pilar: *platform talent*, *networking*, *branding*, dan *knowledge management system* (KMS) (Gani, 2023).

Meski *roadmap* digital ini menjanjikan, BCF menghadapi tantangan kritikal: keterbatasan sumber daya manusia di bidang teknologi informasi dan sistem informasi. Minimnya tenaga ahli internal menghambat optimalisasi ekosistem digital yang diperlukan untuk mengorkestrasi kolaborasi lintas sektor secara terintegrasi. Dalam konteks ini, BCF dituntut untuk menyusun strategi penguatan SDM dan kemitraan berbasis keahlian guna memastikan keberlanjutan dan efektivitas transformasi digitalnya. Sebagai organisasi yang berperan pada persimpangan antara pendidikan, kepemimpinan, dan pembangunan berkelanjutan, BCF memiliki posisi unik untuk menciptakan dampak sistemik. Namun untuk mempertahankan relevansi dan kapabilitasnya, investasi dalam teknologi harus diimbangi dengan investasi dalam *talent* dan *knowledge infrastructure* yang adaptif dan berkelanjutan (Amin & Mohamad, 2017).

Solusi dan Buah Pikir

Dari pemaparan sebelumnya bisa disimpulkan bahwa BCF menghadapi tantangan yang cukup terjal dalam merealisasikan ekosistem digital sebagai infrastruktur nasional yang terintegrasi dan menghubungkan *stakeholders* di 514 kabupaten/kota yang tersebar di

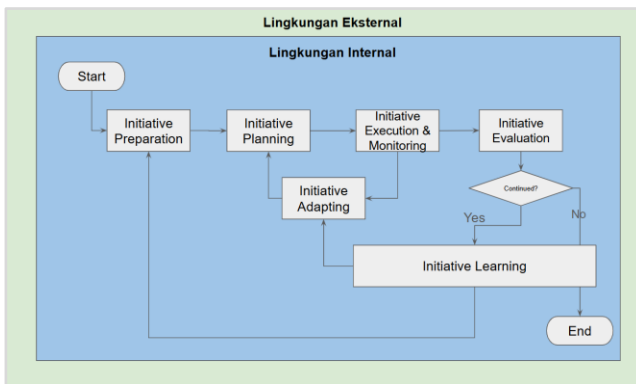
seluruh penjurur Indonesia. Para *stakeholder* ini terdiri dari alumni BCF dan lembaga sosial standardisasi kompetensi dan melibatkan 6 (enam) pemangku kepentingan (*hexa helix*) yaitu Pemerintah Daerah, Perguruan Tinggi, Lembaga Sosial, Komunitas, Masyarakat dan Dunia Industri. Kesemuanya itu harus dilakukan oleh BCF di tengah keterbatasan SDM yang dapat merancang, mengembangkan, mengelola, dan menjaga keberlangsungannya.

Untuk menghadapi tantangan ini, maka BCF mengambil langkah proaktif yang diartikulasikan menjadi tiga pilar program strategis: 1) *Research & Development*, 2) *Leadership Development*, dan 3) *Corporate Shared Value*. Langkah proaktif ini dijalankan melalui dukungan *digital platform: knowledge, networking, branding, recruiting & grooming talent*. Harapannya adalah tercapainya luaran berupa inovasi bisnis, *talent pool*, *policy brief*, *brand enhancement*, dan *consolidated businesses* dan berdampak pada meningkatnya *positioning* Bakrie and Brothers di dalam komunitas, memperkuat pertumbuhan dan kinerja bisnis sehingga pada akhirnya dapat memberikan kontribusi terhadap pertumbuhan ekonomi Indonesia (Gani, 2023).

Sejalan dengan langkah proaktif dari pihak BCF serta menindaklanjuti inisiasi yang sebelumnya telah dirintis sejak tahun 2023, maka pada tahun 2025 BCF dengan Universitas Bakrie mempererat komitmen melalui nota kesepahaman (*MoU*) dan perjanjian kerja sama (PKS) yang melibatkan peran aktif dari penulis (sebagai dosen Program Studi Informatika, Fakultas Teknik dan Ilmu Komputer, Universitas Bakrie dan bertindak sebagai tenaga ahli bidang *software engineering*). Hal ini dilakukan sebagai wujud langkah proaktif BCF untuk mengatasi minimnya tenaga ahli teknologi informasi/ sistem informasi (IT/ IS) yang tersedia di internal organisasi. Bersama dengan Tim BCF yang diwakili oleh *Head of Program*: Syahputrie Ramadhaniah dan *IT Development*: Faishal Zufari, penulis telah bekerja secara fokus mentranslasikan kebutuhan bisnis sekaligus menjadi cikal bakal ekosistem digital. Penulis pun melakukan pendampingan

terkait penyusunan daftar kebutuhan, desain, rencana pengembangan serta mendampingi proses pengembangan ekosistem digital.

Dalam rangka pendampingan ini, penulis mengadopsi kerangka kerja *project management life cycle* (xPro, 2023) dan memodifikasi salah satu proses: *learning* yang tidak hanya dilakukan pada saat inisiatif selesai, tetapi juga ketika inisiatif tidak selesai. Hal ini bertujuan agar proses pembelajaran tetap dilakukan oleh pelaku inisiatif agar tidak mengulangi kesalahan yang serupa pada siklus inisiatif berikutnya. Ciri lain yang membedakan adalah kerangka kerja yang dimodifikasi tidak bersifat linear atau satu arah, melainkan bersifat siklikal serta adaptif dengan menekankan pada pentingnya pembelajaran berkelanjutan sebagai fondasi utama untuk meningkatkan kinerja sumber daya manusia dan organisasi. Selain itu, kerangka kerja dimodifikasi dengan menambahkan konteks kerja lingkungan internal (Bakrie Group: BCF dan Universitas Bakrie) dan lingkungan eksternal (Pemerintah Daerah, Perguruan Tinggi, Lembaga Sosial, Komunitas, Masyarakat dan Dunia Industri). Hasil modifikasi kerangka kerja tersebut selanjutnya diperkenalkan dengan nama: *Initiative Management Life Cycle* (IMLC). Kedua lingkungan tersebut saling mempengaruhi kedua entitas baik BCF maupun Universitas Bakrie di dalam mencapai tujuan organisasinya.



Gambar 1. *Initiative Management Life Cycle* (IMLC) yang digunakan dalam pendampingan inisiatif di BCF.

Gambar 1 menunjukkan bahwa IMLC terdiri dari enam tahapan utama: *Preparation, Planning, Execution & Monitoring, Learning, Adapting*, dan proses evaluatif.

Tahap 1: Initiative Preparation - Fase ini dimulai dengan persiapan (*preparation*) yang berfokus pada pengumpulan data awal, analisis kebutuhan, identifikasi pemangku kepentingan, serta pemetaan awal terhadap sumber daya dan hambatan potensial. Pada tahap ini, organisasi diharapkan menyusun pemahaman mendalam terhadap konteks eksternal dan internal yang akan mempengaruhi jalannya inisiatif. Keberhasilan tahap persiapan menjadi landasan penting bagi validitas proses perencanaan selanjutnya.

Tahap ke-2: Initiative Planning - Setelah melalui proses persiapan, siklus berlanjut ke tahap perencanaan (*planning*) yang menjadi titik krusial untuk menentukan arah dan bentuk pelaksanaan inisiatif. Perencanaan mencakup penjabaran tujuan yang spesifik, penyusunan strategi pelaksanaan, alokasi waktu dan sumber daya, serta penetapan indikator keberhasilan. Selain itu, tahap ini juga mempertimbangkan manajemen risiko serta skenario kontingensi jika terdapat ketidaksesuaian antara ekspektasi dan realisasi di lapangan.

Tahap ke-3: Initiative Execution & Monitoring – Ini merupakan tahapan pelaksanaan dan pemantauan (*execution & monitoring*), yaitu implementasi langsung berdasarkan rencana kerja yang telah disusun. Pelaksanaan dilakukan bersamaan dengan proses pemantauan untuk menilai ketercapaian target secara berkala serta mendeteksi kemungkinan penyimpangan dari rencana semula. Pemantauan bersifat dinamis, menggunakan instrumen pengukuran yang valid dan reliabel. Kegiatan ini mencakup pelaporan berkala serta observasi lapangan untuk memastikan pelaksanaan berjalan sesuai rencana dan memberikan informasi awal untuk perbaikan jika diperlukan.

Tahap ke-4: Initiative Evaluation - Fase evaluatif ini menentukan apakah keseluruhan inisiatif telah diselesaikan sesuai target yang ditetapkan. Evaluasi menjadi titik penyaring (*filter*) yang menentukan

arah proses selanjutnya. Jika inisiatif dinilai selesai, maka proses berlanjut ke tahap pembelajaran akhir. Namun, jika masih ada kekurangan, maka proses diarahkan kembali ke tahap adaptasi melalui pembelajaran (*lesson learned*) agar kesalahan serupa tidak terulang pada iterasi berikutnya.

Tahap ke-5: Initiative Learning - Tahap pembelajaran (*learning*) khususnya bagi pelaku inisiatif menjadi fondasi penting berbasis siklus yang berdampak bagi organisasi. Seluruh hasil pelaksanaan, baik keberhasilan maupun kegagalan, dianalisis secara kritis untuk memperoleh wawasan baru pada tahap ini. Prosesnya melibatkan refleksi mendalam terhadap tahapan sebelumnya, identifikasi praktik terbaik (*best practices*), serta dokumentasi pelajaran yang dapat digunakan pada iterasi berikutnya. Tahapan ini mencerminkan transformasi data dan informasi menjadi pengetahuan (*knowledge*) yang berguna untuk inovasi dan pengambilan keputusan yang lebih baik di masa depan.

Tahap ke-6: Initiative Adapting - Hasil pembelajaran tidak berhenti pada tataran konseptual, tetapi diterjemahkan menjadi input untuk tahap *initiative adapting*, yaitu penyesuaian terhadap rencana dan strategi awal. Adaptasi bisa bersifat parsial maupun menyeluruh, tergantung skala permasalahan dan kebutuhan perubahan. Proses ini memungkinkan pelaku inisiatif melakukan koreksi arah, menyempurnakan strategi, dan menyesuaikan metode pendekatan untuk meminimalkan risiko kegagalan. Dengan demikian, adaptasi bukan bentuk kegagalan, tetapi justru refleksi kapasitas pelaku inisiatif untuk responsif, reflektif, dan tangguh terhadap dinamika internal maupun eksternal.

Kerangka kerja IMLC menunjukkan bahwa setelah tahap adaptasi, proses bisa kembali ke tahap *initiative planning* atau bahkan *preparation* jika diperlukan. Hal ini menegaskan bahwa sistem ini bersifat sirkuler, sehingga pembelajaran dan perubahan menjadi siklus berkelanjutan. Konsep ini sejalan dengan pendekatan *learning organization* yang menempatkan pelaku inisiatif pada skala kecil

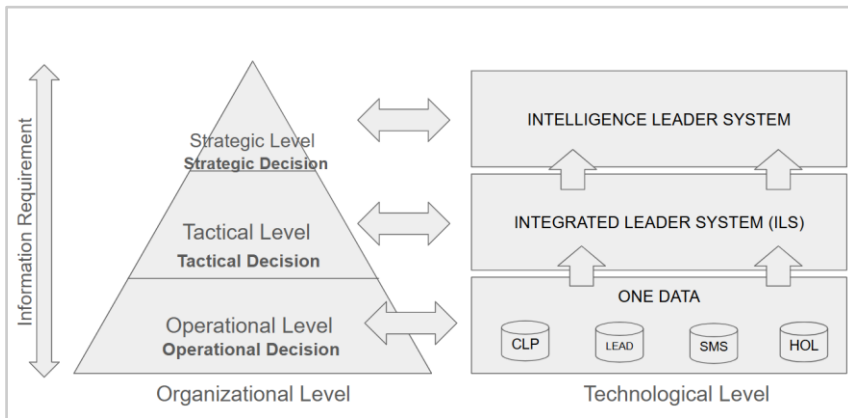
maupun organisasi pada skala besar sebagai “agen” yang terus belajar, beradaptasi, dan memperbaiki diri secara kolektif dan sistemik.

Proses akan berakhir hanya jika seluruh inisiatif telah diselesaikan dan pembelajaran telah disintesis. Namun demikian, perlu ditekankan bahwa titik akhir inisiatif bersifat relatif dan tidak mutlak. Kerangka kerja yang siklikal ini membuat akhir satu siklus dapat menjadi awal bagi siklus baru, terutama ketika organisasi memasuki fase ekspansi atau replikasi program di masa mendatang.

Perwujudan Gagasan

Tahapan *Initiative Management Life Cycle* (IMLC) yang telah dijelaskan sebelumnya merupakan gagasan yang dirancang dan digunakan oleh penulis dalam mendampingi inisiatif di BLC. Setiap tahapan IMLC menghasilkan luaran (*output*). Oleh karena itu, diperlukan pemetaan yang jelas agar luaran kegiatan dan proses IMLC dapat berjalan selaras sehingga kedua belah pihak saling mengetahui ekspektasi luaran yang dihasilkan di setiap tahapan. Selain itu, dipertimbangkan juga risiko dalam berbagai aspek: 1) keterbatasan SDM, 2) keterbatasan pendanaan, 3) Integrasi serta *Interoperabilitas*; 4) pengelolaan data, 5) *user experience* (UX) yang rendah. Sebagai perwujudan pengendalian inisiatif maka jalan keluar untuk meminimalisasi risiko-risiko tersebut perlu diantisipasi secara cermat. Langkah-langkah mitigasinya adalah 1) Merekrut *talent* melalui MBKM (Merdeka Belajar Kampus Merdeka) yang dapat diperbantukan dalam mengembangkan *sub-system* ILS; 2) Kerja sama dengan lembaga eksternal untuk memperkuat sistem pendanaan melalui dana hibah; 3) Menggunakan pendekatan *delivery* produk/layanan secara bertahap serta menerapkan teknik *clean architecture* dan sistem modular terutama pada *backend*; 4) Membangun One data BCF; 5) Mengadopsi UI/UX *design system* yang tertuang dalam *Product Report Documentation*.

Dalam konteks organisasi modern yang semakin bergantung pada ketepatan pengambilan keputusan, kebutuhan akan sistem informasi yang terintegrasi menjadi semakin krusial. Gambar 2 menampilkan sebuah kerangka konseptual yang menjelaskan relasi antara tingkatan organisasi (operasional, taktis, dan strategis) dengan level teknologi informasi dan sistem informasi (IT/IS), mulai dari *One Data*, *Integrated Leader System (ILS)*, hingga *Intelligence Leader System*. Pada inti dari keseluruhan struktur tersebut adalah konsep fundamental yang disebut *One Data*, yang berfungsi sebagai fondasi dari sistem informasi organisasi secara menyeluruh.



Gambar 2. Kerangka konseptual relasi antara kebutuhan informasi, hierarki organisasi dan dukungan teknologi IT/ IS terhadap pelaksanaan inisiatif di BCF.

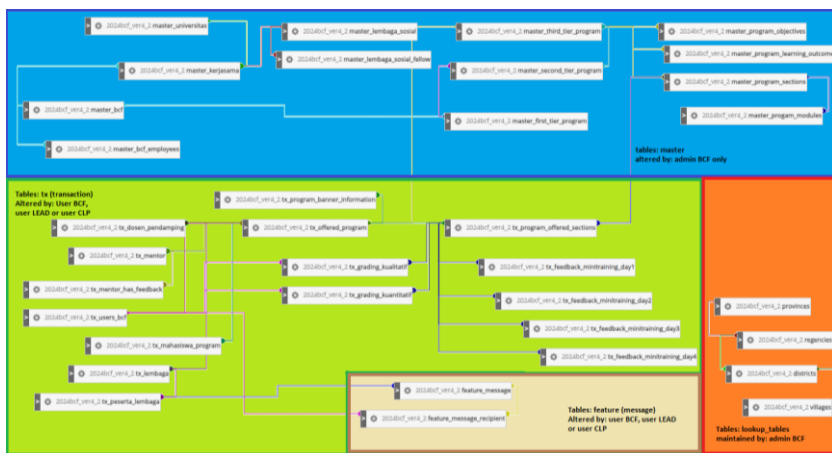
Konsep *One Data* menekankan pentingnya konsolidasi data dari berbagai sumber ke dalam satu platform terstandar sekaligus sebagai sumber kebenaran tunggal. Dalam konteks BCF, *One Data* mencakup agregasi data dari program seperti CLP (*Campus Leader Programme*), LEAD Indonesia, SMS (*Stakeholders Management System*), dan HOL (*Home of Leaders*). Dengan menyatukan semua data operasional dalam satu sistem, organisasi menciptakan *single source of truth* yang dapat diakses dan dimanfaatkan secara konsisten di seluruh level organisasi. Manfaat utama dari *One Data* adalah meningkatnya

akurasi, kecepatan, dan efisiensi dalam proses pengambilan keputusan. Di tingkat operasional, ini berarti efisiensi dalam *monitoring* program dan evaluasi kinerja secara *real time*. Pada level taktis dan strategis, *One Data* memberikan landasan analitik yang kuat untuk mengidentifikasi tren, mengantisipasi risiko, dan menyusun kebijakan berbasis data. *Raw data* dari *One Data* tidak akan bernilai tanpa sistem yang mampu mengelolanya secara komprehensif. Di sinilah peran *Integrated Leader System* (ILS) menjadi kritikal. ILS bertindak sebagai sistem manajemen yang menyelaraskan dan mengintegrasikan data antar unit, program, dan pemangku kepentingan. Dalam kerangka ini, ILS tidak hanya memfasilitasi arus data vertikal dari bawah ke atas (*bottom-up*) tetapi juga mendukung *feedback loop* horizontal antar level organisasi.

Sistem ini memungkinkan proses taktis seperti alokasi sumber daya, evaluasi efektivitas program, dan perumusan intervensi dapat dilakukan secara responsif dan terukur. Dengan ILS, organisasi dapat memetakan kapabilitas internal, memonitor kolaborasi antar *stakeholders*, serta mengukur dampak sosial dengan lebih presisi. Pada puncak sistem ini adalah *Intelligence Leader System*, yang merupakan representasi kecerdasan organisasi dalam memanfaatkan data sebagai dasar untuk pengambilan keputusan strategis. Di level ini, data yang telah diolah oleh ILS ditransformasikan menjadi *insight* strategis melalui teknologi analitik lanjutan seperti kecerdasan buatan, *data mining* serta visualisasi interaktif melalui *executive dashboard*. Fungsi *Intelligence Leader System* sangat penting dalam membantu eksekutif memahami dinamika organisasi, menyusun *roadmap* jangka panjang, serta menyelaraskan tujuan institusi dengan indikator makro pembangunan seperti SDGs 2030. Tanpa basis data yang kuat dari bawah (*One Data*) dan proses integrasi di tengah (ILS), kemampuan untuk menjalankan strategi berbasis bukti akan sangat terbatas.

Ketiga lapisan ini yaitu *One Data*, *ILS*, dan *Intelligence Leader System* tidak hanya mewakili adopsi teknologi IT/ IS, tetapi lebih jauh lagi merupakan pendekatan sistemik terhadap pengelolaan pengetahuan, perencanaan organisasi, dan keberlanjutan

operasional. Dalam era informasi, keunggulan organisasi tidak lagi hanya bergantung pada besar kecilnya program, tetapi juga pada kemampuannya dalam mengorkestrasi data menjadi keputusan. Maka dari itu, investasi dalam fondasi *One Data* bukan semata keputusan teknis, tetapi kebutuhan strategis untuk memastikan organisasi tetap relevan, adaptif, dan berdampak dalam ekosistem yang terus berkembang. Seluruh proses pengembangan *One Data* dan sistem informasi ini diintegrasikan dalam kerangka *Initiative Management Life Cycle* (IMLC) sebagaimana diilustrasikan oleh Gambar 1.



Gambar 3. *Physical database design: One Data BCF* versi 2 yang telah diterapkan menggunakan teknologi RDBMS: MySQL.

Karena basis data memiliki peran sentral dalam sistem informasi, maka desain *one data* perlu menjadi perhatian utama dalam pengembangan subsistem ILS. Rancang bangun *one data* dimulai dengan menerjemahkan kebutuhan data menjadi desain basis data logis dan fisik (Connolly & Begg, 2014).

Gambar 3 menunjukkan bahwa desain fisikal basis data *One Data* Bakrie Center Foundation (BCF) menjadi komponen kunci dalam mendukung ekosistem digital. Desain ini menjamin integrasi, keterlacakan, dan konsistensi data dari berbagai aktivitas program

kepemimpinan BCF seperti Campus Leader Program (CLP), LEAD Indonesia, serta Home of Leaders and Stakeholders.

Struktur basis data disusun secara modular dan terbagi ke dalam empat kompartemen utama: tabel master, tabel transaksional, pesan internal, dan *lookup* wilayah. Pertama, tabel master (biru) mencakup entitas statis seperti *master_universitas*, *master_lembaga_sosial*, dan *master_program_modules*. Tabel ini hanya dapat diubah admin BCF untuk menjaga standarisasi data lintas sistem.

Kedua, tabel transaksional (hijau) berisi data dinamis hasil interaksi pengguna, seperti *tx_users_bcf*, *tx_mentor*, *tx_mahasiswa_program*, dan *tx_grading_kualitatif*. Tabel ini diperbarui secara *real-time* oleh pengguna internal maupun eksternal seperti mentor dan peserta, sehingga mendukung akuntabilitas dan pelacakan kontribusi.

Ketiga, fitur pesan internal (kuning) melalui *feature_message* dan *feature_message_recipient* memfasilitasi komunikasi antar pengguna tanpa perlu media eksternal. Keempat, tabel *lookup* wilayah (oranye) menyimpan referensi geografis (*provinces*, *regencies*, *districts*, *villages*) agar data lokasi selalu seragam dan terstandarisasi. Tabel ini juga hanya dapat dimodifikasi admin untuk menjaga validitas data nasional.

Hubungan antar tabel dihubungkan dengan *foreign key* untuk menjamin integritas referensial. Relasi yang erat antar entitas menunjukkan bahwa sistem dirancang untuk mendukung operasional BCF secara menyeluruh, mulai dari rekrutmen peserta, pelaksanaan pelatihan, hingga evaluasi. Dengan pendekatan ini, *One Data BCF* tidak hanya mendukung operasional, tetapi juga menjadi fondasi analitik dan pengambilan keputusan strategis berbasis data.

Dalam konteks pengembangan ekosistem digital BCF, keberhasilan implementasi dan pemantauan sistem *One Data* serta *Integrated Leader System* (ILS) tidak hanya bergantung pada kualitas persiapan, perencanaan, perancangan, dan eksekusi. Tahapan

adaptasi, evaluasi, dan pembelajaran (learning) dalam kerangka *Initiative Management Life Cycle* juga memegang peran krusial. Ketiga tahap ini memastikan strategi yang telah dirancang mampu beradaptasi dengan kondisi di lapangan, memenuhi target, serta terus ditingkatkan melalui pembelajaran organisasi.

Tahap adaptasi dilakukan untuk merespons temuan lapangan secara taktis dan menjadi pedoman pembelajaran pada inisiatif berikutnya. Dalam praktiknya, penulis bersama manajer program, dan *talent IT Development BCF* melakukan beberapa penyesuaian penting.

Pertama, dilakukan koreksi arah pada cara pelibatan *stakeholders*. Awalnya, pendekatan bersifat *bottom-up*, dengan *system users* dan *system builders* — yaitu mahasiswa CLP batch 8 — terlibat aktif mengembangkan *One Data* dan sub-sistem ILS secara paralel, baik di *frontend* maupun *backend*. Namun, pendekatan ini kurang efektif, terutama dalam aspek pemahaman data, proses, dan kebutuhan antarmuka. Karena itu, BCF beralih ke pendekatan *co-creation* dengan pola *top-down*. Tanggung jawab dipisah: mahasiswa magang MBKM dan *system users* fokus menajamkan kebutuhan antarmuka (UI/UX) dengan React.js, sementara pengembangan *One Data* dan *backend* dengan Node.js ditangani langsung oleh penulis dan *talent IT Development BCF*. Strategi ini diambil untuk menjawab risiko keterbatasan SDM IT internal. Selain itu, hal ini dilakukan karena *One Data* dan *backend* berkaitan erat dengan privasi data organisasi.

Penyesuaian berikutnya adalah penguatan metode pelatihan dengan mengadopsi *clean architecture* (CA) pada tim backend. Pihak *IT Development BCF* menyediakan contoh implementasi CA untuk salah satu modul sub-sistem ILS. Mahasiswa MBKM tidak lagi belajar secara mandiri tanpa struktur, melainkan mendapat contoh konkret melalui *repository* kode, mulai dari *entities*, *use case*, *controller*, hingga *external interface*. Dengan cara ini, adaptasi konsep CA menjadi tidak hanya teoritis, tetapi juga praktis dan teknis. Hasilnya adalah *clean code* yang *scalable* dan terorganisir dalam lapisan independen, sehingga perubahan di satu lapisan tidak memengaruhi lapisan lain,

menjaga inti bisnis aplikasi tetap stabil meski ada perubahan teknologi.

Secara keseluruhan, tahap adaptasi pada pengembangan *One Data*, sub-sistem aplikasi, dan antarmuka tidak hanya teknis, tetapi juga bersifat kultural dan sosial sebagai bagian dari *socio-technical system* yang dinamis, demi terwujudnya ekosistem digital BCF.

Penutup

Inisiatif *One Data* sebagai fondasi utama basis data dari *Integrated Leader System* (ILS) telah berhasil diimplementasikan di Bakrie Center Foundation (BCF). Keberhasilan ini dicapai melalui pendekatan *Initiative Management Life Cycle* (IMLC) yang terdiri dari enam tahapan utama: *Preparation, Planning, Execution & Monitoring, Learning, Adapting*, dan proses evaluatif, meski di tengah keterbatasan talent IT internal.

One Data dikembangkan dengan dukungan teknologi basis data relasional, mulai dari desain model konseptual, logikal, hingga fisikal. Inisiatif ini telah membuktikan peran pentingnya dalam memberikan dasar dukungan pengetahuan bagi organisasi. Fokus utamanya adalah *system users* di internal BCF dan Universitas, melalui empat pilar skema: *master, transaction, lookup, dan feature*.

Keberlanjutan inisiatif ini menuntut penguatan bertahap pada aspek *data governance* dan interoperabilitas data antar *stakeholders*. Hal ini mencakup Pemerintah Daerah, Lembaga Sosial, Komunitas, Masyarakat, dan Dunia Industri. Selain itu, peningkatan kapabilitas analitik juga diperlukan untuk mendukung pengambilan keputusan strategis ke dalam model *One Data*, dengan tetap mempertimbangkan aspek *socio-technical system*.

Dengan menjadikan *One Data* sebagai fondasi *Integrated Leader System* — yang mendukung *Campus Leader Program* (CLP), *LEAD Indonesia*, *Stakeholder Management System* (SMS), dan *Home of Leader* (HoL) — BCF menegaskan posisinya. BCF tidak hanya bergerak

sebagai organisasi filantropi dalam program sosial dan kepemimpinan, tetapi juga menjadi pionir dalam pengelolaan IT/IS. Melalui implementasi sistem berbasis data, BCF membangun fondasi sistem pendukung pengambilan keputusan dan pusat pengetahuan. Dampaknya tidak hanya bagi BCF sendiri, tetapi juga memberikan manfaat lebih luas bagi Kelompok Usaha Bakrie.

Daftar Pustaka

- Amin, Y., & Mohamad, R. (2017). Knowledge management system model for learning organisations. *International Journal Learning and Change*, 9(4), 290. Inderscience Enterprises Ltd. -
- BCF. (2024, 03 06). *Bakrie Center Foundation*. Tentang Kami. Retrieved 06 11, 2025, from <https://bcf.or.id/tentang-kami/>
- Connolly, T. M., & Begg, C. E. (2014). *Database Systems: A Practical Approach to Design, Implementation, and Management*. Pearson.
- Gani, J. (2023). *Concept Note Bakrie Center Foundation* [Slide Presentation]. Jakarta.
https://docs.google.com/presentation/d/1JIJHHzYZjIC_UrW1F-DoOKtLKPREvz_x/edit?slide=id.p1#slide=id.p1.
- xPro, M. (2023, July 31). *Five Elements of the Project Management Life Cycle*. The Curve. Retrieved June 26, 2025, from <https://curve.mit.edu/5-elements-of-the-project-management-life-cycle>

Optimalisasi Sistem Informasi untuk Meningkatkan Efisiensi Operasional Usaha Mikro dan Kecil

Dita Nurmadewi

Pendahuluan

Usaha Mikro dan Kecil di Indonesia memiliki peranan vital dalam menopang perekonomian nasional. Berdasarkan data dari Kementerian Koperasi dan Usaha Kecil dan Menengah Republik Indonesia (KemenKopUKM), pada tahun 2023 terdapat lebih dari 64,2 juta unit UMKM yang aktif, dengan kontribusi terhadap Produk Domestik Bruto (PDB) mencapai lebih dari 61,07 persen dan penyerapan tenaga kerja hingga 97 persen dari total angkatan kerja nasional (Tampubolon & Janah, 2024). Di antara jumlah tersebut, usaha mikro dan kecil mendominasi lebih dari 99 persen struktur pelaku usaha. Hal ini menegaskan bahwa keberadaan Usaha Mikro, Kecil, dan Menengah (UMKM) tidak hanya penting, tetapi juga menjadi tulang punggung ekonomi nasional, khususnya di sektor informal dan daerah-daerah yang belum terjangkau industri besar (KemenKopUKM, 2024). Namun demikian, segmen usaha mikro dan kecil masih menghadapi tantangan struktural yang belum terpecahkan, terutama terkait rendahnya efisiensi operasional.

Banyak pelaku usaha mikro dan kecil yang masih mengandalkan cara-cara tradisional dalam menjalankan usahanya (Panjaitan *et al.*, 2024). Kegiatan pencatatan keuangan dilakukan secara manual menggunakan buku tulis atau bahkan hanya mengandalkan ingatan. Strategi pemasaran masih bertumpu pada promosi dari mulut ke mulut tanpa pemanfaatan media digital (Ermaya & Mashuri, 2021). Lebih dari itu, pengambilan keputusan bisnis sering kali tidak didasarkan pada analisis data, tetapi semata-mata mengandalkan intuisi dan pengalaman pribadi. Hal ini berdampak pada sulitnya pelaku usaha

dalam mengukur kinerja bisnis mereka secara objektif. Padahal, dalam era digital seperti saat ini, keberadaan sistem informasi yang terintegrasi menjadi kebutuhan dasar bagi kelangsungan usaha (Ibrahim, & Supratika & Wahyudi, 2024).

Kondisi ini semakin diperparah ketika pandemi COVID-19 melanda dunia. Banyak pelaku UMKM yang tidak mampu bertahan karena tidak memiliki kesiapan dari sisi sistem dan data (Wijaya *et al.*, 2023). Mereka tidak memiliki pencatatan arus kas yang rapi, tidak memahami perilaku konsumen mereka, dan tidak siap untuk bermigrasi ke kanal distribusi digital seperti *e-commerce* atau media sosial (Randes & Veri, 2025). Akibatnya, sebagian besar dari mereka mengalami penurunan pendapatan yang drastis, bahkan tidak sedikit yang akhirnya gulung tikar. Pandemi menjadi cerminan bahwa tanpa transformasi digital, UMKM berada pada posisi yang sangat rentan terhadap perubahan eksternal (Astitioni, Putri & Widnyani, 2021).

Dalam konteks inilah, digitalisasi operasional menjadi bukan hanya penting, tetapi juga mendesak. Sistem informasi yang sederhana, terjangkau, dan relevan menjadi kunci untuk mendorong efisiensi, memperkuat daya saing, dan menjamin keberlanjutan UMKM mikro dan kecil.

Struktur Masalah dan Akar Penghambat

Ketika membahas digitalisasi pada UMKM, sering kali muncul asumsi bahwa yang dibutuhkan adalah perangkat lunak atau sistem canggih. Namun realitas di lapangan menunjukkan bahwa tantangannya jauh lebih kompleks. Bukan sekadar tidak adanya perangkat, tetapi lebih pada rendahnya literasi digital, kurangnya pendampingan, serta minimnya dukungan sistemik yang berkelanjutan (Gaol *et al.*, 2024).

Tantangan ini bukan hanya bersifat teknis, tetapi juga sosial dan struktural. Rendahnya literasi digital sering kali berakar pada keterbatasan pendidikan formal, khususnya bagi pelaku UMKM di wilayah pedesaan atau pelosok. Banyak pelaku usaha belum pernah

mendapatkan pelatihan teknologi yang relevan, sehingga merasa canggung atau bahkan takut menggunakan aplikasi digital. Di sisi lain, ekosistem pendukung seperti pelatihan yang berkelanjutan, tenaga pendamping yang terlatih, dan akses terhadap perangkat keras dengan harga terjangkau juga belum tersedia secara merata. Hal ini menyebabkan digitalisasi tidak dapat dijalankan secara optimal. Tantangan-tantangan ini menunjukkan bahwa digitalisasi bukanlah sekadar distribusi aplikasi, tetapi proses transformasi sosial dan ekonomi yang memerlukan perhatian lintas sektor.

Salah satu studi kasus (Cahyaningsih & Nurmadewi, 2025) dari Warung Bambu Omah yang bergerak pada usaha makanan berskala mikro memperlihatkan bahwa pemilik usaha mengalami kesulitan mendasar dalam pencatatan arus kas harian karena belum terbiasa menggunakan alat digital. Pencatatan masih dilakukan secara konvensional menggunakan buku, dan sering kali terlewat. Akibatnya, pemilik tidak memiliki gambaran yang jelas mengenai arus kas masuk dan keluar (Cahyaningsih & Nurmadewi, 2025)). Hal ini tidak hanya menghambat proses evaluasi keuangan, tetapi juga menyulitkan pengambilan keputusan, misalnya saat menentukan harga jual atau menghitung margin keuntungan.

Permasalahan seperti ini menjadi semakin rumit ketika dihadapkan pada perubahan pola konsumsi konsumen yang kini lebih menyukai layanan yang cepat, transparan, dan terdigitalisasi. Konsumen masa kini kerap menanyakan metode pembayaran non-tunai, promo digital, hingga pelacakan pesanan secara daring. Tanpa sistem pencatatan yang memadai, pelaku usaha sulit mengikuti tren tersebut (Rahmayanti *et al.*, 2024). Selain itu, pencatatan manual yang tidak sistematis juga menyulitkan pelaku UMKM dalam mengakses pembiayaan karena banyak lembaga keuangan memerlukan data historis arus kas untuk menilai kelayakan kredit.

Selain itu, banyak pelaku UMKM yang belum memiliki *mindset* kewirausahaan yang strategis. Orientasi jangka pendek dan prinsip asal laku yang masih mendominasi cara pengambilan keputusan.

Inilah mengapa pendekatan seperti *Business Model Canvas* (BMC) sangat relevan: bukan hanya membantu menyusun strategi, tetapi juga mengubah cara berpikir pelaku usaha terhadap kelangsungan bisnis mereka. Tanpa pemahaman menyeluruh atas elemen-elemen bisnis, pelaku usaha cenderung sulit beradaptasi terhadap perubahan pasar atau mengembangkan usahanya secara berkelanjutan. Pengalaman dari para pelaku UMKM Tanaman Hias di Kelapa Dua (Nurmadewi, 2025) memperlihatkan bahwa strategi digitalisasi baru akan berhasil bila didahului oleh restrukturisasi pola pikir dan kebiasaan usaha. Pelaku usaha, yang semula tidak mengetahui cara memetakan model bisnis masing-masing sehingga hanya menjalankan usaha berdasarkan kebiasaan tanpa strategi yang terstruktur, mulai memahami pentingnya segmen pelanggan, proposisi nilai, hingga struktur biaya dengan menggunakan metode BMC setelah mengikuti pelatihan intensif dan mendapatkan pendampingan langsung. Proses ini membutuhkan waktu, tenaga, dan pendampingan yang konsisten, sehingga transformasi digital tidak dapat dilakukan secara instan.

Sementara itu, di wilayah Tapal Kuda Jawa Timur, salah satu studi mengenai desa wisata yang termasuk dalam usaha kecil menunjukkan bahwa pemasaran berbasis digital sudah mulai dilakukan, namun masih bersifat parsial dan belum dikelola secara mandiri (Nurmadewi *et al.*, 2024). Keterbatasan pengetahuan dan kemampuan dalam mengelola media sosial, membuat konten digital, serta mengoptimalkan *Search Engine Optimization* (SEO) menjadi kendala utama. Meskipun infrastruktur internet tersedia, hal ini belum diiringi dengan kesiapan sumber daya manusia.

Situasi ini menunjukkan bahwa ketersediaan infrastruktur digital seperti internet belum otomatis mengarah pada pemanfaatan teknologi yang maksimal, sehingga penguatan kapasitas individu dan kelembagaan harus berjalan beriringan. Desa wisata misalnya, memerlukan pelatihan khusus mengenai manajemen konten digital, teknik pengambilan foto dan video, serta penyusunan narasi promosi yang menggugah (Sadat *et al.*, 2023). Tidak hanya itu, pengelolaan kanal distribusi digital seperti *Google My Business*, *TripAdvisor*, atau

Traveloka juga memerlukan pemahaman teknis dan strategis agar destinasi dapat ditemukan oleh calon pengunjung.

Dalam semua kasus tersebut, terlihat bahwa sistem informasi belum menjadi bagian integral dari proses bisnis di UMKM khususnya skala mikro dan kecil. Adopsi teknologi dilakukan secara sporadis, tidak berkelanjutan, dan sering kali tidak tepat guna. Bahkan, beberapa pelaku usaha merasa takut menggunakan teknologi karena khawatir membuat kesalahan (Hapid, Haedar & Maszudi, 2023).

Rasa takut ini bersumber dari beberapa faktor, antara lain kurangnya pengalaman, minimnya bimbingan teknis, serta persepsi bahwa teknologi adalah sesuatu yang rumit dan mahal. Dalam beberapa kasus, pengalaman buruk dengan aplikasi yang tidak ramah pengguna atau tidak relevan dengan kebutuhan usaha semakin memperkuat resistensi terhadap teknologi. Oleh karena itu, teknologi yang dihadirkan hendaknya sederhana, terjangkau, dan dapat disesuaikan dengan karakteristik bisnis lokal. Perlu juga pendekatan berbasis budaya, dengan secara bertahap mengajak pelaku usaha untuk mengadopsi teknologi melalui contoh nyata, diskusi setara, dan praktik yang disesuaikan.

Strategi Optimalisasi Sistem Informasi yang *Human-Centered*

Menjawab tantangan digitalisasi usaha mikro dan kecil tidak cukup hanya dengan menghadirkan perangkat lunak atau teknologi baru. Pendekatan yang lebih efektif adalah dengan mengadopsi strategi *human-centered*, yakni strategi yang berfokus pada kebutuhan, keterbatasan, dan konteks nyata pelaku usaha sebagai pengguna akhir sistem informasi (Ardianto, Az-Zahra & Dewi, 2022). Strategi ini memosisikan pelaku UMKM bukan sebagai objek teknologi, tetapi sebagai subjek aktif yang dilibatkan sejak tahap perancangan, implementasi, hingga evaluasi sistem.

Salah satu bentuk implementasi pendekatan ini adalah pelatihan penggunaan Google Spreadsheet pada Warung Bambu Omah, sebuah warung makan skala mikro di wilayah Jawa Tengah.

Melalui platform ini, pemilik usaha diajarkan cara mencatat arus kas secara digital. Fitur yang sederhana, antarmuka yang familiar, akses gratis melalui akun Google, dan tingkat aksesibilitas yang tinggi membuat Google Spreadsheet menjadi pilihan tepat untuk usaha mikro (Hendriyana & Ardimansyah & Muhammad, 2020). Hasilnya, pemilik usaha mampu memahami aliran keuangan usahanya dengan lebih baik dan mulai membuat keputusan berbasis data. Pemilik usaha mencatat pemasukan dan pengeluaran secara rutin, memiliki laporan keuangan sederhana, dan dapat mengevaluasi performa usahanya setiap minggu. Strategi ini terbukti efektif karena teknologi disesuaikan dengan kondisi dan kapasitas pelaku usaha, tanpa pemaksaan penggunaan sistem yang kompleks atau aplikasi berbayar. Pendampingan dilakukan secara bertahap dan kontekstual sehingga pelaku usaha merasa nyaman dan percaya diri untuk mencoba hal baru. Pendekatan *human-centered* memungkinkan pelaku usaha bertransformasi digital tanpa merasa terintimidasi oleh teknologi.

Strategi ini juga menegaskan pentingnya fleksibilitas dan keterjangkauan dalam memilih alat digital. Dalam banyak kasus, pelaku UMKM cenderung enggan menggunakan teknologi yang memerlukan investasi besar atau pelatihan yang rumit. Oleh karena itu, keberhasilan sistem informasi terletak pada kemampuannya beradaptasi dengan budaya kerja yang sudah ada, bukan menggantikannya secara drastis. Google Spreadsheet, misalnya, tidak hanya menjadi alat pencatatan keuangan, tetapi juga ruang belajar teknologi secara tidak langsung. Melalui penggunaan yang konsisten, pelaku usaha mulai membangun kebiasaan baru yang lebih tertata dan teratur.

Contoh lainnya adalah penerapan *Business Model Canvas* (BMC) pada UMKM Tanaman Hias. Melalui visualisasi sembilan elemen bisnis—segmen pelanggan, proposisi nilai, saluran distribusi, hubungan pelanggan, aliran pendapatan, sumber daya utama, aktivitas utama, mitra kunci, dan struktur biaya—pelaku usaha dapat memahami strategi bisnis secara logis dan terstruktur. Mereka mulai menyadari pentingnya menjalin hubungan dengan komunitas pecinta

tanaman, memanfaatkan media sosial sebagai saluran promosi, serta menghitung biaya logistik sebagai bagian dari struktur biaya. Transformasi ini memperlihatkan bahwa pelaku usaha dapat merancang ulang cara berinteraksi dengan pelanggan, menentukan mitra kunci, serta menciptakan nilai baru tanpa memerlukan sistem informasi yang rumit (Nurmadewi, 2025).

Pendekatan seperti BMC juga membuka peluang bagi pelaku usaha untuk menganalisis ulang kekuatan dan kelemahan internal mereka. Ketika pelaku UMKM dapat memvisualisasikan hubungan antara aktivitas bisnis dan sumber pendapatan secara holistik, mereka lebih siap membuat keputusan berbasis strategi, bukan sekadar intuisi. Selain itu, metode BMC membantu pelaku usaha menjalin kemitraan yang lebih terarah karena dapat mengidentifikasi siapa saja yang benar-benar menjadi mitra kunci dalam mendukung proses bisnis mereka.

Dalam konteks pemasaran, strategi digital juga terbukti efektif. Penggunaan platform gratis seperti *Instagram*, *TikTok*, dan *WhatsApp Business* memungkinkan pelaku UMKM menjangkau pelanggan lebih luas tanpa harus mengeluarkan biaya besar. Namun, keberhasilan strategi ini sangat bergantung pada kemampuan pelaku usaha dalam membuat konten, memahami algoritma media sosial, dan menjaga interaksi dengan pelanggan secara konsisten (Nurmadewi *et al.*, 2024). Dalam banyak kasus, pelatihan *digital marketing* yang berhasil adalah yang memberikan contoh langsung, studi kasus lokal, dan praktik intensif (Ferdiansyah, Handayati & Izzalqurny, 2023). Misalnya, peserta diajak membuat konten dari produk mereka sendiri, bukan hanya menonton video tutorial. Pendampingan dilakukan secara langsung, baik secara *offline* maupun *online*, sehingga pelaku usaha dapat berkonsultasi saat mengalami kesulitan. Pelatihan juga dilakukan dalam kelompok kecil untuk memastikan setiap peserta mendapatkan perhatian dan dukungan yang cukup.

Kunci keberhasilan strategi pemasaran digital terletak pada narasi produk. Pelaku UMKM perlu belajar mengemas keunikan produk

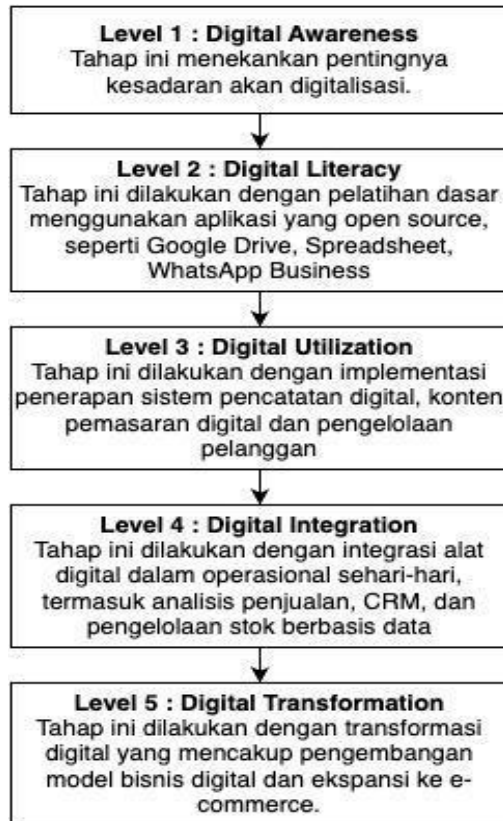
mereka menjadi cerita yang menarik. Dengan pendekatan *storytelling*, pelanggan tidak hanya membeli produk, tetapi juga terhubung secara emosional dengan nilai-nilai yang ditawarkan. Selain itu, pelatihan pemasaran digital harus mencakup pemahaman tentang data analitik sederhana, seperti *insight* postingan, jumlah klik, dan konversi penjualan, agar pelaku usaha dapat mengevaluasi efektivitas konten yang mereka buat.

Keberhasilan penerapan sistem informasi tidak lepas dari pendampingan yang berkelanjutan. Pendampingan yang bersifat kontekstual dan partisipatif terbukti mampu membangun rasa percaya diri pelaku usaha untuk terus belajar dan mencoba (Asdin, Hamdi, & Jumenah, 2023). Pelatihan harus dilakukan secara berkala, disesuaikan dengan perkembangan kebutuhan, dan didasarkan pada permasalahan nyata yang dihadapi pelaku usaha. Oleh karena itu, strategi pendampingan jangka panjang memerlukan kolaborasi nyata antara akademisi, pemerintah daerah, dan komunitas lokal agar transformasi digital UMKM dapat berkelanjutan dan relevan dengan kebutuhan lapangan.

Model pendampingan ideal melibatkan fasilitator lokal yang memahami konteks budaya dan bahasa setempat. Hal ini akan meminimalkan kesenjangan komunikasi dan meningkatkan kepercayaan pelaku usaha terhadap program. Pendampingan juga sebaiknya dilengkapi dengan modul pembelajaran yang bersifat adaptif dan dapat diakses secara daring. Dengan begitu, pelaku UMKM dapat belajar sesuai waktu dan kebutuhannya masing-masing. Pemanfaatan platform belajar, seperti video pendek dan info grafik, juga sangat disarankan dalam konteks ini.

Sebagaimana ditampilkan dalam Gambar 1, strategi digitalisasi bagi pelaku Usaha Mikro, Kecil, dan Menengah (UMKM) yang berbasis *human-centered* disusun secara bertahap ke dalam lima level yang saling berkaitan. Setiap level dirancang agar sesuai dengan kondisi, kemampuan, serta kesiapan pelaku usaha dalam menghadapi transformasi digital. Pendekatan ini bertujuan untuk mencegah

kejenuhan atau resistensi akibat pemberlakuan teknologi secara tiba-tiba yang tidak sesuai dengan kapasitas pengguna.



Gambar 1. Tahapan digitalisasi pelaku UMKM

Tahap pertama dimulai dengan *digital awareness*. Pada tahap ini, fokusnya adalah membangun kesadaran pelaku UMKM terhadap urgensi digitalisasi. Banyak pelaku usaha belum memahami manfaat jangka panjang dari penerapan teknologi digital dalam kegiatan usahanya. Oleh karena itu, upaya penyadaran dilakukan melalui pendekatan naratif yang relevan dengan kehidupan sehari-hari. Kampanye dapat berupa testimoni pelaku usaha lokal yang berhasil meningkatkan penjualan melalui media digital, seminar komunitas, atau tayangan video edukatif yang mudah diakses. Penekanan

diberikan pada manfaat langsung yang dapat dirasakan, seperti kemudahan komunikasi dengan pelanggan, pencatatan transaksi yang lebih rapi, hingga peningkatan visibilitas produk di pasar daring.

Setelah itu, tahap kedua berfokus pada *digital literacy*. Setelah kesadaran terbentuk, langkah berikutnya adalah meningkatkan literasi digital dasar. Literasi ini mencakup keterampilan teknis dalam mengoperasikan perangkat digital, sekaligus pemahaman konseptual mengenai manfaat dan potensi risiko penggunaan teknologi. Pelatihan literasi digital idealnya menggunakan aplikasi *open source* yang mudah diakses, seperti *Google Spreadsheet*, *Google Drive*, serta *WhatsApp Business*. Pendekatan pelatihan mengutamakan praktik langsung dengan perangkat yang dimiliki peserta, seperti ponsel pintar, dan disampaikan dalam bahasa yang mudah dipahami, termasuk istilah lokal yang akrab. Tujuannya adalah mengurangi jarak antara peserta dengan materi, serta meningkatkan kepercayaan diri pelaku usaha dalam menggunakan teknologi.

Tahap ketiga masuk pada fase *digital utilization*. Fase ini merupakan tahap implementasi ketika pelaku usaha mulai mengintegrasikan praktik digital ke dalam operasional sehari-hari. Mereka mulai mencatat transaksi secara digital, memasarkan produk melalui media sosial, serta mengelola komunikasi pelanggan melalui platform daring. Keberhasilan tahap ini sangat dipengaruhi oleh kesesuaian alat yang digunakan dan pendampingan yang diberikan. Contohnya, pelatihan pembuatan katalog produk dapat dilakukan dengan aplikasi desain sederhana seperti *Canva*, sedangkan pencatatan keuangan dapat dilakukan dengan *template Google Spreadsheet* yang disesuaikan. Pelatihan sebaiknya kontekstual, menggunakan produk peserta sendiri sebagai bahan praktik agar pembelajaran lebih relevan dan berdampak langsung.

Selanjutnya, level keempat adalah *digital integration*. Setelah pemanfaatan sistem digital menjadi rutinitas, tahap berikutnya adalah integrasi digital secara menyeluruh. Pelaku UMKM mulai menggabungkan berbagai alat digital dalam sistem operasional usaha

mereka. Misalnya, pencatatan keuangan terhubung dengan pengelolaan stok, pelacakan penjualan dilakukan melalui *dashboard* sederhana, dan pengelolaan pelanggan menggunakan CRM (*Customer Relationship Management*). Pada tahap ini, pelatihan dan pendampingan mulai berfokus pada otomatisasi proses berulang, seperti pengingat jadwal pengiriman, penyusunan laporan penjualan berkala, atau penjadwalan konten promosi. Walaupun terlihat kompleks, setiap proses tetap dipecah menjadi langkah-langkah sederhana agar mudah dipahami dan diikuti oleh pelaku usaha dari berbagai latar belakang.

Tahap puncaknya adalah *digital transformation*. Pada tahap kelima ini, pelaku UMKM tidak hanya memanfaatkan teknologi untuk efisiensi, tetapi juga untuk membangun dan mengembangkan model bisnis baru. Mereka mulai menjual produk melalui platform *e-commerce*, menyusun strategi pemasaran berbasis data, serta membangun identitas merek digital yang kuat. Pada tahap ini, pendampingan bersifat strategis, bukan lagi teknis. Fokusnya adalah penguatan daya saing, pengembangan produk, dan ekspansi pasar. Pelaku usaha pada tahap ini umumnya telah memiliki pola pikir adaptif, berorientasi pada inovasi, dan mampu mengambil keputusan berdasarkan data dan analisis.

Struktur bertahap ini memungkinkan pelaku UMKM berkembang sesuai ritme dan kapasitas mereka, tanpa merasa kewalahan. Progres dapat dipantau melalui alat evaluasi sederhana, seperti jurnal mingguan, kuis digital, atau studi kasus mini.

Penutup

Digitalisasi operasional bukan lagi sekadar pilihan, melainkan kebutuhan mendesak bagi usaha mikro dan kecil di Indonesia. Beragam tantangan telah teridentifikasi, mulai dari rendahnya tingkat literasi digital, keterbatasan akses perangkat dan pelatihan, hingga resistensi terhadap perubahan pola kerja. Di samping itu, kendala struktural seperti kekurangan modal, lemahnya infrastruktur, serta

minimnya dukungan pendampingan yang berkelanjutan turut memperumit proses transformasi digital. Meski demikian, berbagai studi kasus menunjukkan bahwa strategi digital yang sederhana tetapi relevan dapat menghasilkan dampak signifikan. Implementasi teknologi seperti Google Spreadsheet untuk pencatatan keuangan, optimalisasi media sosial untuk pemasaran, dan penggunaan alat bantu visual seperti *Business Model Canvas* (BMC) terbukti mampu meningkatkan kapasitas manajerial dan operasional pelaku usaha. Sistem informasi yang tepat guna dapat meningkatkan efisiensi, memperkuat daya tahan usaha, dan membuka akses pasar yang lebih luas serta berkelanjutan.

Proses digitalisasi tidak dapat dilaksanakan secara instan. Diperlukan pendekatan yang terstruktur, partisipatif, dan berpusat pada manusia (*human-centered*). Pelaku usaha harus dilibatkan sebagai mitra aktif dalam proses perubahan, bukan hanya sebagai objek teknologi. Teknologi yang digunakan perlu disesuaikan dengan kebutuhan, kapasitas, dan konteks pengguna. Oleh karena itu, pelatihan dan pendampingan harus dirancang secara bertahap, berbasis kebutuhan nyata, dan dilakukan berkelanjutan. Sinergi antara pemerintah, akademisi, dan komunitas menjadi elemen kunci. Kolaborasi ini penting untuk menciptakan ekosistem transformasi digital UMKM yang inklusif. Solusi teknologi harus dibarengi dengan penguatan kapasitas manusia, penyederhanaan sistem informasi, dan kebijakan publik yang mendukung keberlanjutan. Dengan demikian, usaha mikro dan kecil tidak hanya mampu bertahan dalam tekanan era digital, tetapi juga tumbuh sebagai aktor ekonomi yang tangguh, inovatif, dan kompetitif.

Daftar Pustaka

- Ardianto, H., Dewi, R. K., & Az-Zahra, H. M. (2022). Perancangan User Experience Aplikasi Pembelajaran Digital Marketing untuk UMKM dengan Metode Human-Centered Design. *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer*, 6(10), 4912-4923.
- Asdin, A., Hamdi, M.R., & Jumenah. (2023). Pemberdayaan Masyarakat Melalui Pelatihan dan Pendampingan Berbasis Teknologi di Desa Darek Lombok Tengah. *JURDAR: Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat*, 3(3), 21-27.
- Gaol, N. L. D. H. L. ., Harkim, H., Sirait, S. P. ., Sugiharto, B., & Parulian, E. . (2024). Literasi Ekonomi Digital Para Pelaku UMKM sebagai Upaya Optimalisasi Tata Kelola Bisnis. *JlIP - Jurnal Ilmiah Ilmu Pendidikan*, 7(12), 14097-14102.
- Ibrahim, M. M., Wahyudi, W., Supratikta, H. (2024). Peran Sistem Informasi Manajemen Dalam Meningkatkan Efisiensi Operasional Pada Perusahaan Umkm . *Multidisciplinary Indonesian Center Journal (MICJO)*, 1(4), 1813–1817.
- Izzalqurny, T. M., Handayati, P., & Ferdiansyah, R. A. (2023). Pelatihan Pemahaman Digital Marketing dan Peningkatan Kualitas Desain dalam Meningkatkan Nilai Jual pada UMKM Desa Tambakasri. *Jurnal Pengabdian kepada Masyarakat Nusantara (JPkMN)*, 4(4), 3544-3553.
- Janah, U. R. N., & Tampubolon, F. R. S. (2024). Peran Usaha Mikro, Kecil, dan Menengah dalam Pertumbuhan Ekonomi : Analisis Kontribusi Sektor UMKM terhadap Pendapatan Nasional di Indonesia. *PeNG : Jurnal Ekonomi dan Manajemen*, 1(2), 739-746.
- Kementerian Koperasi dan UKM Republik Indonesia. (2024). *Transformasi Digital dalam Peluang dan Tantangan UMKM*

Indonesia. Badan Riset dan Inovasi Nasional. Available from: <https://www.brin.go.id/press-release/118354/transformasi-digital-dalam-peluang-dan-tantangan-umkm-indonesia>

- Mashuri, A. A. S., & Ermaya, H. N. L. (2021). Peningkatan Kualitas Penyusunan Laporan Keuangan Manual Menjadi Digitalisasi Akuntansi Sederhana Pada Pelaku UMKM di Kabupaten Serang. *Jurnal Bakti Masyarakat Indonesia*, 4(1), 92-101.
- Muhammad, R., Hendriayan, H., & Ardimansyah, M. I. (2020). Penerapan Google Spreadsheet Dalam Pembuatan Laporan Keuangan untuk Pengembangan Usaha UMKM Kota Bandung. *IKRAITH-ABDIMAS*, 3(1), 101-106.
- Nurmadewi, D. (2025). Pelatihan dan Pendampingan Penyusunan BMC bagi UMKM Tanaman Hias. *Bernas: Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat*, 6(2), 1040–1045.
- Nurmadewi, D., & Cahyaningsih, E. (2025). Pelatihan Pembuatan Arus Kas untuk UMKM Warung Bambu Omah. *Jurnal Abdimas Bina Bangsa*, 6(1), 422–427.
- Nurmadewi, D., Yuniati, S., Firdaus, M. V., & Rachman, I. M. (2024). Digital Marketing as a Tourism Village Marketing Strategy in East Java's Horseshoe Region. *Jurnal Sistem Informasi Bisnis*, 14(1), 46–53.
- Panjaitan, M. N., Maulidya, R., & Sianturi, R. D. (2024). Merintis Peluang Baru Mengembangkan Umkm Pedesaan Melalui Manajemen Retail. *JASMIEN : Jurnal Akuntansi, Manajemen dan Ilmu Manajemen*, 4(3), 42-53.
- Rahmayanti, N., Anandita, S. T., Suryakanta, S. M., Lathifah, D., & Widianingsih, M. (2024). Optimalisasi Pengelolaan Keuangan Umkm Melalui Pelatihan Pembukuan Berbasis Digital

Menggunakan Aplikasi Griyo Pos. *Prosiding Konferensi Nasional Pengabdian dan Pemberdayaan Masyarakat (KNPPM)*, 19-29.

Randes, Y. P. R., & Veri, J. (2025). Dampak Pandemi Covid-19 terhadap Perkembangan E-Commerce di Indonesia. *Jurnal Teknik Informatika*, 4(3), 204-211.

Sadat, A., Lawelai, H., Hastuti, H., Tasmin, L. O., Nurfaiza, N., & Restiani, S. A. (2023). Digital Tourism Training for Tourism Awareness Groups in Galanti Village, Buton Regency. *Society: Jurnal Pengabdian Masyarakat*, 2(1), 25-30.

Widnyani, N. M., Astitiani, N. L. P. S., & Putri, B. C. L. (2021). Penerapan Transformasi Digital pada UKM Selama Pandemi Covid-19 Di Kota Denpasar. *Jurnal Ilmiah Manajemen dan Bisnis*, 6(1), 79-87.

Wijaya, R. S., Rahmaita, R., Murniati, M., Nini, N., & Mariyanti, E. (2023). Digitalisasi Akuntansi Bagi Pelaku UMKM Di Lubuk Minturun. *Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat Dharma Andalas*, 1(2), 40-44.

AI for Health: Solusi Berbasis Nilai untuk Kesejahteraan Manusia

Dimas Aryo Anggoro

Pendahuluan

Dalam satu dekade terakhir, tekanan terhadap sistem kesehatan di seluruh dunia meningkat secara signifikan. Penyebabnya beragam, mulai dari pertumbuhan jumlah penduduk, bertambahnya usia harapan hidup, hingga melonjaknya angka penderita penyakit kronis. Kondisi ini diperparah dengan ketimpangan distribusi tenaga medis, terutama spesialis, di banyak negara, termasuk Indonesia. Sistem layanan kesehatan modern dipaksa untuk menemukan pendekatan baru agar dapat memenuhi kebutuhan pasien yang terus berkembang tanpa membebani sumber daya yang ada.

Dalam konteks inilah, *Artificial Intelligence (AI)* mulai menarik perhatian sebagai salah satu alternatif solusi (Jiang *et al.*, 2017). *AI* menawarkan kemampuan analisis data dalam jumlah besar secara cepat, mengidentifikasi pola yang sering tidak terlihat oleh manusia, serta memberikan prediksi medis berbasis pembelajaran dari data historis (Beam & Kohane, 2018). Hal ini membuka peluang untuk memperbaiki akurasi diagnosis, mempercepat intervensi medis, dan meningkatkan efisiensi operasional rumah sakit.

Salah satu penerapan *AI* yang menonjol adalah dalam bidang radiologi. Algoritma *deep learning* dapat mendeteksi kanker kulit dengan akurasi yang setara dengan diagnosis ahli dermatologi berpengalaman (Esteva *et al.*, 2017). Begitu juga di bidang kardiologi, model berbasis *machine learning* seperti *K-Nearest Neighbors (KNN)* telah digunakan untuk memprediksi risiko penyakit jantung dengan hasil yang kompetitif dibandingkan metode konvensional (Rajkomar *et al.*, 2019).

Namun, kehadiran *AI* dalam layanan kesehatan tidak serta merta diterima tanpa resistensi. Ada kekhawatiran yang muncul dari kalangan medis dan masyarakat umum terkait transparansi proses pengambilan keputusan oleh algoritma, *bias* data, serta pertanyaan tentang siapa yang bertanggung jawab atas keputusan medis berbasis *AI* (Doshi-Velez & Kim, 2017). Selain itu, keterbatasan infrastruktur di banyak fasilitas kesehatan, seperti kurangnya sistem rekam medis elektronik yang memadai, menghambat pemanfaatan teknologi ini secara luas.

Dari sisi sosial, penerapan *AI* juga berpotensi mengubah hubungan antara pasien dan dokter. Pengambilan keputusan yang sebelumnya didasarkan pada interaksi manusia kini semakin melibatkan sistem otomatis. Jika tidak dikelola dengan hati-hati, hal ini bisa mengurangi aspek humanistik dalam praktik kedokteran—sesuatu yang oleh banyak pihak dianggap vital dalam proses penyembuhan pasien (Topol, 2019).

Karena itu, penting untuk menempatkan *AI* sebagai alat bantu, bukan sebagai pengganti manusia dalam pelayanan kesehatan. Implementasi teknologi ini harus senantiasa mengedepankan nilai-nilai kemanusiaan, menjaga keadilan akses, dan memastikan adanya akuntabilitas di setiap tahap penggunaan.

Meskipun *AI* menawarkan banyak potensi dalam memperbaiki layanan kesehatan, tidak semua fasilitas kesehatan memiliki kapasitas untuk mengadopsinya dengan efektif. Di banyak negara berkembang, masalah klasik seperti keterbatasan infrastruktur teknologi, minimnya akses internet stabil, serta ketiadaan sumber daya manusia terampil menjadi hambatan utama (World Health Organization, 2020). Tanpa dukungan infrastruktur yang memadai, penggunaan *AI* justru berisiko menambah beban, alih-alih menjadi solusi.

Selain itu, ketersediaan data medis berkualitas tinggi juga menjadi tantangan tersendiri. *AI* modern, khususnya model *deep*

learning, sangat bergantung pada data dalam jumlah besar dan kualitas tinggi untuk melatih algoritmanya. Sayangnya, banyak rumah sakit di negara berkembang masih mengandalkan pencatatan manual atau sistem digital yang tidak terintegrasi, menyebabkan data yang ada tersebar, tidak seragam, dan terkadang penuh kesalahan. Dalam kondisi seperti ini, performa *AI* dapat menjadi tidak optimal, bahkan berisiko menghasilkan kesimpulan yang salah.

Isu bias algoritmik juga muncul sebagai masalah serius (Chen *et al.*, 2019). Sebagian besar *dataset* medis yang digunakan dalam penelitian *AI* berasal dari negara-negara Barat, yang populasinya tidak merepresentasikan keberagaman genetik, lingkungan, dan sosial-ekonomi dunia. Jika model *AI* yang dilatih dari data tersebut digunakan di wilayah lain tanpa penyesuaian, ada risiko ketidakakuratan yang signifikan. Sejumlah studi telah menunjukkan bahwa model *AI* dapat bekerja lebih buruk pada kelompok etnis minoritas jika mereka kurang terwakili dalam data pelatihan (Obermeyer *et al.*, 2019).

Dari sisi sosial, resistensi terhadap teknologi berbasis *AI* cukup terasa. Meskipun generasi muda cenderung lebih terbuka terhadap adopsi teknologi baru, banyak pasien dari kelompok usia lebih tua menunjukkan keraguan terhadap diagnosis atau saran medis yang dihasilkan oleh sistem komputer (Longoni *et al.*, 2019). Di banyak budaya, kepercayaan terhadap manusia—khususnya dokter—tetap menjadi faktor utama dalam penerimaan layanan kesehatan. Ketergantungan pada sistem otomatis dapat dianggap mengurangi aspek personal dan empatik dalam perawatan medis.

Tantangan lainnya adalah bagaimana *AI* dapat dipahami dan digunakan secara etis oleh tenaga medis. Tanpa pelatihan khusus, dokter dan perawat mungkin tidak memahami sepenuhnya cara kerja algoritma yang mereka gunakan dalam praktik klinis (Shinners *et al.*, 2020). Ketidapahaman ini bisa menyebabkan *overreliance*, yakni ketergantungan berlebihan pada output *AI* tanpa mempertimbangkan konteks klinis individual pasien.

Karena itu, adopsi *AI* dalam layanan kesehatan membutuhkan pendekatan yang tidak hanya mengutamakan teknologi, tetapi juga memperhatikan dimensi sosial, budaya, ekonomi, dan etis (Jobin *et al.*, 2019). *AI* harus diposisikan sebagai pendukung keputusan medis, bukan sebagai otoritas tunggal. Tenaga medis tetap memegang peran sentral dalam merespons kebutuhan pasien, sementara *AI* berfungsi sebagai alat bantu yang memperkaya proses pengambilan keputusan berbasis data.

Dengan memahami tantangan-tantangan ini sejak awal, diharapkan pengembangan dan penerapan *AI* dalam kesehatan dapat diarahkan ke jalur yang lebih etis, inklusif, dan berdampak positif bagi semua lapisan masyarakat.

Tantangan Infrastruktur dan Data dalam Implementasi *AI*

Keberhasilan penerapan *AI* dalam bidang kesehatan sangat dipengaruhi oleh dua fondasi utama: infrastruktur teknologi yang memadai dan ketersediaan data berkualitas tinggi. Tanpa infrastruktur yang solid, seperti koneksi internet yang stabil dan berkecepatan tinggi dengan bandwidth yang lebar, sistem rekam medis elektronik, dan perangkat keras pendukung, maka implementasi *AI* tidak akan bisa berjalan optimal. Alih-alih memberikan kemudahan, malahan bisa berpotensi menjadi beban tambahan bagi fasilitas kesehatan. Selain itu, model *AI* modern seperti *deep learning* membutuhkan data dalam jumlah yang tidak sedikit. Sayangnya, realitas di lapangan menunjukkan bahwa kedua fondasi ini masih menghadapi tantangan yang cukup serius seperti timpangnya akses infrastruktur antara daerah rural dan urban, masih adanya fragmentasi data medis serta bias representasi, dan isu etika penggunaan data. Kegagalan dalam mengatasi tantangan-tantangan dasar ini selain menghambat adopsi teknologi *AI*, juga berisiko memperbesar kesenjangan layanan kesehatan yang sudah ada sebelumnya.

Permasalahan Ketidakmerataan Infrastruktur Teknologi

Ketersediaan infrastruktur teknologi merupakan salah satu fondasi utama dalam penerapan *Artificial Intelligence (AI)* di sektor kesehatan. Namun, kenyataannya, distribusi infrastruktur ini masih sangat timpang, baik antarnegara maupun dalam satu negara itu sendiri. Menurut laporan WHO tahun 2020, hanya sebagian kecil fasilitas kesehatan di negara-negara berkembang yang memiliki rekam medis elektronik standar, server data yang aman, atau konektivitas internet cepat (World Health Organization, 2020).

Di daerah pedesaan atau wilayah terpencil, tenaga medis sering kali harus bekerja dengan fasilitas yang sangat terbatas. Alih-alih menggunakan sistem pendukung keputusan berbasis *AI*, mereka bahkan masih mencatat data pasien secara manual menggunakan kertas. Dalam situasi seperti ini, penerapan *AI* bukan hanya tidak relevan, tetapi dapat menjadi beban tambahan.

Tidak hanya di negara berkembang, bahkan di negara maju seperti Amerika Serikat, masih ditemukan ketimpangan antara rumah sakit besar dengan klinik-klinik kecil. Rumah sakit akademik dengan dukungan riset lebih mudah mengadopsi *AI* untuk radiologi atau analisis genetik, sementara klinik komunitas kesulitan hanya untuk memperbarui sistem *EHR* mereka (Sittig & Singh, 2020).

Akibat langsung dari ketimpangan ini adalah terciptanya "*AI divide*" — jurang baru antara yang bisa mengakses layanan berbasis *AI* dan yang tidak. Ketidaksetaraan ini berpotensi memperbesar ketidakadilan dalam layanan kesehatan, memperparah kesenjangan yang sudah ada sebelumnya.

Bahkan jika sistem berbasis *AI* tersedia, tanpa infrastruktur penunjang yang memadai, performanya akan buruk. Misalnya, sistem triase berbasis *AI* membutuhkan konektivitas *real-time* untuk mengakses *database* pasien dan gejala; tanpa itu, akurasiya menurun drastis dan membahayakan keselamatan pasien.

Kualitas, Keragaman, dan Integritas Data Medis

AI dalam kesehatan sepenuhnya bergantung pada kualitas data yang digunakan untuk melatih algoritma. Tanpa data yang bersih, lengkap, dan representatif, model AI akan menghasilkan prediksi yang tidak akurat dan bahkan berbahaya. Sayangnya, realitas di lapangan menunjukkan banyak sekali permasalahan dalam pengelolaan data medis.

1) Fragmentasi dan Ketidakteraturan Data

Banyak rumah sakit dan klinik, bahkan di negara maju, masih menggunakan sistem rekam medis yang berbeda-beda, tanpa standar interoperabilitas yang jelas. Ini menyebabkan fragmentasi data, yaitu tersebarinya informasi pasien di berbagai platform yang tidak saling terhubung. Akibatnya, sulit bagi sistem AI untuk mengakses riwayat medis pasien secara menyeluruh.

Ketidakteraturan format data, mulai dari perbedaan terminologi medis hingga pencatatan manual yang rawan kesalahan, memperburuk situasi. Model *machine learning* membutuhkan *input* konsisten untuk memberikan *output* andal; kekacauan data ini secara langsung menurunkan performa model (Beam & Kohane, 2018).

2) Kurangnya Representasi Populasi

Sebagian besar *dataset* medis besar yang digunakan untuk pelatihan AI berasal dari institusi di Amerika Utara dan Eropa Barat. Ini berarti model AI yang dihasilkan cenderung optimal untuk populasi kulit putih berpendapatan menengah ke atas, namun performanya menurun ketika diterapkan pada populasi Asia, Afrika, atau penduduk asli.

Dalam dunia kesehatan, bias ini bukan sekadar persoalan teknis, tetapi menyangkut nyawa. Algoritma yang salah mendiagnosis karena bias data dapat menyebabkan keterlambatan perawatan atau kesalahan pengobatan yang fatal, terutama bagi komunitas yang sudah terpinggirkan (Obermeyer *et al.*, 2019).

3) Masalah Etika dalam Penggunaan Data

Penggunaan data medis untuk pelatihan *AI* juga menimbulkan persoalan etika yang belum sepenuhnya terjawab. Banyak pasien yang tidak secara eksplisit memberikan persetujuan untuk penggunaan datanya dalam proyek *AI*. Selain itu, *anonymization* data tidak selalu cukup melindungi identitas pasien, terutama ketika data digabungkan dari berbagai sumber.

Jika masyarakat kehilangan kepercayaan terhadap bagaimana data kesehatan mereka digunakan, maka adopsi teknologi baru akan terhambat. Privasi dan keamanan data harus diposisikan bukan sebagai pelengkap, tetapi sebagai inti dalam setiap inisiatif *AI* di bidang kesehatan (Voigt & Von dem Bussche, 2017).

Tantangan Sosial, Budaya, dan Regulasi

Selain tantangan teknis, implementasi *AI* dalam layanan kesehatan menghadapi hambatan yang tidak kalah kompleks di ranah sosial, budaya, dan regulasi. Dimensi non-teknis ini sering kali diabaikan, padahal memiliki dampak yang sangat menentukan keberhasilan adopsi teknologi *AI* di dunia nyata. Bias algoritmik yang tertanam dalam sistem dapat menciptakan ketidakadilan sistematis dalam layanan kesehatan, terutama bagi kelompok minoritas dan komunitas terpinggirkan. Di sisi lain, resistensi sosial dari pasien dan tenaga medis, yang dipengaruhi oleh faktor budaya dan kepercayaan, dapat menghambat penerimaan teknologi meskipun secara teknis sudah matang. Tantangan ini diperparah oleh kekosongan kerangka regulasi yang komprehensif, yang menciptakan ketidakpastian hukum dan etika dalam penggunaan *AI* untuk keputusan medis. Kompleksitas masalah-masalah ini menunjukkan bahwa solusi teknis saja tidak cukup—diperlukan pendekatan holistik yang mempertimbangkan dinamika sosial, sensitivitas budaya, dan kerangka regulasi yang mendukung implementasi *AI* yang bertanggung jawab dan berkeadilan.

Bias Algoritmik dan Ketidakadilan dalam Layanan Kesehatan

Salah satu permasalahan yang sering diabaikan dalam diskusi tentang *AI* di kesehatan adalah bias algoritmik. Model *AI*, sebagaimana

refleksi dari data yang digunakan untuk melatihnya, membawa serta semua ketidakseimbangan, ketidaklengkapan, dan bias yang terdapat dalam data tersebut (Chen *et al.*, 2019).

1) Sumber Bias

Bias dapat muncul di berbagai tahap, mulai dari pemilihan data pelatihan, proses anotasi data, hingga pengembangan model itu sendiri. Misalnya, jika sebagian besar data pelatihan berasal dari pasien dewasa muda, model tersebut mungkin akan buruk dalam mengenali penyakit pada kelompok usia lanjut.

Dalam dunia nyata, bias ini dapat menyebabkan ketidakadilan dalam pemberian layanan kesehatan. AI yang bias dapat mengurangi peluang diagnosis dini bagi kelompok tertentu atau mengarahkan pengobatan yang tidak sesuai, memperburuk kesenjangan kesehatan yang sudah ada.

2) Konsekuensi Etis dan Sosial

Dampak dari bias algoritmik tidak hanya teknis, tetapi juga moral dan sosial. Ketika sebuah sistem secara sistematis gagal memberikan hasil yang akurat untuk kelompok tertentu, itu berarti memperlakukan mereka secara tidak adil. Dalam konteks kesehatan, konsekuensinya sangat serius: keterlambatan diagnosis, kesalahan terapi, bahkan kematian.

Karena itu, *fairness* harus menjadi prinsip utama dalam pengembangan dan penggunaan AI di sektor kesehatan. Setiap model harus diuji pada beragam subpopulasi, dan metode *fairness-aware machine learning* harus diterapkan secara ketat (Morley *et al.*, 2020).

Resistensi Sosial dan Tantangan Budaya

Penerimaan masyarakat terhadap AI di bidang kesehatan tidak bisa dianggap remeh. Meskipun teknologi dapat meningkatkan efisiensi, banyak pasien tetap menginginkan aspek *human touch* dalam pengalaman medis mereka.

1) Kurangnya Kepercayaan terhadap Sistem Otomatis

Sejumlah penelitian menunjukkan bahwa pasien lebih mempercayai diagnosis yang dibuat oleh dokter manusia dibandingkan diagnosis yang disampaikan oleh sistem *AI*, bahkan ketika tingkat akurasi lebih tinggi (Longoni *et al.*, 2019). Ini mengindikasikan bahwa faktor emosional dan kepercayaan personal tetap menjadi elemen penting dalam layanan kesehatan.

Jika sistem *AI* dipaksakan tanpa edukasi yang memadai kepada pasien, resistensi bisa semakin besar. Pada akhirnya, teknologi yang ditolak pasien tidak akan bisa mencapai potensi penuhnya.

2) Tantangan Lintas Budaya

Tingkat penerimaan terhadap *AI* juga berbeda-beda antar budaya. Di beberapa budaya, keputusan medis dianggap sebagai wewenang manusia sepenuhnya, dan keterlibatan mesin dianggap mengurangi martabat manusia. Oleh sebab itu, pengembang *AI* harus memahami sensitivitas budaya dan mendesain sistem yang dapat disesuaikan dengan nilai lokal.

Implementasi *AI* tidak bisa *one-size-fits-all*. Pendekatan berbasis budaya lokal menjadi kunci untuk mempercepat penerimaan dan keberhasilan teknologi ini di berbagai wilayah.

Tantangan Regulasi, Standardisasi, dan Etika dalam Penerapan *AI*

Seiring pesatnya perkembangan *AI* di bidang kesehatan, tantangan di ranah regulasi dan etika menjadi semakin nyata. Ironisnya, inovasi berjalan jauh lebih cepat dibandingkan upaya regulasi untuk mengawalinya. Berikut adalah tantangan-tantangan yang mungkin dihadapi dalam penerapan *AI* dalam dunia medis.

1) Kekosongan Kerangka Regulasi yang Kuat

Hingga kini, banyak negara belum memiliki kerangka hukum yang komprehensif untuk mengatur penerapan *AI* dalam kesehatan. Bahkan di negara dengan sistem kesehatan maju, seperti Amerika Serikat atau Inggris, regulasi untuk perangkat medis berbasis *AI* masih terbatas pada aspek teknis, belum sepenuhnya menjangkau aspek etika seperti *explainability*, *fairness*, atau akuntabilitas (Jobin *et al.*, 2019).

Ketidakjelasan ini menciptakan ketidakpastian bagi pengembang, tenaga medis, dan pasien. Bagaimana memastikan bahwa sistem *AI* yang digunakan aman? Siapa yang bertanggung jawab jika ada kesalahan diagnosis yang berujung pada cedera atau kematian pasien? Tanpa jawaban tegas, adopsi teknologi canggih akan melambat karena kekhawatiran hukum.

2) Ketidakseragaman Standar Global

Perbedaan standar antara satu negara dengan negara lain juga menghambat pengembangan dan penerapan *AI* skala internasional. Misalnya, persyaratan pengujian algoritma untuk *approval* di Amerika mungkin berbeda dengan Eropa atau Asia. Ini menyebabkan biaya dan kompleksitas tambahan bagi pengembang.

Selain itu, tidak adanya standar interoperabilitas internasional untuk data medis memperburuk fragmentasi. Padahal, interoperabilitas sangat penting agar data pasien bisa dianalisis secara lintas platform dan lintas negara, memperkuat akurasi model *AI* global.

3) Isu Etika: Privasi, Persetujuan, dan Transparansi

Etika penggunaan data medis menjadi perdebatan sengit dalam implementasi *AI*. Meskipun regulasi seperti : *General Data Protection Regulation* (GDPR) di Eropa telah menetapkan prinsip perlindungan data pribadi, banyak aspek penggunaan *AI* yang masih dalam zona abu-abu (Voigt & Von dem Bussche, 2017).

Contoh konkret, banyak proyek penelitian *AI* menggunakan data kesehatan yang dikumpulkan bertahun-tahun sebelumnya, dalam kondisi pasien tidak memberikan persetujuan eksplisit untuk

penggunaan datanya dalam proyek *AI* modern. Hal ini menimbulkan pertanyaan etis tentang *informed consent* dan hak pasien terhadap data mereka.

Selain itu, banyak model *AI* modern bekerja secara *black-box*, artinya hasilnya sulit dijelaskan bahkan oleh pengembangnya sendiri. Dalam dunia kesehatan, ketidakmampuan menjelaskan alasan di balik keputusan medis menjadi masalah serius yang mengancam kepercayaan pasien (Samek *et al.*, 2017).

Struktur Kompleks Masalah dalam Implementasi *AI* di Bidang Kesehatan

Jika akar-akar masalah ini dipetakan, struktur tantangan penerapan *AI* di sektor kesehatan dapat dibagi menjadi beberapa lapisan yang saling terkait seperti diberikan pada Tabel 1 berikut:

Tabel 1. Tantangan penerapan *AI*

Lapisan Masalah	Contoh Nyata	Dampak
Teknis	Infrastruktur buruk, fragmentasi data	Akurasi <i>AI</i> rendah, kesalahan diagnosis
Sosial	Resistensi pasien, ketidakpercayaan tenaga medis	Lambatnya adopsi <i>AI</i>
Ekonomi	Ketimpangan akses antara rumah sakit besar dan kecil	Perbesar ketidaksetaraan layanan kesehatan
Etika dan Regulasi	<i>Black-box models</i> , pelanggaran privasi	Erosi kepercayaan publik, potensi litigasi

Keempat lapisan ini tidak berdiri sendiri. Misalnya, buruknya regulasi memperburuk risiko bias teknis, yang kemudian memperdalam resistensi sosial. Oleh karena itu, solusi terhadap masalah-masalah ini harus bersifat sistemik dan saling terkait, tidak bisa parsial.

Solusi dan Nilai Kemanusiaan

Penerapan *Artificial Intelligence (AI)* dalam kesehatan tidak hanya soal algoritma dan efisiensi. Pada dasarnya, tujuan akhir dari setiap inovasi teknologi di bidang ini adalah peningkatan kesejahteraan manusia. Oleh sebab itu, solusi yang ditawarkan harus berangkat dari pemahaman mendalam terhadap kebutuhan, kerentanan, dan aspirasi manusia yang terdampak—baik langsung maupun tidak langsung.

Dalam bagian ini, penulis mengajukan serangkaian solusi yang menempatkan manusia di pusat perubahan. Pendekatan ini bertujuan memaksimalkan nilai kemanfaatan sosial, memperluas dampak positif teknologi, sekaligus meminimalkan risiko ketidakadilan atau marginalisasi (Topol, 2019). Secara ringkas, solusi-solusi tersebut adalah sebagai berikut:

- 1) Solusi infrastruktur dan data yang berkeadilan
 - a) Pembangunan infrastruktur digital yang inklusif dan berkeadilan
 - b) Penjaminan kualitas data yang berkeadilan untuk semua manusia
- 2) Solusi pemberdayaan sumber daya manusia
 - a) Peningkatan kapasitas tenaga medis sebagai mitra *AI*
 - b) Pemberian dampak positif kepada pihak tidak langsung
- 3) Solusi keadilan dan keberlanjutan jangka panjang
 - a) Penggunaan *AI* sebagai alat pemberdayaan
 - b) Penjaminan keberlanjutan dan keadilan sosial dalam penerapan *AI* di bidang kesehatan
 - c) Filosofi "teknologi untuk kemanusiaan" dalam pendidikan dan advokasi

Solusi Infrastruktur dan Data yang Berkeadilan

Untuk mengatasi tantangan fundamental dalam implementasi *AI* kesehatan, diperlukan pendekatan solutif yang menempatkan keadilan dan inklusi sebagai prinsip utama. Solusi infrastruktur harus

diprioritaskan untuk wilayah tertinggal melalui investasi afirmatif dan kolaborasi berbasis komunitas, sementara pengelolaan data harus memastikan representasi yang adil dari semua kelompok populasi disertai perlindungan privasi yang ketat. Kedua aspek ini menjadi prasyarat mutlak agar manfaat *AI* dapat dirasakan secara merata oleh seluruh lapisan masyarakat, bukan hanya kelompok *privileged* yang memiliki akses terhadap teknologi canggih.

Membangun Infrastruktur Digital yang Inklusif dan Berkeadilan

1) Fokus pada Wilayah Tertinggal

Salah satu masalah yang paling mencolok dalam penerapan *Artificial Intelligence (AI)* di bidang kesehatan adalah ketimpangan akses infrastruktur digital. Banyak komunitas di daerah rural dan negara berkembang yang masih berjuang untuk mendapatkan layanan kesehatan dasar, apalagi layanan berbasis *AI*. Untuk mengatasi masalah ini, pemerintah bersama lembaga donor internasional perlu mengadopsi pendekatan afirmatif dengan memprioritaskan investasi infrastruktur di daerah-daerah yang paling tertinggal (World Health Organization, 2020). Pendekatan ini mencakup penyediaan jaringan internet yang siap mendukung layanan *telemedicine*, ketersediaan perangkat keras minimum yang diperlukan untuk diagnosis berbasis *AI*, serta program pelatihan dasar bagi tenaga kesehatan lokal agar dapat mengoperasikan teknologi tersebut secara efektif.

Implementasi solusi ini diharapkan membawa dampak signifikan bagi manusia. Pasien di daerah terpencil dapat langsung memperoleh akses konsultasi dan diagnosis berbasis *AI* tanpa harus melakukan perjalanan panjang ke kota besar, yang seringkali membebani biaya dan waktu. Di sisi lain, tenaga medis lokal akan sangat terbantu dengan dukungan sistem diagnosis berbasis *AI*, yang memungkinkan mereka meningkatkan akurasi layanan kesehatan tanpa harus bergantung pada kehadiran dokter spesialis yang sulit dijangkau di wilayah mereka. Dengan demikian, investasi pada

infrastruktur digital tidak hanya mempercepat adopsi teknologi, tetapi juga memperluas manfaat kesehatan bagi kelompok masyarakat yang selama ini kurang terlayani.

2) Kolaborasi Komunitas dalam Pembangunan Infrastruktur

Pembangunan teknologi di bidang kesehatan sering kali gagal mencapai tujuan maksimal ketika dilakukan tanpa melibatkan komunitas lokal. Ketidaksesuaian antara solusi yang ditawarkan dengan kebutuhan nyata masyarakat menyebabkan rendahnya tingkat adopsi teknologi. Oleh karena itu, program infrastruktur kesehatan digital perlu dirancang dengan pendekatan partisipatif, yang melibatkan masyarakat sejak tahap perencanaan. Salah satu strategi yang efektif adalah mengadopsi model *community-based healthcare technology development*, yakni pendekatan yang menempatkan kebutuhan, keterbatasan, dan preferensi komunitas lokal sebagai dasar dalam perancangan solusi teknologi.

Dengan melibatkan masyarakat secara aktif, dampak positif terhadap manusia dapat dirasakan lebih luas. Komunitas akan merasa memiliki solusi yang dibangun, sehingga meningkatkan rasa tanggung jawab dan adopsi teknologi di tingkat lokal. Selain itu, keluarga pasien juga memperoleh manfaat langsung, karena pelayanan medis berbasis AI yang dihadirkan menjadi lebih relevan dengan budaya, kebiasaan, serta nilai-nilai sosial yang mereka anut. Melalui pendekatan ini, teknologi tidak hanya menjadi alat, melainkan bagian dari transformasi sosial yang berkelanjutan.

Menjamin Kualitas Data yang Berkeadilan untuk Semua Manusia

Dalam ekosistem AI kesehatan, data adalah fondasi utama. Namun, tidak semua data membawa nilai kemanfaatan yang adil jika

representasi populasinya timpang. Data yang bias hanya akan memperkuat ketidaksetaraan yang ada.

1) Membuka Akses Data dari Komunitas yang Terpinggirkan

Salah satu permasalahan serius dalam pengembangan sistem *AI* kesehatan adalah ketidakmerataan representasi data. Sebagian besar *dataset* medis global saat ini berasal dari populasi urban, kulit putih, dan berpendapatan tinggi, yang menyebabkan sistem *AI* menjadi kurang efektif ketika diterapkan pada komunitas lain yang memiliki karakteristik berbeda. Ketimpangan ini dapat memperkuat bias dalam diagnosis dan pengobatan, sehingga memperbesar ketidakadilan dalam layanan kesehatan (Obermeyer *et al.*, 2019).

Sebagai solusi, pemerintah dan akademisi perlu menginisiasi program pengumpulan data kesehatan yang inklusif, dengan melibatkan komunitas minoritas, penduduk pedesaan, dan kelompok rentan lainnya. Proses ini harus dilakukan dengan pendekatan *informed consent* yang adil dan transparan, dengan tujuan penggunaan data dan manfaat yang akan dikembalikan kepada komunitas dijelaskan secara jelas dan terbuka. Dengan demikian, kepercayaan masyarakat terhadap penggunaan data medis dapat diperkuat.

Dampak positif dari pendekatan ini sangat nyata bagi manusia. Pasien dari kelompok minoritas akan memperoleh diagnosis dan rekomendasi pengobatan yang lebih akurat, sesuai dengan kondisi mereka yang spesifik. Selain itu, komunitas lokal akan merasa dihargai dan diakui sebagai bagian penting dari kemajuan teknologi, bukan sekadar objek penelitian. Melalui langkah ini, *AI* dapat benar-benar berfungsi untuk memperbesar manfaat kesehatan bagi semua kelompok masyarakat tanpa kecuali.

2) Perlindungan Data sebagai Hak Dasar Manusia

Salah satu isu krusial dalam penerapan *AI* di bidang kesehatan adalah risiko pelanggaran privasi akibat penggunaan data tanpa

perlindungan yang memadai. Praktik seperti ini tidak hanya melanggar hak individu, tetapi juga berpotensi merusak kepercayaan publik terhadap seluruh sistem kesehatan berbasis AI. Ketidakpercayaan ini dapat menghambat adopsi teknologi baru, sekaligus memperburuk ketimpangan layanan kesehatan di masyarakat.

Untuk mengatasi masalah tersebut, perlu diterapkan standar global seperti *General Data Protection Regulation* (GDPR) secara ketat dalam seluruh proyek AI kesehatan (Voigt & Von dem Bussche, 2017). Setiap penggunaan data medis harus mengikuti prinsip transparansi, keadilan, dan akuntabilitas. Selain itu, penting untuk memberikan kontrol nyata kepada pasien atas data pribadi mereka. Ini mencakup hak untuk melihat, menghapus, dan memutuskan bagaimana data tersebut akan digunakan dalam pengembangan dan penerapan sistem AI.

Pendekatan ini memberikan dampak langsung terhadap manusia. Pasien akan merasa aman dan dihargai sebagai individu yang memiliki hak penuh atas informasi pribadinya. Lebih luas lagi, masyarakat umum akan memiliki tingkat kepercayaan yang lebih tinggi terhadap layanan kesehatan berbasis teknologi, sehingga mendorong adopsi AI secara lebih merata dan berkelanjutan. Dengan demikian, perlindungan data pribadi bukan hanya kewajiban hukum, tetapi juga strategi penting untuk memperbesar manfaat sosial dari inovasi teknologi di sektor kesehatan.

Solusi Pemberdayaan Sumber Daya Manusia

Keberhasilan implementasi AI dalam kesehatan tidak hanya bergantung pada teknologi, tetapi terutama pada manusia yang menggunakan dan terdampak olehnya. Tenaga medis perlu diberdayakan melalui edukasi humanistik agar dapat menjadi mitra efektif AI, bukan merasa tergantikan oleh teknologi. Selain itu, penting untuk memperhatikan dampak positif bagi pihak tidak langsung seperti keluarga pasien dan komunitas lokal melalui edukasi digital dan program kesadaran kolektif. Pendekatan ini memastikan bahwa AI

memperkuat, bukan mengurangi, aspek kemanusiaan dalam layanan kesehatan.

Kapasitas Tenaga Medis Sebagai Mitra AI

Salah satu risiko besar dalam adopsi AI adalah jika tenaga medis merasa tergantikan oleh teknologi. Ini bisa menyebabkan resistensi dan penggunaan yang tidak optimal.

1) Edukasi Teknologi yang Humanistik

Salah satu hambatan utama dalam adopsi AI di sektor kesehatan adalah ketidaksiapan tenaga medis dalam memahami dan menggunakan teknologi ini. Banyak dokter dan perawat merasa kurang percaya diri atau bahkan enggan menggunakan AI karena kurangnya pemahaman tentang cara kerja sistem tersebut. Tanpa pengetahuan dasar mengenai prinsip kerja, batasan, serta interpretasi *output* AI, ada risiko penggunaan yang keliru atau ketergantungan berlebihan terhadap hasil mesin (Shinners *et al.*, 2020).

Sebagai solusi, kurikulum pendidikan kedokteran dan keperawatan perlu diperbarui dengan memasukkan modul khusus tentang AI. Modul ini sebaiknya tidak hanya membahas aspek teknis, tetapi juga etika, keterbatasan, serta prinsip interpretasi hasil analisis AI secara kritis. Pendekatan pelatihan yang digunakan harus humanistik, menekankan bahwa AI adalah alat bantu untuk memperkuat kualitas layanan manusia, bukan untuk menggantikan profesional kesehatan (Mesko *et al.*, 2017).

Dengan pelatihan yang tepat, dampak positif bagi manusia akan terlihat nyata. Dokter dan perawat akan merasa lebih percaya diri dan berdaya dalam menggunakan teknologi sebagai perpanjangan tangan mereka dalam memberikan pelayanan. Pada akhirnya, pasien tetap mendapatkan layanan medis yang empatik dan personal, namun dengan tambahan akurasi dan efisiensi yang dihasilkan oleh dukungan AI. Pendekatan ini memastikan bahwa kemajuan teknologi

memperkaya, bukan mengurangi, aspek kemanusiaan dalam praktik kesehatan.

2) Penguatan *Human Touch* dalam Layanan Berbasis AI

Salah satu kekhawatiran yang muncul dengan meningkatnya penggunaan teknologi, termasuk AI, dalam layanan kesehatan adalah berkurangnya interaksi manusiawi antara dokter dan pasien. Jika seluruh perhatian tenaga medis tersita oleh pengelolaan sistem teknologi, maka kualitas hubungan personal yang selama ini menjadi fondasi penyembuhan dapat menurun (Topol, 2019).

Untuk mengantisipasi masalah ini, sistem AI perlu dirancang sedemikian rupa agar membebaskan tenaga medis dari beban administratif yang memakan waktu. Dengan demikian, dokter dan perawat dapat lebih fokus pada interaksi langsung dengan pasien, yang merupakan aspek tak tergantikan dalam pelayanan kesehatan. Selain itu, penting untuk menetapkan standar pelayanan minimum berbasis empati, bahkan di era digitalisasi kesehatan, agar nilai-nilai kemanusiaan tetap menjadi prioritas utama.

Pendekatan ini membawa dampak positif nyata. Pasien tetap dapat merasakan pelayanan yang hangat dan personal, meskipun teknologi canggih digunakan di balik layar untuk meningkatkan efisiensi dan akurasi. Sementara itu, tenaga medis akan mengalami peningkatan kepuasan kerja karena mereka dapat kembali berfokus pada misi utama mereka, yaitu merawat manusia secara utuh, bukan sekadar mengelola sistem teknis.

Memberikan Dampak Positif kepada Pihak Tidak Langsung (*Bystanders*)

Selain pasien dan tenaga medis, kelompok lain yang terkena dampak adopsi AI di bidang kesehatan adalah keluarga pasien, komunitas lokal, bahkan masyarakat luas. Mereka juga harus mendapat perhatian dalam perumusan solusi.

1) Memberdayakan Keluarga Pasien Melalui Edukasi Digital

Dalam proses penerapan teknologi medis baru berbasis *AI*, salah satu tantangan yang sering diabaikan adalah ketidaktahuan keluarga pasien dalam berinteraksi dengan teknologi tersebut. Ketidakpahaman ini sering kali menimbulkan kebingungan, kecemasan, bahkan salah persepsi mengenai kondisi pasien, yang pada akhirnya dapat mengganggu proses perawatan secara keseluruhan.

Untuk mengatasi masalah ini, perlu dikembangkan platform edukasi berbasis aplikasi atau web yang secara sederhana menjelaskan bagaimana *AI* digunakan dalam diagnosis dan perawatan pasien. Edukasi ini harus disampaikan dalam bahasa yang mudah dimengerti, tanpa istilah teknis yang membingungkan. Selain itu, penyediaan layanan konsultasi yang ramah dan mudah diakses oleh keluarga pasien akan sangat membantu, agar mereka dapat bertanya langsung mengenai penggunaan *AI* dalam proses perawatan yang dijalani anggota keluarganya.

Pendekatan ini memberikan dampak manusiawi yang besar. Keluarga pasien menjadi lebih percaya diri dalam mendukung proses perawatan, memahami peran teknologi sebagai alat bantu, bukan pengganti perhatian manusia. Di sisi lain, pasien akan memperoleh dukungan emosional yang lebih kuat dari keluarganya, yang pada akhirnya dapat mempercepat proses penyembuhan dan meningkatkan kualitas pengalaman mereka dalam sistem kesehatan berbasis *AI*.

2) Membangun Kesadaran Kolektif di Komunitas

Tanpa pemahaman publik yang memadai, penggunaan *AI* dalam layanan kesehatan berisiko memunculkan stigma, kesalahpahaman, atau bahkan ketakutan yang tidak beralasan. Masyarakat yang kurang mengerti tentang cara kerja dan tujuan penggunaan *AI* cenderung melihat teknologi ini dengan kecurigaan, yang pada akhirnya dapat menghambat penerimaan inovasi di sektor kesehatan.

Sebagai langkah solutif, penting untuk mengadakan kampanye edukasi komunitas yang membahas manfaat, batasan, serta prinsip etika penggunaan *AI* dalam layanan kesehatan (Morley *et al.*, 2020). Kampanye ini harus dirancang dengan pendekatan yang inklusif dan berbasis komunitas, bukan sekadar komunikasi satu arah. Salah satu strategi efektif adalah melibatkan pemimpin komunitas dan organisasi lokal sebagai duta literasi teknologi kesehatan. Dengan keterlibatan mereka, pesan edukasi akan lebih mudah diterima dan disesuaikan dengan konteks budaya setempat.

Pendekatan ini memberikan dampak positif bagi manusia. Komunitas lokal menjadi lebih terbuka dan menerima kehadiran inovasi teknologi, sehingga resistensi sosial terhadap adopsi *AI* berkurang secara signifikan. Selain itu, pasien yang menggunakan layanan berbasis *AI* akan merasa lebih didukung dan diterima oleh lingkungan sosial mereka, bukan malah merasa dikucilkan atau disalahpahami. Kondisi ini memperkuat ekosistem layanan kesehatan berbasis teknologi yang ramah manusia dan berorientasi pada keberlanjutan sosial.

Solusi Keadilan dan Keberlanjutan Jangka Panjang

Implementasi *AI* yang berhasil memerlukan visi jangka panjang yang menempatkan keadilan sosial sebagai tujuan utama. *AI* harus dirancang sebagai alat pemberdayaan yang inklusif, dengan model bisnis sosial yang menjamin akses merata bagi semua kalangan. Keberlanjutan teknologi ini juga membutuhkan *monitoring* dampak sosial secara berkala dan penanaman filosofi "teknologi untuk kemanusiaan" dalam sistem pendidikan dan advokasi publik. Hanya dengan pendekatan holistik ini, *AI* dapat menjadi instrumen transformasi sosial yang benar-benar bermanfaat bagi seluruh umat manusia.

***AI* Menjadi Alat Pemberdayaan, Bukan Eksklusi**

Teknologi yang tidak dirancang dengan prinsip inklusi berisiko mengasingkan kelompok rentan. Oleh karena itu, *AI* dalam kesehatan

harus diarahkan untuk memperkecil, bukan memperbesar, ketimpangan sosial.

1) Mengutamakan Solusi yang Adaptif terhadap Keterbatasan Akses

Salah satu tantangan besar dalam penerapan *AI* di bidang kesehatan adalah ketidaksetaraan akses terhadap perangkat teknologi dan infrastruktur digital. Tidak semua pasien, terutama mereka yang tinggal di daerah terpencil atau berasal dari kelompok berpenghasilan rendah, memiliki akses ke perangkat canggih atau jaringan internet cepat. Kondisi ini berpotensi memperlebar kesenjangan dalam penerimaan manfaat teknologi kesehatan berbasis *AI*.

Sebagai solusi, perlu dikembangkan model *AI* ringan yang dapat berjalan di perangkat sederhana, seperti ponsel dengan spesifikasi dasar atau komputer lama. Selain itu, layanan berbasis *AI* yang dapat berfungsi secara *offline* juga perlu disediakan, khususnya untuk daerah-daerah yang belum memiliki koneksi internet stabil. Dengan pendekatan ini, *AI* tidak lagi menjadi hak eksklusif kelompok tertentu, melainkan benar-benar menjadi alat yang inklusif untuk semua lapisan masyarakat.

Dampaknya terhadap manusia sangatlah signifikan. Masyarakat di daerah terpencil tetap bisa mendapatkan manfaat dari kemajuan teknologi kesehatan tanpa harus menunggu perubahan infrastruktur besar-besaran yang memerlukan waktu lama dan biaya tinggi. Selain itu, pasien dari kelompok berpenghasilan rendah tetap dapat mengakses layanan berbasis *AI* tanpa terbebani biaya tambahan, sehingga memperluas jangkauan keadilan dalam pelayanan kesehatan.

2) Menjadikan *AI* sebagai Alat Redistribusi Kesehatan

Meskipun *Artificial Intelligence (AI)* menawarkan berbagai potensi dalam meningkatkan layanan kesehatan, ada risiko nyata bahwa teknologi ini justru memperbesar ketimpangan. *AI* berpotensi

memperkaya institusi besar yang memiliki sumber daya untuk mengembangkan dan mengadopsi teknologi terbaru, sementara rumah sakit kecil dan klinik di daerah terpencil semakin tertinggal, tidak mampu mengikuti laju inovasi.

Untuk mengatasi masalah ini, perlu diterapkan model berbagi teknologi atau *technology sharing* model. Dalam pendekatan ini, sistem AI yang dikembangkan untuk rumah sakit besar juga harus tersedia bagi klinik kecil melalui lisensi bersubsidi atau bahkan dalam format *open-source*. Dengan demikian, akses terhadap teknologi mutakhir tidak lagi bergantung pada besarnya anggaran suatu fasilitas kesehatan, melainkan menjadi hak yang bisa diakses secara lebih merata.

Dampak manusia yang dihasilkan dari solusi ini sangat berarti. Pasien yang berobat di fasilitas kecil tetap dapat menikmati kualitas layanan yang setara dengan pasien di rumah sakit besar, sehingga mempersempit kesenjangan dalam pelayanan medis. Di sisi lain, tenaga medis di klinik kecil akan merasa lebih kompeten dan berdaya karena mereka didukung oleh teknologi yang sama canggihnya. Ini tidak hanya meningkatkan motivasi kerja, tetapi juga memperkuat rasa keadilan dalam sistem layanan kesehatan secara keseluruhan.

Menjamin Keberlanjutan dan Keadilan Sosial dalam Implementasi AI Kesehatan

Solusi berbasis teknologi canggih seperti AI sering kali menghadapi masalah keberlanjutan. Program-program pilot yang berhasil pada tahun pertama bisa gagal dalam jangka panjang jika tidak disertai dengan strategi keberlanjutan yang kuat. Karena itu, memikirkan dampak jangka panjang terhadap manusia harus menjadi bagian integral dalam implementasi AI di bidang kesehatan.

1) Membangun Model Bisnis Sosial untuk Teknologi AI

Banyak solusi AI untuk kesehatan dikembangkan dengan model bisnis yang terlalu berfokus pada keuntungan jangka pendek.

Akibatnya, akses terhadap layanan berbasis *AI* sering kali terbatas hanya kepada pasien yang mampu membayar mahal, meninggalkan kelompok berpenghasilan rendah tanpa manfaat dari inovasi ini. Ketimpangan ini menimbulkan risiko memperlebar jurang ketidakadilan dalam pelayanan kesehatan.

Untuk mengatasi masalah tersebut, pengembangan dan distribusi *AI* di bidang kesehatan perlu diarahkan menggunakan model bisnis sosial. Model ini memastikan bahwa harga layanan berbasis *AI* tetap terjangkau bagi semua kalangan, bukan hanya untuk mereka yang berada di strata ekonomi atas. Selain itu, perlu diterapkan mekanisme subsidi silang, dengan institusi besar atau rumah sakit premium membayar lebih untuk membantu mendanai penggunaan gratis atau bersubsidi di klinik-klinik kecil dan fasilitas kesehatan di komunitas marginal.

Pendekatan ini membawa dampak manusia yang sangat nyata. Pasien dari berbagai latar belakang sosial-ekonomi dapat mengakses layanan kesehatan berbasis *AI* secara lebih setara, tanpa diskriminasi berdasarkan kemampuan finansial. Komunitas marginal pun memperoleh peluang yang lebih besar untuk mendapatkan layanan kesehatan berkualitas, tanpa harus menanggung beban finansial yang berat. Dengan strategi ini, teknologi *AI* benar-benar menjadi instrumen pemerataan, bukan sekadar kemewahan bagi segelintir orang.

2) *Monitoring* dan Evaluasi Dampak Sosial Secara Berkala

Tanpa adanya pemantauan yang konsisten, solusi berbasis teknologi seperti *AI* di bidang kesehatan berisiko menimbulkan efek negatif yang tidak terdeteksi. Misalnya, bias baru dalam sistem atau ketimpangan layanan yang terjadi secara tidak disengaja bisa muncul tanpa disadari, memperburuk ketidaksetaraan yang ingin diatasi. Ketika evaluasi hanya berfokus pada aspek teknis, aspek sosial dan kemanusiaan sering kali terabaikan, padahal dampaknya terhadap kehidupan masyarakat sangat nyata.

Untuk mengatasi masalah ini, setiap implementasi *AI* di sektor kesehatan harus disertai dengan mekanisme *monitoring* dan evaluasi yang tidak hanya teknis, tetapi juga sosial (Morley et al., 2020). Evaluasi ini perlu melibatkan komunitas lokal sebagai mitra aktif dalam menilai dampak *AI* terhadap kehidupan mereka. Dengan melibatkan masyarakat secara langsung, evaluasi menjadi lebih jujur, reflektif, dan mencerminkan realitas sosial yang terjadi di lapangan.

Dampak positif dari pendekatan ini cukup besar. Pasien dan komunitas memiliki suara aktif dalam menentukan apakah sebuah solusi teknologi benar-benar bermanfaat atau justru membawa masalah baru. Sementara itu, penyedia layanan kesehatan dapat memperoleh masukan langsung dan konkret dari lapangan untuk memperbaiki, menyesuaikan, atau bahkan menghentikan sistem yang ternyata tidak berjalan sesuai tujuan awal. Dengan demikian, pengembangan *AI* di bidang kesehatan menjadi lebih dinamis, adaptif, dan berorientasi pada kebutuhan manusia yang nyata.

Menyebarkan Filosofi "Teknologi untuk Kemanusiaan" dalam Pendidikan dan Advokasi

Teknologi, termasuk *AI*, tidak akan membawa perubahan sosial yang positif secara otomatis. Dibutuhkan narasi baru yang terus-menerus ditegakkan dalam pendidikan, media, dan kebijakan publik.

1) Integrasi Etika Humanistik dalam Pendidikan Kedokteran dan Teknologi

Pendidikan teknologi saat ini sering kali terlalu berfokus pada kecepatan inovasi dan pencapaian teknis, sehingga melupakan aspek fundamental: kemanusiaan. Orientasi yang terlalu sempit pada efisiensi dan pertumbuhan teknologi berisiko menciptakan generasi profesional yang unggul secara teknis tetapi kurang sensitif terhadap dampak sosial dari inovasi yang mereka hasilkan.

Untuk mengatasi masalah ini, perlu ada langkah nyata dalam reformasi kurikulum pendidikan, khususnya di bidang kedokteran dan

teknologi. Setiap program pendidikan harus menambahkan mata kuliah wajib yang membahas etika *Artificial Intelligence (AI)*, dampak sosial teknologi, dan prinsip keadilan dalam layanan kesehatan (Jobin et al., 2019). Kurikulum ini tidak hanya mengajarkan sisi teknis, tetapi juga menanamkan pemahaman mendalam bahwa teknologi harus selalu diarahkan untuk memperbesar kemanfaatan manusia, bukan semata-mata untuk mengejar efisiensi atau keuntungan ekonomis.

Dengan penerapan pendidikan berbasis nilai ini, dampak jangka panjang terhadap manusia akan terasa luas. Generasi baru tenaga kesehatan dan teknologi akan tumbuh dengan kesadaran sosial yang lebih kuat dan berorientasi pada nilai kemanusiaan dalam setiap keputusan inovasi yang mereka ambil. Akibatnya, pasien di masa depan akan dilayani oleh sistem kesehatan yang lebih adil, transparan, dan manusiawi, menggunakan teknologi yang benar-benar berfungsi untuk memperkuat martabat manusia, bukan menggantikannya.

2) Advokasi Publik tentang AI yang Berkeadilan

Sebagian besar narasi publik tentang *Artificial Intelligence (AI)* saat ini masih didominasi oleh dua ekstrem: *hype* teknologis yang berlebihan atau ketakutan irasional yang tidak berdasar. Kedua pendekatan ini sama-sama bermasalah karena mengaburkan diskusi rasional tentang bagaimana *AI* seharusnya digunakan untuk memperbesar kemanusiaan, bukan untuk menggantikannya atau menimbulkan ketidakadilan sosial.

Untuk memperbaiki kondisi ini, perlu digerakkan kampanye publik yang lebih berimbang dan berorientasi pada nilai-nilai kemanusiaan. Kampanye ini harus secara aktif menekankan bahwa *AI* adalah alat untuk memperbesar kapasitas manusia dalam merawat sesama, bukan untuk mengurangi peran manusia itu sendiri. Selain itu, penting untuk melibatkan organisasi masyarakat sipil sebagai *watchdog* independen, yang bertugas memastikan bahwa implementasi *AI* di sektor kesehatan selalu berpihak pada prinsip

keadilan, transparansi, dan penghormatan terhadap martabat manusia.

Dampaknya terhadap manusia akan sangat besar. Masyarakat umum menjadi lebih kritis, sadar, dan teredukasi dalam menerima serta menggunakan layanan berbasis *AI*, tidak lagi terjebak antara ketakutan berlebihan atau penerimaan tanpa kritis. Sementara itu, kelompok rentan akan mendapatkan perlindungan sosial yang lebih kuat di tengah transisi menuju layanan kesehatan yang semakin berbasis teknologi. Dengan demikian, *AI* benar-benar menjadi alat pemberdayaan, bukan sumber ketidakadilan baru.

Penutup

Perkembangan *Artificial Intelligence (AI)* membawa harapan besar dalam upaya meningkatkan kualitas layanan kesehatan di seluruh dunia. Teknologi ini, dengan kemampuannya dalam mengolah data dalam skala besar dan mengenali pola tersembunyi, mampu membantu diagnosis lebih cepat, prediksi penyakit yang lebih akurat, serta personalisasi perawatan pasien (Rajkomar *et al.*, 2019). Namun, penerapannya di dunia nyata juga membuka tantangan baru yang perlu dihadapi secara cermat.

Seperti telah diuraikan dalam bab ini, penerapan *AI* dalam kesehatan menghadapi berbagai akar masalah: mulai dari keterbatasan infrastruktur, kualitas dan keberagaman data, bias algoritmik, resistensi sosial, hingga kekosongan regulasi yang memadai. Tanpa perhatian serius terhadap semua aspek ini, teknologi *AI* berisiko memperbesar ketidaksetaraan layanan kesehatan, bukan memperbaikinya.

Karena itu, solusi yang ditawarkan tidak semata-mata bersifat teknis. Solusi harus berakar pada nilai-nilai fundamental seperti kemanusiaan, keadilan, transparansi, dan akuntabilitas. *AI* harus dipandang sebagai alat untuk memperkuat praktik kesehatan yang

berbasis manusia, bukan menggantikannya (Topol, 2019). Pendekatan *human-centered design*, pengembangan *dataset* inklusif, pendidikan bagi tenaga medis, serta regulasi yang adil dan fleksibel menjadi kunci keberhasilan implementasi *AI* di bidang.

Penting untuk disadari bahwa keberhasilan adopsi *AI* dalam kesehatan tidak hanya diukur dari kecepatan diagnosis atau peningkatan efisiensi layanan. Ukuran sejatinya adalah seberapa besar teknologi ini mampu meningkatkan kualitas hidup pasien, memperluas akses kesehatan yang adil, dan menjaga nilai-nilai kemanusiaan dalam setiap interaksi medis.

Ke depan, kolaborasi lintas sektor antara pemerintah, institusi kesehatan, akademisi, industri teknologi, dan masyarakat menjadi syarat mutlak (Sittig & Singh, 2020). Hanya dengan sinergi tersebut, kita dapat memastikan bahwa inovasi *AI* benar-benar membawa perubahan positif dan berkelanjutan dalam sistem kesehatan global.

Sebagai penutup, *AI* dalam layanan kesehatan bukanlah tujuan akhir, melainkan sarana untuk mencapai sistem kesehatan yang lebih inklusif, responsif, dan berorientasi pada manusia. Teknologi hanya akan sebaik nilai-nilai yang membimbing penggunaannya (Topol, 2019).

Daftar Pustaka

- Beam, A.L. and Kohane, I.S., 2018. Big data and machine learning in health care. *JAMA*, 319(13), pp.13171318.
<https://doi.org/10.1001/jama.2017.18391>
- Chen, I.Y., Johansson, F. and Sontag, D., 2019. Why is my classifier discriminatory?. *Advances in Neural Information Processing Systems*, 32.
- Doshi-Velez, F. and Kim, B., 2017. Towards a rigorous science of interpretable machine learning. *arXiv preprint arXiv:1702.08608*.

- Esteva, A., Kuprel, B., Novoa, R.A., Ko, J., Swetter, S.M., Blau, H.M. and Thrun, S., 2017. Dermatologist-level classification of skin cancer with deep neural networks. *Nature*, 542(7639), pp.115–118. <https://doi.org/10.1038/nature21056>
- Jiang, F., Jiang, Y., Zhi, H., Dong, Y., Li, H., Ma, S., Wang, Y., Dong, Q., Shen, H. and Wang, Y., 2017. Artificial intelligence in healthcare: Past, present and future. *Stroke and Vascular Neurology*, 2(4), pp.230–243. <https://doi.org/10.1136/svn-2017-000101>
- Jobin, A., Ienca, M. and Vayena, E., 2019. The global landscape of AI ethics guidelines. *Nature Machine Intelligence*, 1(9), pp.389–399. <https://doi.org/10.1038/s42256-019-0088-2>
- Longoni, C., Bonezzi, A. and Morewedge, C.K., 2019. Resistance to medical artificial intelligence. *Journal of Consumer Research*, 46(4), pp.629–650. <https://doi.org/10.1093/jcr/ucz013>
- Mesko, B., Györfy, Z. and Baksa, D., 2017. The role of artificial intelligence in precision medicine. *Expert Review of Precision Medicine and Drug Development*, 2(5), pp.239–241. <https://doi.org/10.1080/23808993.2017.1380516>
- Morley, J., Floridi, L., Kinsey, L. and Elhalal, A., 2020. From what to how: An initial review of publicly available AI ethics tools, methods and research to translate principles into practices. *Science and Engineering Ethics*, 26(4), pp.2141–2168. <https://doi.org/10.1007/s11948-019-00165-5>
- Obermeyer, Z., Powers, B., Vogeli, C. and Mullainathan, S., 2019. Dissecting racial bias in an algorithm used to manage the health of populations. *Science*, 366(6464), pp.447–453. <https://doi.org/10.1126/science.aax2342>
- Rajkomar, A., Dean, J. and Kohane, I., 2019. Machine learning in medicine. *New England Journal of Medicine*, 380(14), pp.1347–1358. <https://doi.org/10.1056/NEJMra1814259>

- Samek, W., Wiegand, T. and Müller, K.R., 2017. Explainable artificial intelligence: Understanding, visualizing and interpreting deep learning models. *arXiv preprint arXiv:1708.08296*.
- Shinners, L., Aggar, C. and Grace, S., 2020. Exploring healthcare professionals' views on the implementation of artificial intelligence in healthcare: A qualitative study. *Health Informatics Journal*, 26(2), pp.1020–1032. <https://doi.org/10.1177/1460458219864720>
- Sittig, D.F. and Singh, H., 2020. A new socio-technical model for studying health information technology in complex adaptive healthcare systems. *Quality & Safety in Health Care*, 19(Suppl 3), pp.i68–i74. <https://doi.org/10.1136/qshc.2008.028639>
- Topol, E., 2019. *Deep medicine: How artificial intelligence can make healthcare human again*. New York: Basic Books.
- Voigt, P. and Von dem Bussche, A., 2017. *The EU General Data Protection Regulation (GDPR): A practical guide*. Cham: Springer.
- World Health Organization, 2020. *Global strategy on digital health 2020–2025*. Geneva: WHO. <https://www.who.int/publications/i/item/9789240020924>

Pemanfaatan *Generative AI* untuk Pemasaran Berkelanjutan UMKM

Ovalia Rukmana

Pendahuluan

Usaha Mikro, Kecil dan Menengah (UMKM) memiliki peranan penting dalam pertumbuhan perekonomian global (World Bank, 2024), termasuk perekonomian Indonesia. Di Indonesia, UMKM menjadi motor penggerak ekonomi di berbagai sektor, khususnya di bidang perdagangan, pertanian dan industri pengolahan. Hal ini dapat dilihat dari total jumlah UMKM yang ada di Indonesia, yaitu sebesar 65 juta unit usaha atau sekitar 99,9% total pelaku usaha. UMKM juga memiliki kontribusi sebesar 61,07% terhadap Produk Domestik Bruto (PDB) atau senilai 8.573,89 triliun rupiah. Disamping itu, UMKM mampu membuka banyak lapangan pekerjaan, menyerap sekitar 97% dari total tenaga kerja yang ada di Indonesia (Kementerian Koordinator Bidang Perekonomian Republik Indonesia, 2025). Tabel 1 berikut ini menunjukkan jumlah dan pertumbuhan UMKM selama kurun waktu tahun 2018-2023.

Tabel 1. Pertumbuhan UMKM di Indonesia

Tahun	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Jumlah UMKM	64,2	65,5	64	65.5	65	66
Pertumbuhan		2%	-2.2%	2.3%	-0.7%	1.5%

(Sumber: Kadin Indonesia (2025))

Berdasarkan data di atas, dapat dilihat bahwa pertumbuhan UMKM memiliki kecenderungan terus meningkat, kecuali selama Pandemi Covid-19. Pertumbuhan jumlah UMKM didukung oleh program pemerintah yang diluncurkan pada tahun 2021: platform *Online Single Submission* (OSS). Platform ini memberikan kemudahan bagi pelaku UMKM untuk mendaftarkan dan memperpanjang perijinan

usaha mereka secara terintegrasi elektronik. Meskipun demikian, potensi pertumbuhan UMKM menghadapi tantangan yang cukup serius, di antaranya keterbatasan modal, akses pembiayaan yang rendah, sumber daya manusia, inovasi, teknologi, *branding* dan pemasaran.

Pemasaran merupakan salah satu aspek penting dalam memperluas pasar UMKM dan meningkatkan daya saing di tengah pasar yang kompetitif dan dinamis. Pada konteks ini, UMKM perlu mempertimbangkan strategi pemasaran mereka dengan memanfaatkan teknologi digital, salah satunya adalah teknologi kecerdasan buatan generatif (*Generative Artificial Intelligence* yang disingkat *GenAI*). Pemanfaatan *GenAI* pada aktivitas pemasaran UMKM berpotensi meningkatkan pemasaran berbasis konten yang menarik dan relevan, keterlibatan pelanggan, dan kepuasan pelanggan. Di samping itu, pemanfaatan *GenAI* juga membuat UMKM mampu mengoptimalkan kampanye pemasaran digital dengan biaya yang rendah (Sanches et al., 2025). Bahkan Verma et al. (2021) mengemukakan bahwa kehadiran *GenAI* membawa perubahan yang disruptif, khususnya pada ranah pemasaran digital. Dengan cara kerjanya, *GenAI* yang menggunakan *machine learning* mampu menganalisis data yang jumlahnya besar dengan *output* yang mirip dengan hasil kerja manusia.

Gupta et al. (2024) mengungkapkan keunggulan *GenAI* yang mampu membuat konten yang menarik dan relevan dengan mereplikasi karya manusia lalu dengan mudah disesuaikan (*customized*) untuk kebutuhan spesifik. *GenAI* juga mampu berinteraksi dengan audiens melalui teks, gambar, konten, maupun *chatbot*. Saat ini, pemanfaatan *GenAI* di bidang industri kreatif telah secara luas dilakukan dan dampaknya sangat positif (Ali et al., 2024). Namun, pemanfaatan *GenAI* pada aktivitas pemasaran berkelanjutan oleh UMKM di Indonesia belum diupayakan optimal. Beberapa faktor masih menjadi kendala, misalnya minimnya infrastruktur, kurangnya akses teknologi dan platform digital, serta rendahnya literasi digital (Sanches et al., 2025). Tulisan ini mau menunjukkan potensi *GenAI* untuk meningkatkan efisiensi dan kreativitas pemasaran digital UMKM dan khususnya pemasaran berkelanjutan oleh UMKM. Harapannya,

dengan memahami potensi tersebut, akan diperoleh gambaran bagaimana melakukan upaya optimal pemanfaatan *GenAI* untuk pemasaran berkelanjutan oleh UMKM di Indonesia.

Perkembangan Pemasaran Digital dan Pemanfaatan *GenAI*

Dalam sejarahnya, pemasaran digital dikenal sebagai “*online marketing*”, yaitu serangkaian strategi pemasaran yang diterapkan melalui internet. Ada logika yang seolah-olah khas di situ, sehingga Stuchlik (1958) mengatakan bahwa pemasaran digital merupakan *neologisme*. Istilah lain yang sering digunakan untuk pemasaran digital, yaitu “*electronic marketing*” dan “*cyber marketing*” (Martín-Cervantes et al., 2025). Dalam pemasaran digital melalui internet, saluran komunikasi utamanya adalah Web atau World Wide Web (WWW).

Memang dalam kurun waktu 30 tahun terakhir, sarana teknologi yang dipergunakan dalam strategi pemasaran kian berevolusi, khususnya untuk menghubungkan individu-individu melalui dunia maya. Diawali dengan pemanfaatan SEO (*Search Engine Optimization*) pada tahun 1998. SEO digunakan untuk meningkatkan visibilitas mesin pencari sebagai salah satu pilar utama pemasaran digital, karena SEO dapat membantu merek untuk memosisikan diri dalam hasil pencarian *online*. Dilanjutkan dengan adanya periklanan pada mesin pencari di era tahun 2000an yang dikenal dengan *Google ad words* (kini dikenal dengan Google Ads). Periklanan digital ini diikuti dengan hadirnya model bayar per klik (*pay per click* atau PPC) yang memberikan kesempatan perusahaan untuk dapat menjangkau audiens yang lebih luas dan mengukur ROI (*return on investment*) secara efektif.

Sementara itu, tahun 2003-2010 dikenal sebagai periode muncul dan maraknya pemakaian jejaring sosial (*Social Networks*), ditandai dengan hadirnya *Myspace*, *Facebook*, *Twitter* (sekarang X), *Whatsapp*, *Instagram* dan platform media sosial lainnya. Kehadiran platform-platform tersebut mampu mengubah perilaku dan pola interaksi konsumen dengan menjadikannya sebagai saluran utama untuk berbagi konten. Dalam konteks ini, pemasaran konten (*content marketing*) menjadi populer, di mana pemasar mulai menjadikan

content marketing sebagai salah satu strategi yang mereka adopsi melalui konten audio visual, *blog*, dan *ebook*.

Akhirnya mulai tahun 2013, *mobile marketing* (pemasaran seluler) mulai berkembang, di mana para pemasar mulai gencar meluncurkan kampanye iklan melalui seluler dan tablet. Selain itu, *email marketing* dengan personalisasinya mulai juga digunakan pemasar mengingat keefektifannya dalam meningkatkan penjualan dan loyalitas pelanggan. Dan, secara simultan era *video marketing* hadir dan menjadi alternatif pilihan pemasar dalam menyebarkan konten. Adapun platform yang kerap kali digunakan pemasar adalah *Youtube*, *Facebook live* dan *Tiktok live*. Dengan memanfaatkan *bandwith* yang luas, pemasar memanfaatkan perangkat selular dalam memasarkan konten (Tammana, 2021).

Jadi, video konten akhirnya menjadi salah satu hal yang penting dalam pemasaran digital, karena kemampuannya dalam meningkatkan keterlibatan pelanggan. Hadirnya video konten dalam pemasaran konten mendorong maraknya kehadiran “*influencer*” sebagai *brand ambassador* (duta merek) yang mewakili merek-merek tertentu. Pemanfaatan media sosial dalam pemasaran digital memberikan peluang kepada para pemasar untuk melakukan segmentasi. Lebih spesifik lagi, para pemasar melakukan personalisasi calon pelanggan mereka dengan pengelolaan *big data* secara efisien dan *real-time* agar pada akhirnya bisa memberikan layanan pelanggan yang optimal. Pada konteks pengelolaan *big data* yang efisien dan *real-time* inilah, kecerdasan buatan (*AI*) memiliki peranan yang sangat penting.

Pada saat ini memang keberadaan internet dan telepon seluler (*smartphone*) menjadi bagian yang tidak terpisahkan dalam kehidupan sehari-hari manusia. Hal ini bisa dilihat dari aktivitas keseharian manusia yang sangat bergantung pada kedua fasilitas tersebut. Keduanya merupakan dua elemen yang saling menunjang dan menawarkan kemudahan. Adapun kemudahan yang ditawarkan perangkat *smartphone*, yaitu kemudahan untuk mengakses aplikasi yang dilengkapi fitur-fitur canggih untuk memenuhi kebutuhan pengguna. Salah satu aplikasi yang dapat diunduh pada *smartphone* adalah *Generative AI (GenAI)*.

GenAI merupakan salah satu pengembangan kecerdasan buatan yang mengintegrasikan *deep learning* dengan pemrosesan bahasa alami (*Natural Language Processing/NLP*) untuk menghasilkan interaksi yang mirip dengan manusia (Markovič, 2024). Cara kerjanya yang menggunakan *machine learning* dan algoritma dalam menganalisis pola data dan informasi yang tersedia membuat *GenAI* mampu menciptakan beragam konten, termasuk teks, gambar, audio, dan video, yang mirip dengan pola yang digunakan sebelumnya (Michel-Villarreal et al., 2023). Berbeda dari *AI* tradisional yang lebih bersifat analitis atau prediktif, *GenAI* mampu menghasilkan *output* yang kreatif dan orisinal.

Aplikasi *GenAI* telah banyak diproduksi perusahaan-perusahaan teknologi besar saat ini, di antaranya Microsoft dan Google. Di tahun 2022, Microsoft meluncurkan OpenAI dengan *chatbot* interaktif *ChatGPT* dan *Copilot* yang menawarkan kemudahan dalam menganalisis dan mengedit teks dan gambar sedangkan *Midjourney* memberikan fasilitas untuk mengedit foto. Adapun Google memperkenalkan *Bard application* dan *Gemini* yang mampu mendukung pengelolaan teks dan gambar serta analisis video dengan kemampuan multimediana (Feuerriegel et al., 2023).

Setelah peluncurannya, *OpenAI* melakukan pembaruan dalam kurun waktu satu tahun, dengan: (1) meningkatkan aksesibilitas melalui aplikasi seluler yang disertai perluasan geografis, didukung dengan penggunaan multibahasa dan peningkatan batas pesan; (2) meningkatkan kustomisasi dengan mengadaptasikan *ChatGPT* pada kebutuhan beserta interaksi yang dipersonalisasi melalui panduan dan instruksi pengguna; dan (3) memperluas fungsionalitasnya, termasuk penelusuran web, pengunggahan *file*, penerjemah kode, interaksi antarmuka dengan suara, dan menghasilkan gambar melalui integrasi DALL-E 3 dan dukungan *plugin* pihak ketiga. Meskipun ada kelebihan itu, *ChatGPT* masih memiliki keterbatasan seperti misalnya ditemukannya bias dan ketidakuratan informasi (Feng et al., 2024).

Berbagai aplikasi *GenAI* yang telah diproduksi saat ini dapat dikelompokkan ke dalam tiga jenis atau model *GenAI* sebagai berikut.

- a. *Large Language Models* (LLMs), yaitu model yang dirancang untuk memahami dan membuat teks. LLMs biasanya digunakan untuk penulisan artikel, terjemahan, dan percakapan *Chatbot*. Contoh model ini adalah GPT (*Generative Pre-trained Transformer*) dan BERT.
- b. *Generative Adversarial Networks* (GANs), terdiri dari dua jaringan saraf, yaitu *generator* dan *discriminator*. Model ini mampu menghasilkan konten gambar atau video yang mirip dengan aslinya (*real*). Aplikasi ini biasanya digunakan untuk disain grafis.
- c. *Diffusion Models*, merupakan algoritma pada *machine learning* yang mampu menghasilkan data berkualitas tinggi dengan cara melakukan proses difusi, di mana rekonstruksi informasi yang asli dilakukan untuk menghilangkan gangguan pada data yang rusak. Model ini mampu menghasilkan gambar berkualitas tinggi, seperti misalnya pada pemakaian model DALL-E dan *Stable Diffusion*.

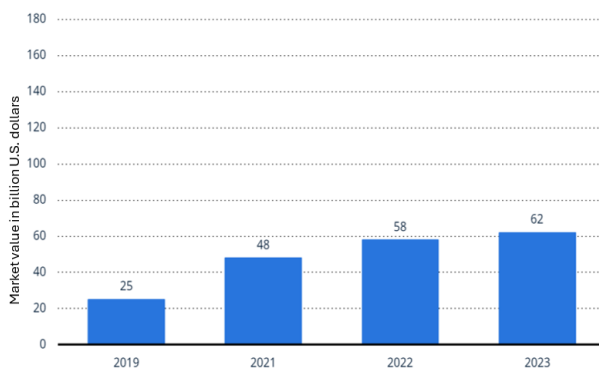
Secara umum, cara kerja *GenAI* diawali dengan pemberian dataset ke *GenAI* dan kemudian data tersebut dipelajari pola dan strukturnya oleh *GenAI*. Langkah-langkah yang dilakukan *GenAI* dapat diuraikan sebagai berikut: (1) pelatihan (*training*) dengan dataset yang berukuran besar, seperti misalnya LLMs dengan data teks buku, artikel dan situs web, sedangkan GANs dengan data gambar dan video; (2) pembuatan (*generation*) untuk menghasilkan *output* baru berdasarkan pola yang dipelajari, seperti misalnya LLMs yang menghasilkan teks baru berdasarkan prediksi kata pada konteks yang diberikan, sedangkan GANs menghasilkannya dengan meniru *discriminator*; dan (3) optimisasi, yaitu proses penyempurnaan kualitas dan akurasi *output* yang dihasilkan.

Karena kemampuannya yang tinggi dalam menganalisis teks, gambar, suara dan video melalui telepon seluler, maka *GenAI* sangat potensial untuk diterapkan dalam pemasaran digital. Potensi ini dilatarbelakangi adanya proses transformasi digital sendiri, di mana dukungan penerapan kecerdasan buatan (*AI*) memberikan kemudahan serta mendorong kreativitas dan inovasi (Martín-Cervantes *et al.*, 2025).

Tantangan Pemasaran Digital bagi UMKM

Hadirnya UMKM dilegitimasi negara melalui Undang-Undang Nomor 20 Tahun 2008 (UU 20/2008) tentang Usaha Mikro, Kecil, dan Menengah (UMKM). Yang dimaksud UMKM dalam UU tersebut adalah bisnis yang dijalankan oleh individu, rumah tangga, atau badan usaha dengan kriteria: Usaha Mikro, jika memiliki aset maksimal senilai Rp50 juta; Usaha Kecil, jika memiliki aset Rp50 juta – Rp500 juta; dan Usaha Menengah, jika memiliki aset Rp500 juta – Rp10 miliar. Guna mendukung peningkatan jumlah UMKM dan menyiapkannya agar berdaya saing global dan mampu mengadopsi teknologi digital, pemerintah mencanangkan program UMKM *Level Up*.

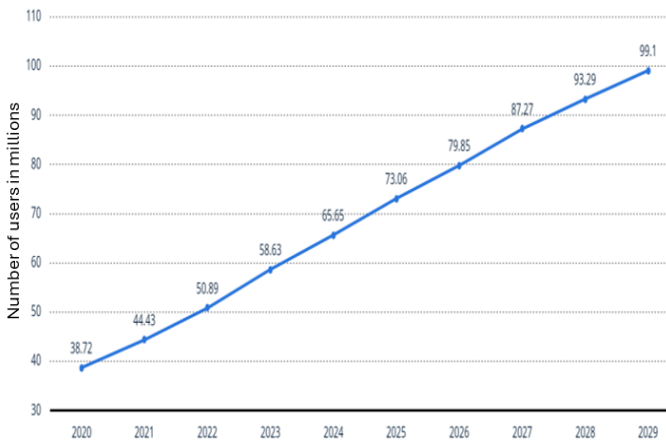
Program UMKM *Level Up* memberikan pelatihan dan pendampingan intensif kepada UMKM agar mereka *on boarding* menuju *platform digital*. Harapannya, UMKM mampu memperluas akses pemasaran yang lebih luas, meningkatkan volume penjualan, meningkatkan efisiensi, mampu berinovasi, dan meningkatkan nilai transaksi. Namun, hingga kini baru tercatat 26 % dari 64 juta pelaku UMKM yang sudah melakukan adopsi teknologi dengan beralih ke platform digital (Komdigi RI, 2024). Jumlah ini tentunya masih tergolong rendah karena tidak sebanding dengan pertumbuhan jumlah pasar *e-commerce* (lihat Gambar 1) dan pengguna *e-commerce* yang kian meningkat (lihat Gambar 2).



Gambar 1. GMV (*Gross Merchandise Value*) Pasar E-Commerce di Indonesia (Periode 2019-2023)

(Sumber: PDSI Kemendag RI, 2024)

Dari Gambar 1 dapat dilihat bahwa nilai *Gross Merchandise Value* (GMV) pasar *e-commerce* di Indonesia meningkat cukup signifikan sejak 2019, bahkan di tahun 2023 nilai GMV tercatat sebesar 62 miliar USD. Sementara itu, Gambar 2 menunjukkan bahwa angka peningkatan jumlah pengguna *e-commerce* di tahun 2023 saja sudah mencapai 58,63 juta dan diprediksi akan terus menerus meningkat hingga tahun 2029.



Gambar 2. Jumlah Pengguna E-commerce di Indonesia
(Periode 2020-2029)

(Sumber: PDSI Kemendag RI, 2024)

Melihat potensi pasar dan jumlah pengguna *e-commerce* yang begitu besar, UMKM diharapkan mampu mengadopsi teknologi digital agar dapat memperluas ekspansi pasar. Namun tampaknya adopsi teknologi digital pada UMKM tidak semudah apa yang dibayangkan, mengingat adanya keterbatasan sumber daya, infrastruktur, dan kurangnya literasi digital. Selain keterbatasan-keterbatasan itu, dari pengamatan penulis saat melakukan pendampingan UMKM, ditemukan adanya beberapa tantangan yang dihadapi pelaku UMKM dalam mengadopsi teknologi digital sebagai strategi pemasarannya. Pertama, masih banyak pelaku UMKM yang mengadopsi pemasaran konvensional yang dirasakan masih relevan, seperti misalnya penggunaan getok tular (*Word of Mouth/WOM*) dengan mengandalkan

rekomendasi pelanggan yang puas, mengikuti pameran untuk mempromosikan produknya, dan membangun jejaring dengan pelaku UMKM lainnya.

Kedua, meskipun cukup banyak pelaku UMKM yang sudah memanfaatkan media sosial seperti platform Tiktok, Instagram dan Facebook dalam promosinya, namun mereka belum secara optimal memanfaatkan seluruh fitur yang ada pada platform media tersebut. Fitur-fitur seperti *broadcast*, *story*, *reels* dan *live* pada instagram, dan lain-lainnya belum dimanfaatkan. Mereka juga belum melakukan pengukuran efektivitas dan interaktivitas dengan pelanggan. Ketiga, masih cukup banyak pelaku UMKM yang belum berlaku profesional, seperti misalnya belum memisahkan urusan bisnis dan pribadi. Penggunaan Whatsapp dalam berbisnis masih dilakukan melalui WhatsApp pribadi, bukan WhatsApp khusus untuk bisnis. Sumber daya dan waktu yang didedikasikan untuk mengelola media sosial pun masih sangat terbatas.

Keempat, pengelolaan *brand*, katalog produk, dan pemasaran konten masih amat terbatas. Penggunaan *brand* (merek) masih terlalu sederhana, tidak didukung dengan tampilan identitas merek yang representatif. Penggunaan pemasaran konten hanya berupa tampilan foto produk, belum dilakukan optimalisasi berupa konten-konten yang atraktif. Beberapa di antara mereka belum memiliki katalog produk yang mereka jual, bahkan belum memiliki *website* dan toko online di loka pasar *e-commerce*. Kelima, pelaku-pelaku UMKM umumnya belum optimal memanfaatkan *mobile marketing* (pemasaran seluler) dan *email marketing* dalam aktivitas pemasaran mereka. Keterlibatan pelanggan dalam aktivitas pemasaran yang mereka jalankan masih amat kurang. Terkait dengan hal itu, pengelolaan layanan yang dipersonalisasi sesuai kebutuhan khusus pelanggan belum dikembangkan. Berdasarkan tantangan-tantangan tersebut di atas, potensi *GenAI* untuk meningkatkan efektivitas pemasaran pada UMKM dapat digali.

Potensi *GenAI* dalam Pemasaran Digital UMKM

Beberapa peneliti berusaha mengungkap potensi *GenAI* dalam pemasaran digital UMKM. Le Dinh *et al.* (2025) mengemukakan bahwa

kehadiran *GenAI* mampu membawa transformasi yang luar biasa pada UMKM, khususnya di bidang pemasaran, seperti misalnya melakukan prediksi pasar, menganalisis perilaku konsumen, meningkatkan kampanye pemasaran yang efektif, meningkatkan layanan pelanggan, dan melakukan analisis dokumen dan analisis sentimen melalui *Chatbot*. Kumar Sharma & Sharma (2023) menambahkan bahwa *GenAI* mampu membantu tim pemasaran untuk membangun strategi pemasaran yang efektif dengan melakukan kampanye pada target audiens tertentu sehingga penjualan dan ROI meningkat. Tidak hanya itu, *GenAI* juga memiliki potensi signifikan untuk meningkatkan inovasi, optimisasi operasional, dan mitigasi resiko (Ferraro et al., 2024). Tabel 2 berikut menggambarkan berbagai fungsi/tugas yang dapat dilakukan oleh aplikasi *GenAI*.

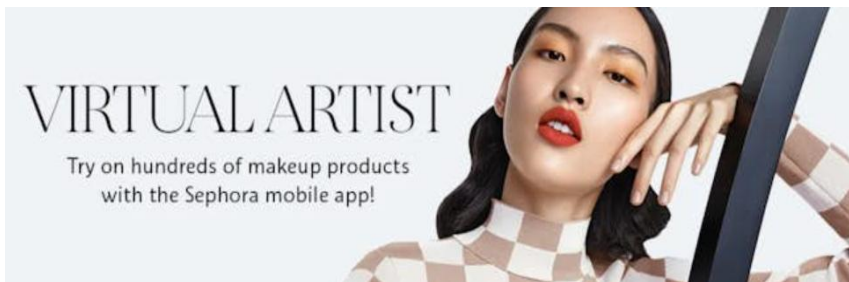
Tabel 2. Fungsi/Tugas yang Dilakukan oleh *GenAI*

No	Deskripsi Tugas/ Pekerjaan	Aplikasi <i>GenAI</i>
1	Otomatisasi pekerjaan	<i>UiPath, Zapier</i>
2	Bertanggung jawab atas manajemen media sosial, menawarkan penjadwalan <i>posting</i> , analitik dan kurasi konten	<i>Buffer</i>
3	Alat optimalisasi pada halaman berbasis <i>cloud</i> yang menganalisis dan membandingkan halaman tertentu dengan peringkat saat ini di SERP	<i>Surfer SEO</i>
4	Segmentasi	<i>Emarsys, Crystal, Brevo</i>
5	<i>Analisis sentimen, predictive analytics</i>	<i>IBM Watson Marketing</i>
6	Pengelolaan data pelanggan	<i>Optimove</i>
7	Pengelolaan skedul	<i>Clockwise, Reclaim, Trevor</i>
8	Pengelolaan email (<i>marketing</i>)	<i>Sanebox, Email Tree, Smart Writer, Sales</i>

No	Deskripsi Tugas/ Pekerjaan	Aplikasi GenAI
		<i>Handy, mailchimp, Selzy, copy.ai, phrases</i>
9	Meningkatkan pengalaman pelanggan	<i>Evolve.ai</i>
10	Transkripsi teks	<i>Trint, TranscribeMe, Otter, Sonix</i>
11	Transkripsi <i>chatbots</i>	<i>ChatGPT, Manychat, Bard, Gemini, deepseek, Copilot, Bing, Jasper, Perplexity, Drift</i>
12	Menulis dan menganalisis kode	<i>Penulis, Github Copilot, OpenAI Codex, Cody, Polycoder</i>
13	Alat visualisasi data dan kecerdasan bertenaga AI yang membantu pemasar menganalisis data dan mengekstrak wawasan yang dapat ditindaklanjuti	<i>Tableau</i>
14	Menciptakan dan mengedit suara/audio	<i>Resound, Adobe Podcast, Cleanvoice, Listnr</i>
15	Menciptakan dan mengedit video	<i>Runway, Pictory, Vizard.ai, Vidyo.Ai</i>
16	Menciptakan dan mengedit Gambar	<i>Midjourney, Stable Diffusion, Lexica, Adobe firefly</i>
17	Membuat dan mengedit presentasi	<i>Pitch, Gamma, Tome, Beautiful.Ai</i>

(Sumber: penulis, kumpulan dari berbagai sumber)

Dari tabel 2. di atas dapat disimpulkan bahwa beberapa aplikasi *GenAI* memiliki beragam fitur yang memberikan kemudahan dalam melakukan pekerjaan tugas-tugas bisnis, seperti melakukan otomatisasi tugas dan proses, pengelolaan skedul dan *email*, transkripsi *chatbots*, membuat konten dengan menciptakan dan mengedit suara, video, gambar, dan presentasi kampanye pemasaran di media sosial, bahkan menciptakan periklanan digital. *GenAI* juga mampu menyediakan pengalaman bagi pelanggan, berupa layanan belanja berbasis *chatbot* dengan penggunaan produk pada artis visual yang disediakan. Contohnya adalah aplikasi *Sephora* yang menawarkan produk *make up* dengan menyajikan model (artis visual) berbasis AI yang dapat diminta untuk mengujicobakan produk *make up* yang diinginkan pembeli (lihat Gambar 3).



Gambar 3. Pemanfaatan *GenAI* pada Aplikasi Mobile Sephora
(Sumber: Digital Marketing Institute, 2025)

Perusahaan *streaming* Netflix mengadopsi teknologi digital *GenAI* untuk merekomendasikan personalisasi layanan berdasarkan preferensi dan perilaku pengguna yang terekam (lihat gambar 4).



Gambar 4. Data untuk Personalisasi Layanan Netflix
(Sumber: Digital Marketing Institute, 2025)

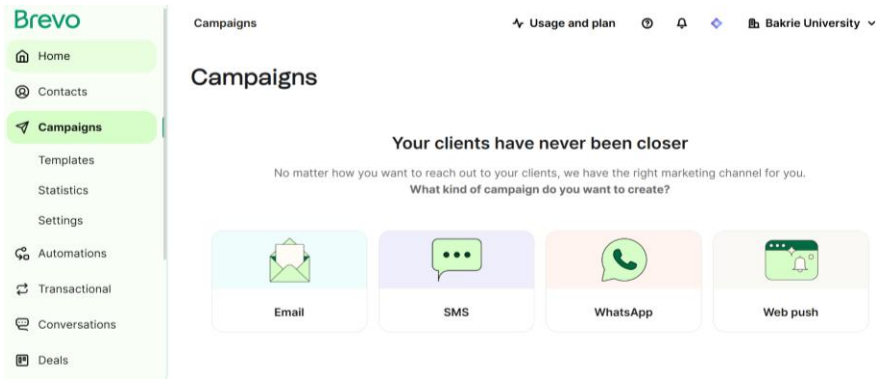
Seperti yang diilustrasikan pada gambar 4, Netflix memanfaatkan algoritma data pengguna berdasarkan: (a) informasi profil pengguna, misalnya usia, jenis kelamin, dan lokasi; (b) jenis perangkat yang digunakan untuk *streaming*; (c) pola tontonan apakah acara dijeda, diputar ulang, atau dipercepat; (d) apakah seluruh film atau serial TV telah selesai ditonton; dan (e) riwayat penelusuran. Dengan memanfaatkan data tersebut, Netflix mampu meningkatkan konten berdasarkan rekomendasi yang ada, mengurangi tingkat pergantian pelanggan, dan meningkatkan laba. Dari penjelasan tentang cara kerja *GenAI* pada kedua contoh perusahaan di atas dapat disimpulkan bahwa *GenAI* dapat menawarkan kemudahan dalam pemasaran dengan biaya rendah kepada para pelaku UMKM.

Beberapa potensi *GenAI* yang dapat membantu UMKM dalam pemasaran digital dapat diuraikan lebih rinci sebagai berikut.

(1) Otomatisasi

Otomatisasi memberikan kemudahan bagi para pelaku UMKM dalam menyelesaikan pekerjaan rutin mereka secara cepat dan hemat biaya. Adapun otomatisasi yang dapat dilakukan yaitu pelayanan pelanggan, kampanye pemasaran pada beragam saluran pemasaran, penjadwalan tugas, penagihan, dan lain-lain. Penggunaan *GenAI* pada otomatisasi ini akan meminimalkan kesalahan, mengurangi biaya

operasional, dan meningkatkan efisiensi. Salah satu aplikasi *GenAI* yang digunakan untuk otomatisasi adalah Brevo (Gambar 5).



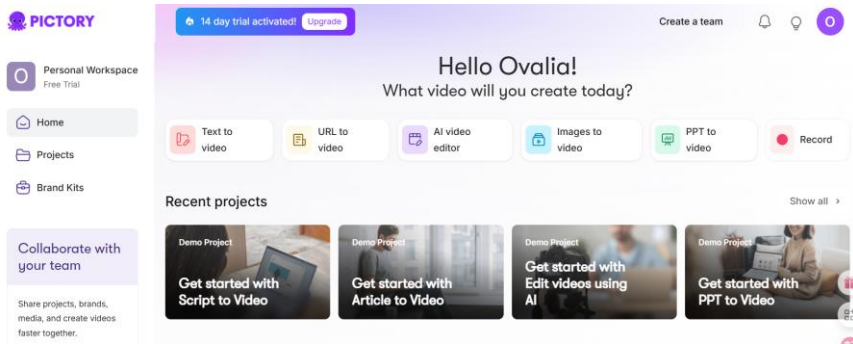
Gambar 5. Aplikasi Brevo
(Sumber: <https://app.brevo.com/campaigns/listing>)

(2) Pembuatan konten teks, audio, gambar dan video

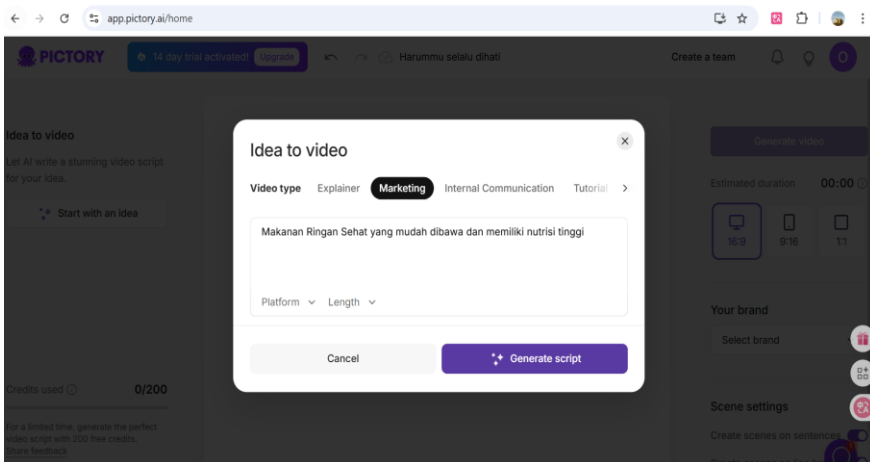
Dengan memanfaatkan *GenAI*, pelaku UMKM dapat membuat segala jenis konten, baik berupa teks, audio, gambar, maupun video sesuai dengan produk yang mereka miliki. Misalnya dengan menggunakan *prompts* (instruksi) yang tepat pada aplikasi *GenAI*, para pelaku UMKM dapat membuat *copy writing*, *Jingle* iklan, katalog produk, disain produk, web, blog, poster, bahan presentasi kampanye, video produk, dan lain sebagainya. Namun, *output* yang diproduksi *GenAI* tersebut harus selalu diperhatikan dan di-*review* sebelum di-*posting* atau dipublikasikan di platform media sosial.

Aplikasi *GenAI* yang dapat membantu membuat konten teks, audio, gambar dan video adalah *Pictory*. Keunggulan *Pictory* adalah kemudahannya dalam membuat konten video. Terdapat beberapa pilihan dalam *Pictory*, salah satunya adalah membuat video dari teks, di mana kata kuncinya bisa dikaitkan dengan produk yang akan ditawarkan kepada target audiens. Di sini *GenAI* membantu pemrosesan dengan mengembangkan kata kunci yang dimasukkan menjadi teks, lalu mengubahnya menjadi *story board*, dan setelah itu mengubahnya lagi menjadi konten video yang mengilustrasikan produk yang akan ditawarkan. Konten video dapat dilengkapi dengan *running*

texts, audio, dan merek/logo usaha (lihat gambar 6, 7, 8 dan 9). Selain membuat video dari teks, pilihan lain dalam *Pictory* adalah mengubah *url* menjadi video, video editor, mengubah gambar menjadi video, dan mengubah ppt (*power points/slides*) menjadi video.



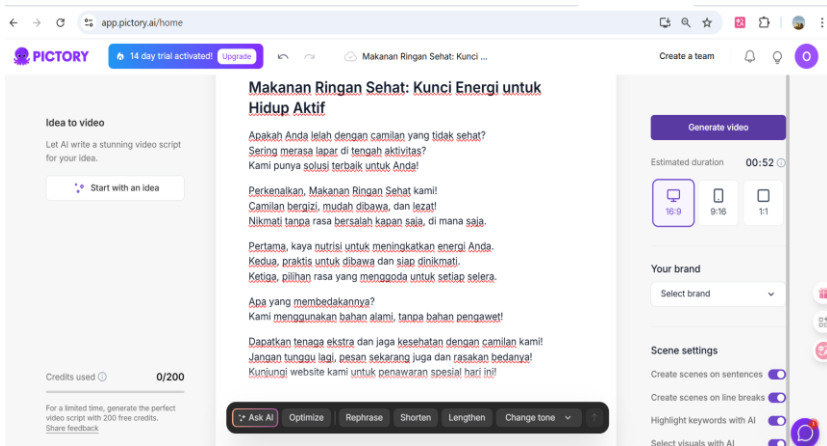
Gambar 6. Aplikasi *Pictory* untuk Membuat Konten Video.
(Sumber: <https://app.pictory.ai/storyboard/scripttovideo>)



Gambar 7. Proses Membuat Ide Konten Video pada *Pictory*
(Sumber: <https://app.pictory.ai/storyboard/scripttovideo>)

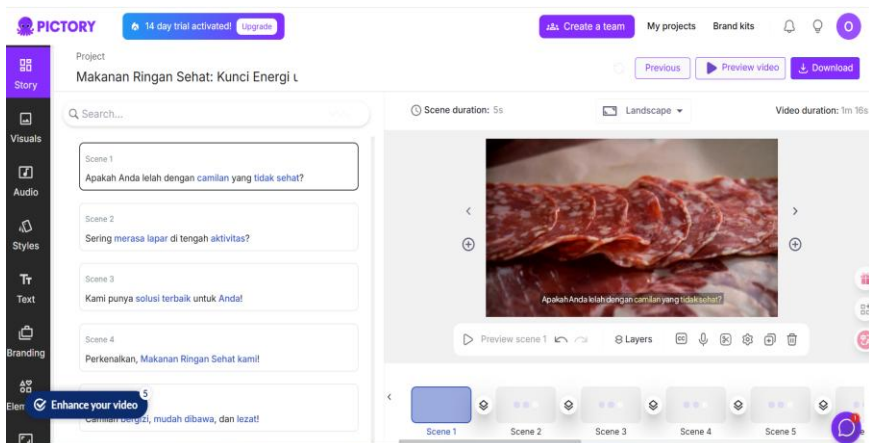
Gambar 7 di atas menunjukkan cara kerja aplikasi *Pictory* yang hanya memerlukan input *prompt* teks terkait produk yang akan ditawarkan oleh pelaku UMKM. Secara otomatis, *prompt* teks yang

sudah diinput akan diproses menjadi *script* (lihat Gambar 8) yang kemudian akan diubah lagi menjadi *story board*.



Gambar 8. Proses Mengubah *Prompt* Menjadi *Script* pada *Pictory*
(Sumber: <https://app.pictory.ai/storyboard/scripttovideo>)

Setelah proses *script* diubah menjadi *story board*, aplikasi *GenAI Pictory* akan membuat *output* berupa konten video yang disertai audio dan *running text* (lihat gambar 9).



Gambar 9. Proses Mengubah *Story Board* Menjadi Konten Video
(Sumber: <https://app.pictory.ai/storyboard/scripttovideo>)

Dari contoh proses pembuatan video di atas, diharapkan para pelaku UMKM mampu secara efektif meningkatkan aktivitas pemasarannya dengan membuat konten yang kreatif, dinamis dan menarik, namun berbiaya rendah.

(3) Personalisasi layanan bagi pelanggan

Chatbot menawarkan solusi bagi para pelaku UMKM untuk berkomunikasi, berinteraksi, dan menjawab pertanyaan pelanggan seputar produk dengan jawaban cepat/instan. Artinya, *chatbot* dapat mempersonalisasi pesan yang diberikan dan menyederhanakan proses pembelian. Dengan begitu, pelaku UMKM dapat mengantisipasi kebutuhan pelanggan sehingga lebih kompetitif dibandingkan dengan pesaingnya.

(4) Melakukan segmentasi pelanggan

Melalui algoritma, *GenAI* mampu melakukan segmentasi pelanggan berdasarkan usia, minat, kebutuhan, dan perilaku mereka. Sehingga, para pelaku UMKM dapat mengidentifikasi siapa pelanggannya dan memberikan penawaran sesuai preferensi dan kebutuhan pelanggan secara *real time*. Melalui bantuan *GenAI*, para pelaku UMKM juga dapat menganalisis umpan balik atau ulasan pelanggan untuk meningkatkan layanan, memperbaiki produk, dan memperkaya pengalaman pelanggan.

(5) Pemanfaatan SEO (*Search Engine Optimization*)

Dengan memanfaatkan *GenAI*, para pelaku UMKM dapat memprediksi tren SEO, perilaku pengguna, dan pembaruan algoritma melalui SEO prediktif dengan cara membuat *meta tag* dan judul. Dalam mesin pencarian informasi ini, *GenAI* dapat mengkombinasikan pencarian melalui suara dan visual, seperti misalnya penggunaan *voice recognition* dalam pencarian informasi.

(6) Pemanfaatan Iklan Bayar Per-klik (*pay per click/PPC*)

Iklan bayar per klik merupakan bentuk periklanan yang hadir melalui internet pada *website* ataupun platform media sosial tertentu, di mana para pelaku UMKM akan membayar iklan jika seseorang mengklik iklan tersebut. Iklan bayar per klik (PPC) sering kali dipandang penting dalam

pemasaran karena merupakan sarana kampanye yang dapat membidik target yang sesuai. *GenAI* dapat dimanfaatkan untuk meningkatkan efektivitas iklan bayar per klik (PPC) dengan cara mengoptimisasi riset pada kata kunci yang ada, melakukan penawaran dan penargetan, membuat iklan, membuat penjadwalan dan penempatan iklan, melakukan analisis prediktif, dan mendeteksi penipuan.

(7) Mengefektifkan Analisis Data

GenAI mampu dengan cepat memproses sejumlah data besar dari beragam saluran, sehingga memudahkan para pelaku UMKM untuk memprediksi tren perilaku pelanggan berdasarkan data historis yang dikumpulkan. Para pelaku UMKM dapat menggunakan tren itu untuk mengoptimisasi layanan pelanggan, mengelola inventaris, menganalisis data penjualan, dan merancang interaksi dengan pelanggan melalui program promosi. Hasil analisis tersebut juga dapat divisualisasikan untuk memudahkan pemahaman.

(8) Pemasaran E-mail (E-mail Marketing)

Meskipun banyak pelaku UMKM belum mengimplementasikannya, pemasaran email merupakan salah satu strategi pemasaran yang efektif untuk melibatkan pelanggan. Pemanfaatan *GenAI* dalam *email marketing* berguna untuk melakukan analisis kinerja email, membuat alur kerja berdasarkan tindakan pengguna, membuat analisis kampanye, membuat konten yang dipersonalisasi untuk segmen audiens tertentu, dan mengaktifkan konten yang dinamis. Di samping itu, *GenAI* mampu melakukan kurasi daftar email dan melakukan analisis frekuensi dari email tersebut.

Berbagai potensi *GenAI* yang dapat membantu para pelaku UMKM dalam pemasaran digital tersebut menunjukkan bagaimana prospek pengembangan UMKM dengan aktivitas pemasarannya yang berbiaya rendah. Sharma (2024) membagi manfaat *GenAI* ke dalam empat kategori kelompok, yaitu: (1) pertumbuhan dan keuntungan (perluasan tujuan dan jaringan komersial, skalabilitas, produktivitas, dan keuntungan yang dihasilkan); (2) kinerja, kemudahan, dan kenyamanan (peningkatan kinerja, akurasi, kecepatan, waktu, dan

penghematan biaya); (3) keselamatan (pemantauan *real time*, bantuan robotik dalam tugas-tugas pekerjaan berbahaya); dan (4) keberlanjutan (pemanfaatan sumber daya yang optimal, penghematan energi, transparansi, kesetaraan). Dalam hal pemasaran berkelanjutan, potensi pemanfaatan *GenAI* perlu diungkap lebih lanjut.

***GenAI* dan Tantangan Pemasaran Berkelanjutan UMKM**

Pemasaran berkelanjutan (*sustainable marketing*) adalah pendekatan pemasaran yang mempertimbangkan dampak sosial, lingkungan, dan ekonomi jangka panjang dari aktivitas pemasaran. Dari aspek ekonomi, pendekatan keberlanjutan (*sustainability*) bertujuan untuk menjamin pemenuhan kebutuhan pelanggan saat ini tidak akan mengorbankan kemampuan generasi mendatang untuk memenuhi kebutuhan mereka sendiri. Pemasaran berkelanjutan tidak hanya berfokus pada keuntungan bisnis, tetapi juga pada tanggung jawab sosial dan tanggung jawab untuk kelestarian lingkungan (CISL, 2023). Hal ini selaras dengan konsep *triple bottom line* yang mengedepankan tiga aspek utama: *People* (sosial), *Planet* (lingkungan), dan *Profit* (ekonomi). Pada konteks UMKM, pelaku UMKM harus menyeimbangkan kepentingan pelanggan, masyarakat, dan lingkungan dalam upayanya untuk menghasilkan keuntungan. Pelaku UMKM wajib bertanggung jawab terhadap dampak sosial dan lingkungan yang ditimbulkan oleh produk atau layanan mereka. Pemasaran yang dilakukan ditujukan untuk memenuhi kebutuhan pelanggan saat ini tanpa merusak sumber daya alam dan kesejahteraan masyarakat di masa depan.

Penerapan pemasaran berkelanjutan bagi UMKM menawarkan beragam manfaat strategis sebagai berikut. (a) Meningkatkan citra merek (*brand image*): dengan menerapkan praktik berkelanjutan, UMKM dapat membangun citra positif bagi usaha mereka dengan mengedepankan kepedulian mereka terhadap lingkungan dan masyarakat. Hal ini akan menciptakan diferensiasi di pasar yang kompetitif. (b) Membangun loyalitas pelanggan: pelanggan kini mulai sadar akan pentingnya nilai keberlanjutan yang ditawarkan oleh produk atau layanan. Pelaku UMKM dapat menarik calon pelanggan yang memiliki komitmen keberlanjutan dan membangun loyalitas mereka.

(c) Mengurangi biaya operasional: pemanfaatan limbah dan penciptaan produk daur ulang dapat membantu UMKM dalam menghemat biaya operasional dalam jangka panjang. (d) Akses ke segmen pasar baru: dengan memiliki komitmen akan keberlanjutan, pelaku UMKM dapat menciptakan peluang, kolaborasi, dan kemitraan strategis dengan para pemangku kepentingan yang memiliki fokus pada keberlanjutan untuk menciptakan akses ke segmen pasar baru. (e) Kepatuhan terhadap regulasi: dengan mengedepankan aspek keberlanjutan, para pelaku UMKM akan lebih mudah dalam memenuhi persyaratan berkenaan dengan keberlanjutan.

Dalam mengimplementasikan pemasaran berkelanjutan, para pelaku UMKM harus mempertimbangkan prinsip-prinsip pemasaran berkelanjutan sebagai berikut. (1) Konsumerisme etis: para pelaku UMKM dalam menjalankan bisnis mereka harus mengedepankan keamanan produk yang mereka tawarkan kepada pelanggan serta tidak membahayakan lingkungan dan masyarakat. (2) Transparansi: para pelaku UMKM wajib menjelaskan secara terbuka mengenai praktik bisnis yang mereka lakukan, termasuk aspek lingkungan dan sosialnya. (3) Inovasi keberlanjutan: dengan memanfaatkan *GenAI*, para pelaku UMKM diharapkan mampu berinovasi dalam pengembangan produk dan memberikan layanan yang ramah lingkungan dan berkelanjutan. (4) Kemitraan: guna mencapai tujuan yang berkelanjutan, para pelaku UMKM dapat melakukan kolaborasi dengan para pemangku kepentingan (*stakeholders*). (5) Pendidikan yang meningkatkan kesadaran: para pelaku UMKM dapat mengadopsi *GenAI* dalam melakukan kampanye pemasaran sosial dan *cause marketing* untuk meningkatkan kesadaran dan mengedukasi pelanggan mengenai pentingnya keberlanjutan. Sebagaimana halnya pemasaran digital pada umumnya, prinsip-prinsip pemasaran berkelanjutan di atas akan lebih efisien dan efektif dipenuhi para pelaku UMKM dengan memanfaatkan aplikasi *GenAI*.

Penutup

Sebagai penyangga utama perekonomian di Indonesia saat ini, Usaha Mikro, Kecil dan Menengah (UMKM) diharapkan berperan besar dalam penciptaan lapangan pekerjaan, peningkatan pendapatan

masyarakat, dan pengembangan produk lokal. Untuk itu, UMKM diharapkan mampu meningkatkan daya saingnya di pasar domestik dan global dengan mengadopsi teknologi digital seperti *GenAI* (*Generative AI*). *GenAI* menawarkan banyak kemudahan dalam menjalankan bisnis UMKM, di antaranya untuk otomatisasi pekerjaan rutin, menciptakan konten untuk kampanye pemasaran digital yang menarik dan relevan dengan biaya rendah, memperkaya layanan dan pengalaman pelanggan, meningkatkan kepuasan dan keterlibatan pelanggan, melakukan analisis data berjumlah besar, dan melakukan segmentasi pasar. Di samping itu, *GenAI* juga memberikan manfaat seperti perluasan tujuan dan jaringan komersial, skalabilitas, keselamatan, peningkatan akurasi, kecepatan, kinerja atau produktivitas, penghematan biaya dan keuntungan yang dihasilkan, serta keberlanjutan.

Pemasaran berkelanjutan pada UMKM dapat menjadi strategi dan solusi alternatif yang perlu diadopsi di tengah masyarakat yang semakin sadar akan pentingnya lingkungan hidup yang berkelanjutan. Pemasaran berkelanjutan mengedepankan dampak lingkungan, sosial, dan ekonomi, seperti misalnya tercermin dalam upaya menciptakan proses produksi dan pemanfaatan bahan baku yang ramah lingkungan dan minim limbah. Dalam pemasaran berkelanjutan, transparansi menjadi suatu keharusan dalam mengkomunikasikan pesan terkait nilai-nilai keberlanjutan, sebagaimana dituangkan misalnya melalui penciptaan produk daur ulang, kemasan produk yang ramah lingkungan, dan tanggung jawab sosial untuk ikut serta meningkatkan kesejahteraan masyarakat lokal melalui proses produksi. Dengan demikian, pemasaran berkelanjutan bisa menimbulkan citra positif bagi produk UMKM di pasar lokal maupun global. Dengan memperhatikan standar internasional, menerapkan nilai-nilai keberlanjutan, dan mengadopsi *GenAI* dalam pemasaran digitalnya, UMKM diharapkan mampu mengeksport produk yang dimilikinya dan bersaing di pasar global, membangun loyalitas pelanggan dan menekan biaya jangka panjang.

Daftar Pustaka

- Ali, M.S.M., Wasel, K.Z.A. and Abdelhamid, A.M.M., 2024. Generative AI and media content creation: Investigating the factors shaping user acceptance in the Arab Gulf States. *Journalism and Media*, 5(4), pp.16241645. <https://doi.org/10.3390/journalmedia5040101>
- Biloš, A. and Budimir, B., 2024. Understanding the adoption dynamics of ChatGPT among Generation Z: Insights from a modified UTAUT2 model. *Journal of Theoretical and Applied Electronic Commerce Research*, 19(2), pp.863879. <https://doi.org/10.3390/jtaer19020045>
- Brevo, 2025. *Brevo Campaigns*. [online] Available at: <https://app.brevo.com/campaigns/listing> [Accessed 2 Aug. 2025].
- CISL, 2023. What is sustainable marketing?. *Cambridge Institute for Sustainable Leadership (CISL)*. [online] 27 July. Available at: <https://www.cisl.cam.ac.uk/resources/blog/whatsustainable-marketing> [Accessed 2 Aug. 2025].
- Digital Marketing Institute, 2025. AI in Digital Marketing – The ultimate guide. [online] 14 April. Available at: <https://digitalmarketinginstitute.com/blog/ai-in-digital-marketing-the-ultimate-guide> [Accessed 2 Aug. 2025].
- Feng, C.M., Botha, E. and Pitt, L., 2024. From HAL to GenAI: Optimize chatbot impacts with CARE. *Business Horizons*, 67(2). <https://doi.org/10.1016/j.bushor.2024.04.012>
- Ferraro, C., Demsar, V., Sands, S., Restrepo, M. and Campbell, C., 2024. The paradoxes of generative AI-enabled customer service: A guide for managers. *Business Horizons*, 67(5), pp.549–559. <https://doi.org/10.1016/j.bushor.2024.04.013>

- Feuerriegel, S., Hartmann, J., Janiesch, C. and Zschech, P., 2023. Generative AI. *Business & Information Systems Engineering*, 66, pp.111–126. <https://doi.org/10.1007/s12599-023-00834-7>
- Gupta, R., Nair, K., Mishra, M., Ibrahim, B. and Bhardwaj, S., 2024. Adoption and impacts of generative artificial intelligence: Theoretical underpinnings and research agenda. *International Journal of Information Management Data Insights*, 4(1), 100232. <https://doi.org/10.1016/j.jjime.2024.100232>
- Joshi, K., 2024. Mengapa model difusi adalah hal besar berikutnya dalam pembelajaran mesin. *Emeritus*. [online] 31 May. Available at: <https://emeritus.org/blog/what-are-diffusion-models/> [Accessed 29 May 2025].
- Kadin Indonesia, 2025. *Data dan Statistik: UMKM Indonesia*. [online] Available at: <https://kadin.id/data-dan-statistik/umkm-indonesia/> [Accessed 20 July 2025].
- Kemendag RI, 2024. *Perdagangan digital (e-commerce) Indonesia periode 2023*. Jakarta: Pusat Data dan Sistem Informasi (PDSI) – Sekretariat Jenderal Kementerian Perdagangan.
- Kemenko Perekonomian RI, 2025. Pemerintah dorong UMKM naik kelas, tingkatkan kontribusi terhadap ekspor Indonesia. [online] 30 January. Available at: <https://www.ekon.go.id/publikasi/detail/6152/pemerintah-dorong-umkm-naik-kelas-tingkatkan-kontribusi-terhadap-ekspor-indonesia>
- Kemenkeu RI, 2023. UMKM goes digital. [online] 11 May. Available at: <https://djpb.kemenkeu.go.id/kanwil/ntt/id/data-publikasi/artikel/2886-umkm-goes-digital.html>
- Komdigi RI, 2024. Satu dekade, transformasi digital UMKM dorong pertumbuhan ekonomi nasional. [online] 17 September. Available

at: <https://www.komdigi.go.id/berita/pengumuman/detail/satu-dekade-transformasi-digital-umkm-dorong-pertumbuhan-ekonomi-nasional>

Kumar Sharma, A. and Sharma, R., 2023. The role of generative pre-trained transformers (GPTs) in revolutionizing digital marketing: A conceptual model. *Journal of Cultural Marketing Strategy*, 8(1), pp.80–92. <https://ideas.repec.org/a/aza/jcms00/y2023v8i1p80-92.html>

Lai, Y., 2023. The impact of AI-driven narrative generation, exemplified by ChatGPT, on the preservation of human creative originality and uniqueness. *Lecture Notes in Education Psychology and Public Media*, 26, pp.121–124.

Le Dinh, T., Vu, M.C. and Tran, G.T.C., 2025. Artificial intelligence in SMEs: Enhancing business functions through technologies and applications. *Information*, 16(5), 415. <https://doi.org/10.3390/info16050415>

Marković, D., 2024. Current options and limits of digital technologies and artificial intelligence in social work. *SHS Web of Conferences*, 184, 05003. <https://doi.org/10.1051/shsconf/202418405003>

Martín-Cervantes, P.A., Ziarati, P., de Frutos Madrazo, P. and Gigauri, I., 2025. Digital marketing as a driver of change towards the circular economy. *Sustainability*, 17(11), 5105. <https://doi.org/10.3390/su17115105>

Michel-Villarreal, R., Vilalta-Perdomo, E., Salinas-Navarro, D.E., Thierry-Aguilera, R. and Gerardou, F.S., 2023. Challenges and opportunities of generative AI for higher education as explained by ChatGPT. *Education Sciences*, 13(9), 856. <https://doi.org/10.3390/educsci13090856>

- Pictory, 2025. *Storyboard – Script to Video*. [online] Available at: <https://app.pictory.ai/storyboard/scripttovideo>
- Republik Indonesia, 2008. *Undang-Undang Nomor 20 Tahun 2008 tentang Usaha Mikro, Kecil, dan Menengah (UMKM)*.
- Sánchez, E., Calderón, R. and Herrera, F., 2025. Artificial intelligence adoption in SMEs: Survey based on TOE–DOI framework, primary methodology and challenges. *Applied Sciences*, 15(12), 6465. <https://doi.org/10.3390/app15126465>
- Sharma, S., 2024. Benefits or concerns of AI: A multistakeholder responsibility. *Futures*, 157, 103328. <https://doi.org/10.1016/j.futures.2024.103328>
- Stuchlik, J., 1958. Contribution to the study of neologism. III. Glossolalia & glossographia. *Ceskoslovenská Psychiatr.*, 54, pp.94–101.
- Tamanna, T., 2021. Roles of brand image and effectiveness on smartphone usage over digital marketing. In: *Proceedings of the International Conference on Information and Communication Technology for Sustainable Development (ICICT4SD) 2021*, Dhaka - Bangladesh, pp.87–90.
- Verma, S., Sharma, R., Deb, S. and Maitra, D., 2021. Artificial intelligence in marketing: Systematic review and future research direction. *International Journal of Information Management Data Insights*, 1(1), 100002. <https://doi.org/10.1016/j.ijime.2020.100002>
- World Bank, 2024. *Small and medium enterprises (SMEs) finance: Improving SMEs’ access to finance and finding innovative solutions to unlock sources of capital*. [online] 16 October. Available at: <https://www.worldbank.org/en/topic/sme/finance>

Adaptive Medical Image Quality Assessment **untuk Solusi *Telemedicine* Indonesia**

Irwan Prasetya Gunawan

Pendahuluan

Indonesia menghadapi tantangan disparitas pelayanan kesehatan yang kompleks dan multidimensi sebagai konsekuensi uniknya kondisi geografis, sosial ekonomi, dan struktural yang dimilikinya. Dengan jumlah pulau melebihi 17 ribu yang tersebar di wilayah geografis yang sangat luas, penyediaan pelayanan kesehatan yang adil bagi seluruh masyarakat merupakan tantangan alamiah yang harus dihadapi (Global Burden of Disease Study 2019 Indonesia Collaborators, dalam Septiono, 2023). Tantangan ini menjadi semakin kompleks dengan beragamnya etnis sebanyak lebih dari 1300 suku yang memiliki bahasa daerah masing-masing agar bisa mendapatkan akses kesehatan yang setara tersebut.

Kondisi disparitas ini terlihat lebih mengkhawatirkan jika kita membandingkan data antar provinsi. Sebuah studi secara analitik sistematis yang merupakan hasil kolaborasi antara jaringan peneliti dan pembuat kebijakan dari lembaga pemerintah dan institusi akademik di Indonesia, termasuk Kementerian Perencanaan Pembangunan, Kementerian Kesehatan, dan Badan Pusat Statistik yang dilaporkan oleh Septiono (2013) menunjukkan adanya perbedaan harapan hidup yang sangat lebar, dengan kesenjangan sebesar 10,2 tahun yaitu antara 75,4 tahun di Bali dengan 65,2 tahun di Papua. Perbedaan yang lebih ekstrim malahan ditunjukkan oleh data harapan hidup perempuan, yaitu dengan disparitas sebesar 13,7 tahun antara Kalimantan Utara (77,7 tahun) dan Maluku Utara (64,0 tahun).

Dimensi Kesenjangan

Disparitas kesehatan di Indonesia bermanifestasi dalam berbagai dimensi yang saling berkaitan. Kesenjangan ini tidak hanya terlihat dari perbedaan geografis antara daerah urban dan rural, tetapi juga mencakup ketimpangan berdasarkan status sosial-ekonomi dan jenis layanan kesehatan yang dibutuhkan masyarakat.

Pada dimensi geografis, disparitas akses layanan kesehatan ditunjukkan antara daerah urban dan rural di Indonesia. Sebuah studi ekstensif dengan melibatkan sampel representatif nasional serta lintas-bagian (Laksono, Soedirham & Wulandari, 2022) menunjukkan bahwa seseorang yang tinggal di daerah urban memiliki peluang 1,493 kali lebih tinggi untuk menggunakan layanan *outpatient* rumah sakit dibandingkan dengan mereka yang tinggal di daerah rural, dan 1,075 kali lebih tinggi untuk layanan *inpatient*. Sementara untuk kombinasi layanan *outpatient* dan *inpatient*, kesenjangannya mencapai 1,208 kali lebih tinggi. Hasil studi ini mungkin mencerminkan kondisi faktual di Indonesia, terutama di daerah berpenduduk jarang seperti Papua, yang memiliki sedikit rumah sakit sehingga masyarakat harus menempuh puluhan kilometer untuk mengakses fasilitas kesehatan ini. Kondisi ini bahkan lebih buruk lagi untuk daerah-daerah yang sulit seperti perbukitan dan pegunungan.

Mirip dengan kesenjangan geografis, pola disparitas ini juga ditunjukkan oleh utilisasi rumah sakit, dengan daerah Papua secara konsisten menjadi daerah dengan akses kesehatan terendah di Indonesia. Data *Indonesian Basic Health Survey* 2018 mengungkapkan bahwa responden di Sumatra, Jawa-Bali, dan Nusa Tenggara secara berturut-turut memiliki peluang lebih tinggi sebesar 1,079, 1,075, dan 1,106 kali dibandingkan dengan responden di Papua (Laksono, , Rohmah, Rukmini & Wulandari, 2023).

Disparitas dalam akses layanan kesehatan juga terlihat pada bidang sosial-ekonomi. Hal ini ditunjukkan oleh hasil studi Indonesia *Family Life Survey* (IFLS), yang merupakan studi lintas bidang yang

melibatkan 42.083 partisipan dewasa dari 13 provinsi yang mewakili 83% populasi Indonesia menggunakan *Relative Index of Inequality* (RII) sebagai ukuran besaran ketimpangan (Kunst, Kringos & Mulyanto, 2019). Hasil analisis menunjukkan ketimpangan yang bervariasi berdasarkan jenis layanan: ketimpangan pendidikan yang kecil ditemukan untuk *primary care utilization* (RII 1,13), namun ketimpangan yang lebih besar teridentifikasi untuk *outpatient secondary care* (RII 10,35) dan *inpatient care* (RII 2,78) (Kringos, Kunst & Mulyanto, 2019).

Yang tidak kalah mengkhawatirkan adalah adanya ketimpangan besar pada layanan *preventive care*, khususnya untuk pengecekan gula darah (RII 30,31) dan ECG (*electrocardiography*) (RII 30,90). Ketimpangan ini sebagian besar disebabkan oleh batasan geografis, yaitu lokasi fasilitas *secondary care* dan spesialis yang berada di daerah urban sehingga menimbulkan biaya tak-langsung yang cukup besar bagi masyarakat kurang mampu berupa biaya perjalanan dan *opportunity cost* untuk mengakses fasilitas, meskipun mereka mendapatkan tanggungan biaya medis melalui program asuransi kesehatan nasional (Kringos, Kunst & Mulyanto, 2019).

Tantangan Struktural dan Sistemik

Akar permasalahan disparitas kesehatan di Indonesia terletak pada tantangan struktural dan sistemik yang mendalam. Mulai dari distribusi tenaga kesehatan yang tidak merata, keterbatasan infrastruktur teknologi informasi, hingga implementasi program jaminan kesehatan universal yang belum optimal, semuanya berkontribusi pada melebarnya kesenjangan yang ada.

Distribusi tenaga kesehatan spesialis di Indonesia menunjukkan ketimpangan yang ekstrem dan mencerminkan konsentrasi sumber daya yang tidak merata. Data menunjukkan bahwa 80% spesialis medis terpusat di koridor Jawa-Bali, sementara daerah lain, khususnya Indonesia bagian timur, mengalami kekurangan tenaga spesialis yang akut. Laporan *International Labour Organization* (ILO) tahun 2015

mengungkapkan bahwa 56% populasi rural global tidak memiliki akses terhadap layanan kesehatan penting, hampir tiga kali lipat dibandingkan populasi urban (22%). Sementara, hanya 23% tenaga kesehatan bertugas di sistem kesehatan rural meskipun hampir setengah populasi global tinggal di daerah tersebut.

Analisis disparitas sistem informasi kesehatan berdasarkan *Health Facilities Research* 2019 yang mencakup 9.831 *Community Health Centers* menunjukkan performa terbaik yang ditunjukkan oleh daerah Jawa-Bali dan diikuti oleh Sumatera; sebaliknya, Papua dan Papua Barat memiliki kurang dari 60% untuk semua jenis program penyimpanan data (Nugraheni, Putri & Sanjaya, 2023). Ketersediaan fasilitas kesehatan terburuk berada di provinsi dengan hasil kesehatan yang buruk, menciptakan tantangan yang berat bagi sumber daya pemerintah yang terbatas untuk mempersempit disparitas besar antar provinsi.

Meskipun implementasi *Universal Health Coverage* melalui Badan Penyelenggara Jaminan Sosial Kesehatan (BPJS) sejak 2014 telah mencakup lebih dari 75% populasi Indonesia, disparitas dalam akses dan kualitas layanan kesehatan masih tetap bertahan. Terlepas dari adanya indikasi perkembangan pada status kesehatan keseluruhan, disparitas antara provinsi dengan performa tertinggi dan terendah justru semakin lebar sejak 1990, dengan distribusi sumber daya yang tidak merata dan tingkat utilisasi fasilitas kesehatan yang rendah. Sementara fasilitas kesehatan publik telah berubah dari *pro-rich* menjadi *pro-poor*, fasilitas kesehatan privat masih memberikan keuntungan bagi masyarakat berpenghasilan tinggi yang sebagian besar terfokus di daerah urban (Johar *et al.*, 2018).

Digital divide dalam sistem informasi kesehatan Indonesia mencerminkan disparitas geografis yang lebih luas dan memperparah tantangan dalam penyediaan layanan kesehatan yang merata. Meskipun sudah ada format perekaman dan pelaporan untuk pusat kesehatan dalam sistem informasi standar, berbagai aplikasi kesehatan masih perlu memenuhi kebutuhan setiap program.

Kemampuan entri data di pusat kesehatan masyarakat bervariasi tergantung pada jumlah karyawan, kemampuan sumber daya manusia, perangkat elektronik, dan dukungan organisasi seperti jaringan Internet yang tersedia. Namun pada akhirnya, kondisi yang menyebabkan disparitas antar wilayah dan provinsi pada akhirnya mempengaruhi sistem informasi kesehatan.

Meskipun dalam kurun waktu dekade terakhir (2010-2021) populasi orang lanjut usia di Indonesia mengalami peningkatan sebesar 10,82% pada tahun 2021, minat para lansia untuk mencari pengobatan di fasilitas kesehatan justru menurun. Analisis komprehensif untuk layanan *telemedicine geriatric* di Kota Padang, Sumatera Barat, menggunakan pendekatan *Human-Organization-Technology Fit* dan *Sociotechnical System* mengidentifikasi sepuluh dimensi kunci untuk layanan *telemedicine* geriatrik yang mencakup aspek teknologi, infrastruktur, alur kerja, dan keuangan (Syahlani *et al.*, 2024).

Kompleksitas dan persistensi masalah disparitas kesehatan di Indonesia menuntut pendekatan solusi yang inovatif dan komprehensif. Era digital saat ini menawarkan peluang besar untuk memanfaatkan berbagai macam teknologi seperti *computer vision* dan *artificial intelligence* (AI) sebagai instrumen strategis dalam menjembatani kesenjangan layanan kesehatan antar wilayah.

Kondisi disparitas yang kompleks dan multidimensi ini menunjukkan kebutuhan mendesak untuk solusi inovatif yang dapat mengatasi tantangan berganda secara simultan. Proses pengembangan kemampuan untuk memantau kesenjangan kesehatan di Indonesia telah dilakukan selama 20 bulan. Proses ini menghasilkan berbagai produk, termasuk laporan nasional tentang kesenjangan kesehatan dan beberapa publikasi. Namun, masih diperlukan sistem pemantauan yang lebih canggih untuk mengolah data yang lebih terperinci dari berbagai kelompok masyarakat (Hosseinpoor, Nambiar & Schlottheuber, 2018). Indonesia menghadapi masalah ganda penyakit menular dan tidak menular yang bervariasi antar provinsi.

Kesenjangan kesehatan antara provinsi terbaik dan terburuk terus melebar sejak 1990.

Era kontemporer ditandai dengan banyaknya informasi visual dalam dunia digital. Hal ini membuka peluang untuk menggunakan teknologi penglihatan komputer dan kecerdasan buatan sebagai cara strategis mengatasi kesenjangan layanan kesehatan di Indonesia. Berbagai masalah penting saling berkaitan dan menunjukkan bahwa solusi teknologi terpadu sangat dibutuhkan. Masalah-masalah seperti kesenjangan geografis dengan perbedaan harapan hidup 10,2 tahun antar daerah, 80% dokter spesialis yang terpusat di Jawa-Bali, kesenjangan sosial ekonomi yang sangat tinggi dalam layanan kesehatan pencegahan, kesenjangan digital dengan kemampuan teknologi di bawah 60% di Papua dan Papua Barat, serta jumlah lansia yang terus bertambah, menunjukkan bahwa *telemedicine* yang didukung teknologi-teknologi terkini dalam bidang *computer vision/AI* menjadi kebutuhan mendesak yang tidak bisa ditunda lagi.

***Telemedicine* sebagai Solusi Strategis**

Telemedicine pada masa kini berkembang sebagai salah satu solusi strategis dan inovatif untuk mengurangi disparitas geografis dalam akses layanan kesehatan. Perjalanan perkembangannya menunjukkan lintasan sejarah yang panjang, seiring evolusi teknologi komunikasi yang terus bertransformasi. Sejak masa awal peradaban, manusia telah berusaha saling berbagi informasi terkait kesehatan, misalnya melalui hieroglif atau gulungan kuno yang mencatat peristiwa wabah dan epidemi. Beberapa komunitas juga memanfaatkan sinyal asap sebagai sarana peringatan dini bagi pemukiman terdekat terhadap potensi penyebaran penyakit (Gajarawala & Pelkowski, 2021). Memasuki abad ke-19, penemuan telepon dan mesin tik mengubah pola komunikasi antara pasien dan tenaga medis, sementara telegraf dimanfaatkan untuk menyampaikan informasi mengenai korban dan mengkoordinasikan bantuan medis, sebagaimana tercatat pada masa Perang Saudara di Amerika Serikat.

Perkembangan *telemedicine* modern mulai terlihat pada dekade 1950-an, didorong oleh kemunculan teknologi televisi. Pada 1959, Nebraska Psychiatric Institute mulai memanfaatkan teknologi *video conferencing* untuk layanan *telepsychiatry* (Gajarawala & Pelkowski, 2021). National Aeronautics and Space Administration (NASA) juga berperan signifikan dalam memajukan konsep *telemedicine* modern. Salah satu penerapan awal di Amerika Serikat dilakukan oleh NASA pada awal 1960-an untuk memantau kondisi kesehatan astronot selama penerbangan melalui dukungan tim medis dalam misi *Project Mercury* (Kichloo *et al.*, 2020). Dalam praktiknya, NASA menunjuk seorang *medical monitor* yang bertanggung jawab mendalami riwayat kesehatan astronot sekaligus meneliti dampak lingkungan luar angkasa terhadap tubuh manusia. Oleh karena itu, perkembangan *telemedicine* modern tidak dapat dilepaskan dari kemajuan teknologi komunikasi dan riset antariksa yang mendorong transformasi layanan kesehatan hingga saat ini.

World Health Organization (WHO) mendefinisikan *telemedicine* sebagai pemberian layanan kesehatan jarak jauh oleh tenaga profesional melalui pemanfaatan teknologi informasi dan komunikasi (Alabdulkarim *et al.*, 2023). Definisi yang lebih luas mendeskripsikan *telemedicine* sebagai pemberian layanan medis maupun layanan kesehatan secara umum dari jarak jauh, yang meliputi pemantauan, diagnosis, konsultasi, diskusi kasus, pengajaran, hingga prosedur bedah jarak jauh (Liu *et al.*, 2022). Selain itu, *telemedicine* juga mencakup pemberian layanan klinis secara *real-time* maupun *asynchronous* antara pasien dan dokter, atau antar sesama dokter, ketika kedua pihak berada di lokasi yang berbeda dengan memanfaatkan berbagai bentuk teknologi informasi dan komunikasi (Reed *et al.*, 2022).

Dalam skala global, perkembangan *telemedicine* telah mengalami akselerasi yang signifikan dalam beberapa dekade terakhir. Mahar *et al.* (2018) mencatat bahwa pada 2016 sekitar 61% institusi kesehatan di Amerika Serikat dan 40% hingga 50% rumah sakit telah menerapkan layanan *telemedicine*. Antara 2012 hingga 2013, pasar

telemedicine tercatat mengalami pertumbuhan sebesar 60%, dengan estimasi sekitar 7 juta pasien di Amerika Serikat memanfaatkan layanan ini dalam satu tahun. Analisis bibliometrik yang dilakukan Li *et al.* (2024) terhadap literatur *telemedicine* dari 2001 hingga 2022 juga menunjukkan peningkatan signifikan publikasi akademik di bidang ini dalam satu dekade terakhir, dengan mayoritas penelitian dilakukan oleh institusi di negara-negara berpendapatan tinggi.

Kemajuan teknologi menjadi salah satu pendorong utama adopsi *telemedicine* dengan berbagai modalitas yang semakin canggih. Saat ini, *telemedicine* mencakup beragam aplikasi spesialis, di antaranya *teleradiology* untuk interpretasi citra medis jarak jauh, *teleelectrocardiography* untuk pemantauan kondisi jantung, *teleultrasonography* untuk pemeriksaan *ultrasound* jarak jauh, serta *teleconsultation* klinis untuk konsultasi interaktif antara pasien dan tenaga medis (Alabdulkarim *et al.*, 2023). Penerapan *electronic intensive care units (e-ICUs)* juga telah meningkatkan kapasitas pemantauan pasien secara simultan, sehingga pada kondisi dengan lonjakan pasien rawat inap, sistem *e-ICU* dapat membantu dokter dalam mengelola beban kerja secara lebih efisien (Kichloo *et al.*, 2020).

Perkembangan *Telemedicine* di Indonesia

Perkembangan *telemedicine* di Indonesia menunjukkan kemajuan yang signifikan dan mencerminkan komitmen pemerintah untuk mengatasi tantangan disparitas geografis. Pemerintah Indonesia telah mengenali potensi *telemedicine* sejak awal, ditandai dengan peluncuran platform nasional bernama *Temenin* oleh Kementerian Kesehatan pada 2017. *Temenin* berfungsi sebagai platform *telemedicine* nasional dengan berbagai fitur komprehensif, seperti *teleradiology* untuk interpretasi citra medis jarak jauh, *tele-EKG* untuk pemantauan kondisi jantung, *tele-USG* untuk pemeriksaan *ultrasonography* jarak jauh, serta *teleconsultation* untuk konsultasi interaktif. Selain itu, platform ini didukung kolaborasi strategis dengan sekitar 200 rumah sakit dan pusat kesehatan masyarakat (*Puskesmas*) di seluruh Indonesia (Ivanocalzha *et al.*, 2023).

Kerangka regulasi *telemedicine* di Indonesia mulai dibangun dengan diterbitkannya Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 20 Tahun 2019 tentang Penyelenggaraan Pelayanan *Telemedicine* antar Fasilitas Pelayanan Kesehatan (Sukoco *et al.*, 2020). Kebijakan ini dihadirkan sebagai upaya untuk menjamin hak masyarakat dalam memperoleh akses layanan kesehatan jarak jauh, terutama bagi pasien kasus non-darurat yang menghadapi keterbatasan akses ke rumah sakit rujukan, khususnya di wilayah terpencil.

Selain inisiatif pemerintah, sektor swasta juga memainkan peran penting dalam membangun ekosistem *telemedicine* yang dinamis di Indonesia. Salah satu contohnya adalah *HaloDoc*, aplikasi *telemedicine* yang mengalami pertumbuhan pesat, khususnya pada masa pandemi. *HaloDoc* yang diluncurkan pada 2016 di Jakarta oleh Jonathan Sudharta, berkembang menjadi salah satu platform kesehatan terkemuka di Indonesia. Hingga 2018, total pendanaan yang diperoleh mencapai sekitar USD 13 juta atau setara Rp170 miliar, dengan dukungan investor seperti Gojek, Blibli, Clermont, dan NSI Ventures (Ivanocalzha *et al.*, 2023). Saat ini, layanan *telemedicine* di Indonesia tersedia melalui situs web maupun aplikasi mobile, dengan sedikitnya 17 platform yang telah bermitra dengan Kementerian Kesehatan, membentuk ekosistem layanan kesehatan digital yang terintegrasi.

Pandemi COVID-19 menjadi *unprecedented catalyst* bagi percepatan adopsi *telemedicine* secara global, termasuk di Indonesia. Sebelum pandemi, pemanfaatan *telemedicine* di Indonesia terbilang terbatas dan belum sepenuhnya menjadi praktik umum. Namun, pada masa pandemi, pelonggaran regulasi dan peningkatan paritas pembayaran mendorong lonjakan penggunaan layanan *telemedicine* yang bersifat *exponential* (Reed *et al.*, 2022). Di Indonesia, pergeseran dari konsultasi tatap muka ke layanan daring memicu peningkatan penggunaan aplikasi *telemedicine* hingga 600%, termasuk aplikasi yang dikembangkan oleh *start-up* kesehatan digital maupun rumah sakit. Hingga 6 April 2020, tercatat sekitar 15 juta orang mengakses

aplikasi *telemedicine* untuk memperoleh informasi terkait *coronavirus*, menggambarkan tingkat adopsi yang luar biasa dalam waktu singkat (Handayani *et al.*, 2022).

Sebagai respons terhadap situasi tersebut, pemerintah Indonesia menerbitkan berbagai regulasi untuk mendukung penerapan *telemedicine* secara lebih luas. Salah satunya adalah Keputusan Menteri Kesehatan Nomor HK.01.07/Menkes/4829/2021 tentang Pedoman Pelayanan Kesehatan melalui *Telemedicine* selama Pandemi Coronavirus Disease 2019 (Rahayu *et al.*, 2024). Kebijakan ini melengkapi regulasi sebelumnya yang dikeluarkan pada 2020, yang memberikan kewenangan bagi dokter untuk melaksanakan praktik *telemedicine* di rumah sakit tempat mereka bertugas selama masa pandemi.

Selain kebijakan dan infrastruktur, perilaku pengguna juga menjadi faktor penting dalam kesuksesan adopsi *telemedicine*. Penelitian Handayani *et al.* (2022) terhadap 534 responden di Indonesia berusia 17 tahun ke atas yang mengenal atau pernah menggunakan aplikasi *teleconsultation* rumah sakit menunjukkan bahwa dimensi perilaku dan teknologi berpengaruh signifikan terhadap intensi perilaku untuk memanfaatkan layanan *telemedicine*. Faktor-faktor seperti *contamination avoidance*, keselamatan, keandalan, profesionalisme, *perceived ease of use*, *perceived usefulness*, serta kualitas informasi terbukti memiliki dampak positif terhadap niat menggunakan aplikasi *telemedicine* rumah sakit.

Manfaat, Tantangan, dan Sustainability Telemedicine

Telemedicine memberikan berbagai manfaat komprehensif yang terbukti secara empiris dapat meningkatkan akses pasien terhadap layanan medis sekaligus menurunkan beban biaya kesehatan. Ketika menggunakan *telemedicine* sebagai alternatif konsultasi tatap muka, pasien umumnya mengalami pengurangan waktu tunggu, eliminasi atau penurunan kebutuhan perjalanan, penghematan biaya transportasi, serta efisiensi dalam pemanfaatan fasilitas kesehatan

(Alabdulkarim *et al.*, 2023). Selain itu, *telemedicine* memungkinkan penyedia layanan kesehatan untuk menjangkau populasi yang tinggal di komunitas terisolasi, termasuk individu dengan keterbatasan fisik atau perkembangan, lansia, pasien di lembaga pemasyarakatan, hingga kelompok masyarakat yang tinggal di daerah terpencil secara geografis maupun budaya.

Namun demikian, situasi pasca-pandemi menimbulkan tantangan keberlangsungan *telemedicine* yang tidak dapat diabaikan. Kristianti *et al.* (2024) mencatat bahwa penggunaan *telemedicine* di Indonesia meningkat hingga 600% selama pandemi COVID-19 pada 2020. Akan tetapi, pasca-pandemi, tingkat pemanfaatannya menurun drastis, dengan hanya sekitar 5% pengguna yang tetap menggunakan layanan ini. Penurunan ini sebagian disebabkan oleh berkurangnya perhatian masyarakat terhadap layanan daring, sehingga banyak orang kembali memilih kunjungan langsung ke fasilitas kesehatan.

Meskipun *telemedicine* diakui sebagai salah satu solusi yang menjanjikan untuk mengurangi kesenjangan layanan kesehatan, implementasinya masih menghadapi tantangan signifikan terkait kualitas yang dapat memengaruhi akurasi diagnosis serta efektivitas pengobatan. Beberapa penelitian menunjukkan bahwa proporsi citra medis yang dikirim melalui platform *telemedicine* sering kali tidak memenuhi standar kualitas minimum untuk mendukung diagnosis yang tepat (Vodrahalli *et al.*, 2020; Jalaboi *et al.*, 2022). Degradasi kualitas gambar berisiko menurunkan akurasi diagnosis hingga 35%, sementara sebagian besar konsultasi daring—hingga 60%—sering kali memerlukan pengiriman ulang citra akibat kualitas transmisi yang tidak memadai (Vodrahalli *et al.*, 2020). Lathan *et al.* (2022) juga mencatat bahwa sensitivitas diagnosis luka pasca operasi melalui gambar jarak jauh hanya sekitar 64%, lebih rendah dibandingkan pemeriksaan tatap muka yang dapat mencapai 88%. Selain itu, variasi kecepatan bandwidth di berbagai wilayah, yang berkisar antara 25 hingga 2000 kbps, turut mempersulit transmisi citra medis beresolusi tinggi yang sangat diperlukan dalam konteks klinis (Lee *et al.*, 2003). Temuan-temuan ini menunjukkan bahwa tantangan teknis masih

menjadi hambatan penting yang perlu diatasi agar *telemedicine* dapat berfungsi secara optimal dan berkelanjutan.

Anandari *et al.* (2024) mengidentifikasi sejumlah faktor pendukung *telemedicine* di Indonesia, seperti peningkatan akses, kenyamanan layanan, peningkatan derajat kesehatan masyarakat, serta optimalisasi perawatan melalui teknologi *mobile*. Meski demikian, berbagai hambatan masih dihadapi, antara lain distribusi layanan kesehatan dan tenaga medis yang belum merata, literasi digital yang rendah, kualitas jaringan yang tidak stabil, serta tantangan terkait perlindungan privasi dan keamanan data pasien. Keterbatasan dalam melakukan pemeriksaan secara fisik juga membatasi ruang lingkup diagnosis dan pengobatan jarak jauh.

Selain isu kualitas, aspek kepercayaan dan persepsi pengguna menjadi faktor penting. Rahayu *et al.* (2024) mencatat bahwa mayoritas pengguna *telemedicine* (61%) mengkhawatirkan risiko *misdiagnosis*, sedangkan 52,9% lainnya menyuarakan kekhawatiran terkait keamanan dan kerahasiaan data pasien. Survei yang dilakukan di Indonesia pada September 2023 juga menunjukkan bahwa 23% responden memandang tarif layanan yang relatif tinggi sebagai salah satu kelemahan utama, menandakan bahwa *affordability* masih menjadi perhatian krusial.

Guna menjawab tantangan kompleks tersebut, diperlukan penelitian lanjutan mengenai persepsi masyarakat terhadap *telemedicine*, pengembangan teknologi yang semakin canggih, serta inovasi untuk menyediakan sumber daya listrik dan koneksi internet berbiaya rendah guna mendukung akses layanan kesehatan digital. Di samping itu, rekomendasi kebijakan konseptual perlu dikembangkan melalui analisis situasi yang matang dan melibatkan kerja sama lintas pemangku kepentingan, termasuk Kementerian Kesehatan Indonesia, Kementerian Komunikasi dan Informatika, Badan Pengawas Obat dan Makanan, serta asosiasi kesehatan terkait, guna membangun ekosistem *telemedicine* yang berkelanjutan dan efektif.

Komunikasi Visual dalam *Telemedicine*

Dalam praktik *telemedicine*, komunikasi visual melalui citra dan video medis merupakan komponen krusial yang berpengaruh langsung terhadap keberhasilan diagnosis maupun penatalaksanaan pasien. *Cisco Visual Networking Index* (VNI) memproyeksikan bahwa lalu lintas IP global akan mencapai 4,8 zettabyte per tahun, dengan proporsi lalu lintas video IP diperkirakan meningkat hingga 82% dari total lalu lintas internet (Webster, 2017). Proyeksi ini menunjukkan betapa besarnya intensitas pertukaran data visual dalam aktivitas komunikasi digital, termasuk pada aplikasi di bidang kesehatan.

Kualitas gambar dalam layanan *telemedicine* sangat menentukan akurasi diagnosis jarak jauh. Boissin *et al.* (2016) melalui penilaian kualitatif terhadap pakar medis pada praktik *image-based teleconsultation* berbasis *smartphone* dan *tablet* menemukan bahwa mutu citra menjadi faktor penentu utama dalam keberhasilan diagnosis. Sejalan dengan temuan tersebut, Poleshchenko *et al.* (2023) menekankan pentingnya standarisasi kualitas citra pada praktik *diagnostic radiology* guna menjamin ketepatan diagnosis.

Di sisi teknologi, sistem *computer vision* dapat mendukung tenaga kesehatan dengan menganalisis citra medis melalui algoritma yang mampu mendeteksi pola secara lebih presisi dibandingkan observasi konvensional. *Computer vision* sendiri merupakan bidang interdisipliner yang memadukan prinsip matematika, ilmu komputer, dan rekayasa untuk mengembangkan sistem yang dapat memahami serta menginterpretasikan informasi visual (Szeliski, 2010).

Pada implementasinya, teknologi *computer vision* bekerja dengan meniru mekanisme kompleks sistem visual biologis, melalui tahapan akuisisi citra, *preprocessing*, ekstraksi fitur, interpretasi tingkat tinggi, hingga pengambilan keputusan. Ketersediaan *framework open-source* seperti TensorFlow, PyTorch, dan OpenCV turut mendemokratisasi pengembangan aplikasi *computer vision*,

sehingga semakin mempermudah penerapannya pada layanan *telemedicine*.

Meskipun demikian, tantangan mendasar dalam komunikasi visual *telemedicine* adalah memastikan bahwa citra medis yang ditransmisikan memiliki kualitas yang memadai untuk mendukung diagnosis yang akurat. Faktor-faktor seperti pencahayaan yang tidak ideal, keterbatasan bandwidth, perbedaan kemampuan perangkat, serta gangguan (*noise*) selama transmisi dapat menurunkan mutu citra secara signifikan. Oleh karena itu, dibutuhkan penerapan teknologi *image enhancement* atau peningkatan citra yang andal guna menjamin kualitas visual optimal dalam praktik *telemedicine*.

Image Enhancement

Konsep Dasar dan Metode Tradisional *Image Enhancement*

Image enhancement atau peningkatan gambar merupakan proses fundamental dalam pengolahan citra yang bertujuan untuk meningkatkan kualitas visual gambar sesuai dengan kebutuhan spesifik, dengan evolusi yang luar biasa dari pendekatan matematika klasik di era 60-an hingga sistem kecerdasan buatan (*artificial intelligence*) yang canggih saat ini. Dalam konteks *telemedicine*, *image enhancement* menjadi sangat penting karena kualitas gambar secara langsung mempengaruhi akurasi diagnosis dan efektivitas layanan medis jarak jauh. Pemrosesan citra didefinisikan sebagai proses pengolahan dan analisis digital terhadap representasi visual untuk ekstraksi informasi yang bernilai bagi sistem persepsi manusia (Gonzalez & Woods, 2018), yang memfasilitasi manipulasi, perbaikan, analisis, dan interpretasi gambar untuk pencapaian tujuan spesifik.

Algoritma *image enhancement* tradisional telah menjadi standar dalam pengolahan citra medis selama beberapa dekade, dengan berbagai teknik yang telah terbukti secara empiris mampu meningkatkan kualitas visual sebagaimana dilihat oleh mata manusia (*human visual system*, HVS). Sebagai contoh, *histogram equalization* (Gonzalez & Woods, 2018) merupakan salah satu teknik dasar yang

paling banyak digunakan untuk meningkatkan kualitas gambar yang memiliki masalah kontras rendah, seperti citra medis yang diambil dalam kondisi pencahayaan yang kurang optimal. *Histogram equalization* bekerja dengan memperbaiki kontras gambar melalui pendistribusian ulang intensitas piksel gambar untuk mencapai distribusi histogram yang lebih merata. Secara matematis, *histogram equalization* dapat direpresentasikan sebagai transformasi fungsi:

$$s = T(r) = (L - 1) \int_0^r p_r(w)dw$$

dengan s adalah intensitas output, r adalah intensitas input, L adalah jumlah semua tingkatan intensitas piksel yang mungkin, dan $p_r(w)$ merupakan *probability density function* dari gambar input (Patel et al., 2013). Patel et al. (2013) melakukan studi komparatif komprehensif yang menunjukkan bahwa teknik *histogram equalization* dapat secara signifikan meningkatkan kecerahan dan kontras gambar medis, meskipun dengan keterbatasan dalam retensi detail halus dan potensi munculnya artefak pada daerah gambar tertentu. Keterbatasan teknik *histogram equalization* yang bersifat global pada gambar ini dijawab dengan adanya teknik serupa yang bersifat lokal dan adaptif, seperti *Adaptive Histogram Equalization* (AHE) dan *Contrast Limited Adaptive Histogram Equalization* (CLAHE) yang menggunakan *clipping limit* untuk mencegah amplifikasi berlebihan pada *noise* dalam wilayah seragam (Zuiderveld, 1994).

Metode peningkatan gambar lainnya meliputi penggunaan berbagai macam *filter*. Di bidang *computer vision* dan pengolahan citra, *filter* merujuk pada kernel operasi konvolusi dua dimensi pada gambar. Operasi konvolusi antara gambar dengan kernel filter memiliki sifat operasi matematis yang mirip dengan mencari korelasi antara bagian kecil gambar (*patch*) dengan kernel filter dan menghasilkan keluaran berupa nilai piksel gambar yang merupakan kombinasi linear nilai-nilai piksel gambar *input* menggunakan nilai kernel filter sebagai koefisiennya.

Teknik *filtering* konvensional mencakup berbagai pendekatan yang canggih untuk pengurangan *noise* dan *enhancement*. *Gaussian filter*, dengan kernel yang didefinisikan secara matematis sebagai $G(x,y) = (1/2\pi\sigma^2)e^{-(x^2+y^2)/2\sigma^2}$, efektif untuk mengurangi *noise* frekuensi tinggi sambil tetap mempertahankan informasi *edge* atau tepian objek yang penting untuk diagnosis medis. *Median filter*, yang menggantikan setiap piksel dengan nilai *median* dari piksel-piksel tetangga, sangat efektif untuk menghilangkan *impulse noise* atau *salt-and-pepper noise* yang sering terjadi dalam sistem pencitraan medis. Kedua jenis filter ini meskipun cukup efektif dalam mengurangi *noise* pada gambar, sering kali berdampak negatif pada intensitas tepian objek, mengakibatkan penurunan ketajaman gambar. Ini terjadi karena pada dasarnya kedua filter ini bekerja dengan cara ‘memperhalus’ bagian gambar yang terkontaminasi *noise*, namun sayangnya ini juga bisa jadi mengubah nilai intensitas piksel bagian gambar yang penting seperti tepian objek (*edge*).

Berbeda dengan teknik filter konvensional seperti Gaussian dan median filter, *bilateral filter* merepresentasikan kemajuan signifikan dalam operasi pemfilteran gambar sambil tetap mempertahankan tingkat ketajaman gambar (*edge-preserving smoothing*).

Konsep *bilateral filter* pertama kali diperkenalkan oleh Tomasi & Manduchi (1998), dan prinsipnya adalah penggabungan dua jenis Gaussian filter yang memiliki tugas berbeda; yang pertama bertanggung jawab untuk mengurangi *noise* secara spasial, sementara filter kedua melakukan tugasnya dengan memperhitungkan sifat keragaman nilai intensitas piksel yang berdekatan, untuk menghindari reduksi berlebihan terhadap intensitas piksel yang menjadi bagian gambar yang penting (seperti tepian objek). Operasi peningkatan gambar dengan menggunakan *bilateral filter* dinyatakan dalam sebuah persamaan yang memberikan nilai keluaran piksel hasil di lokasi x sebagai berikut:

$$I_{BF}(x) = \frac{1}{W_p} \sum_{x_i \in \Omega} I(x_i) \cdot f_s(|x_i - x|) \cdot f_r(|I(x_i) - I(x)|)$$

dengan faktor normalisasi yang bertujuan agar hasil penjumlahan di atas terkalibrasi:

$$W_p = \sum_{x_i \in \Omega} f_s(|x_i - x|) \cdot f_r(|I(x_i) - I(x)|)$$

dan:

- $I(x)$ adalah intensitas piksel pada posisi x .
- $I_{BF}(x)$ adalah intensitas piksel hasil *bilateral filtering* di posisi x .
- Ω adalah jendela filter di sekitar piksel pusat, misalnya dengan ukuran $(2k + 1) \times (2k + 1)$ piksel
- f_s adalah *spatial kernel* berupa fungsi Gaussian yang menggunakan parameter lokasi dan jarak piksel x_i dengan piksel pusat x .
- f_r adalah *range kernel* berupa fungsi Gaussian yang menimbang kesamaan nilai intensitas piksel.

Penggunaan *bilateral filter* memungkinkan proses *smoothing* yang selektif, yaitu mengurangi *noise* dalam wilayah seragam sambil tetap mempertahankan detail *edge* atau tepian objek penting yang kritis untuk interpretasi medis.

Selain *bilateral filter*, penggunaan kombinasi *filtering* ganda juga dapat memberikan peningkatan kualitas gambar yang cukup signifikan, khususnya pada gambar dengan tingkat *noise* tinggi yang

kerap muncul dalam praktik *telemedicine* dalam lingkungan yang memiliki keterbatasan bandwidth dan gangguan transmisi. Pendekatan *cascaded filtering*, yakni penerapan berurutan beberapa *filter*, memungkinkan penanganan berbagai bentuk degradasi secara simultan, asalkan urutan proses dan parameter *filtering* diatur secara optimal.

Selain itu, algoritma-algoritma lainnya untuk peningkatan citra, seperti *unsharp masking* dan *Laplacian filtering* (Gonzalez & Woods, 2018; Jalaly et al., 2020; Kostilek & St'astny, 2012; Marcel & Millan, 2007; McDonnell, 1981), juga telah terbukti efektif dalam meningkatkan ketajaman *edge* serta memperjelas detail pada gambar medis. Metode *unsharp masking* bekerja dengan mengurangi versi citra yang dihaluskan dari citra aslinya, berdasarkan karakteristik gambar dan kebutuhan aplikasi. Selain itu, Chen, Wang, & Qiu (2019) memperkenalkan *Hausdorff derivative Laplacian operator* yang menunjukkan kinerja superior dalam penajaman gambar dibandingkan metode konvensional, dengan fondasi matematika yang kuat dan efisiensi komputasi yang lebih baik.

Deep Learning dan Convolutional Neural Networks dalam Peningkatan Gambar

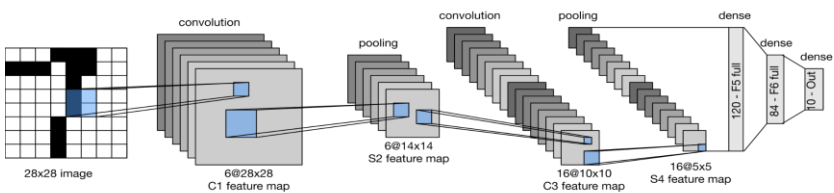
Konsep *Convolutional Neural Networks* (CNN) pertama kali berhasil diterapkan secara praktis untuk pengenalan pola dokumen oleh LeCun et al. (1998) dan sejak itu berkembang menjadi salah satu fondasi utama dalam berbagai terobosan *deep learning* modern (Goodfellow, Bengio, & Courville, 2016; LeCun, Bengio, & Hinton, 2015). Terobosan ini telah merevolusi metode peningkatan kualitas gambar dengan memanfaatkan kemampuan model untuk mengekstraksi dan mempelajari pola non-linear yang kompleks, yang sering kali tidak dapat diungkap oleh teknik *filtering* tradisional. Dalam praktiknya, metode peningkatan citra generasi terbaru menempatkan CNN sebagai komponen inti berkat arsitektur hierarkinya yang dirancang secara optimal untuk menangkap fitur spasial serta konteks lokal secara mendetail. Keunggulan ini menjadikan CNN sangat

relevan untuk peningkatan kualitas gambar medis, yang biasanya memiliki detail visual yang presisi yang kerap kali menjadi penentu akurasi diagnosis dan pengambilan keputusan klinis.

Secara umum, arsitektur CNN terdiri dari beberapa lapisan dengan fungsi spesifik: *convolutional layers* berperan untuk mengekstraksi fitur visual, *pooling layers* berfungsi mereduksi dimensi data sambil mempertahankan informasi penting, dan *fully connected layers* digunakan untuk penalaran tingkat tinggi atau klasifikasi. Arsitektur umum ini bisa dilihat ilustrasinya pada Gambar 1 di bawah ini. Operasi konvolusi yang menjadi inti CNN dapat direpresentasikan secara matematis sebagai berikut:

$$C(i,j) = (I * K)(i,j) = \sum_m \sum_n I(i+m, j+n)K(m,n)$$

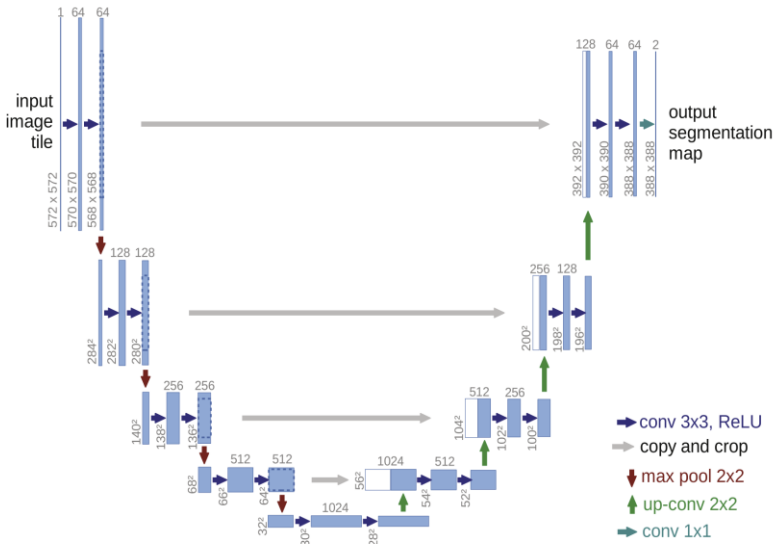
Di sini C adalah hasil konvolusi, I adalah gambar masukan, dan K merupakan kernel atau *filter* yang bobotnya dapat dipelajari. Tidak seperti *filter* tetap pada teknik tradisional, CNN mampu menyesuaikan bobot *filter* secara dinamis melalui proses pelatihan *backpropagation*, sehingga model dapat dioptimalkan sesuai dengan karakteristik tugas dan dataset tertentu.



Gambar 1. Arsitektur umum CNN yang dikenal sebagai LeNet (LeCun *et al.*, 1988)

Dari arsitektur dasar CNN seperti ini lahirlah berbagai macam varian arsitektur lain yang lebih kompleks. Misalnya, U-Net (Ronneberger et al., 2015), pada Gambar 2, yang memiliki struktur *encoder-decoder* simetris dan *skip connections* untuk memfasilitasi preservasi detail resolusi tinggi, telah menunjukkan kinerja luar biasa dalam peningkatan kualitas citra medis. Begitu pula halnya dengan arsitektur ResNet (*Residual Networks*), pada Gambar 3, yang diajukan oleh He et al. (2016) yang memperkenalkan konsep revolusioner dari pembelajaran residual: $H(x) = F(x) + x$, dengan $F(x)$ adalah fungsi residual yang dipelajari oleh jaringan. Pendekatan ini mengatasi masalah *vanishing gradient* dan memungkinkan pelatihan jaringan yang sangat dalam untuk kinerja yang lebih baik dalam tugas *image enhancement* yang kompleks. Sementara itu Li et al. (2022) memperkenalkan arsitektur CNN berdasarkan *encoder-decoder* dengan *skip connections* menggunakan mekanisme *attention* dan pemrosesan multi-skala untuk mengatasi permasalahan kondisi pencahayaan yang kurang, sehingga metode peningkatan kualitas gambarnya mampu menjaga keseimbangan antara tingkat kecerahan dan preservasi detail. Desain arsitektur ini juga dilengkapi dengan modul adaptasi luminansi yang menyesuaikan parameter pencahayaan secara otomatis sehingga informasi penting pada gambar untuk tujuan diagnostik tetap terjaga.

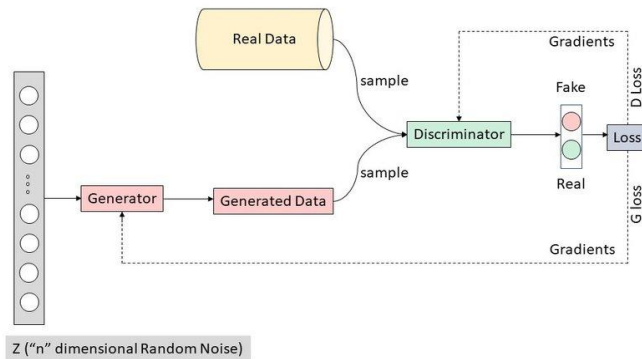
Dengan kemampuan menjaga detail resolusi tinggi pada saat meningkatkan kualitas gambar seperti ini, maka metode berbasis CNN atau *deep learning* seperti yang sudah dipaparkan di atas sangat mungkin untuk diterapkan pada praktik *telemedicine* di daerah-daerah terpencil di Indonesia. Misalnya, kita bisa menggunakan metode-metode peningkatan kualitas gambar berbasis CNN/*deep learning* tersebut pada saat pengambilan gambar dalam kondisi pencahayaan yang kurang mendukung karena keterbatasan infrastruktur. Atau, kita bisa juga menggunakan metode-metode tersebut untuk menjaga kualitas gambar pada saat dikirimkan melalui jaringan atau Internet dalam kondisi keterbatasan akses bandwidth seperti halnya yang sangat mungkin terjadi di daerah-daerah terpencil.



Generative Adversarial Networks

Loncatan berikutnya dalam perkembangan teknik perbaikan kualitas gambar berbasis CNN adalah penggunaan arsitektur *Generative Adversarial Networks* (GAN) yang dicetuskan oleh

Goodfellow, I. et al. (2014). Arsitektur ini dianggap cukup revolusioner paradigmatik dalam bidang *computer vision* dan *image enhancement* karena kemampuannya untuk menghasilkan atau meningkatkan kualitas gambar dengan tingkat realisme yang tinggi dan kualitas persepsi yang superior. Arsitektur GAN terdiri dari dua *neural networks* yang berkompetisi dalam *zero-sum game* (Goodfellow, I. et al, 2014; Creswell et al., 2018): 1) generator *G* yang berusaha menghasilkan gambar yang realistis untuk "menipu" *discriminator*, dan 2) *discriminator* *D* yang berusaha membedakan antara gambar asli dan gambar yang dihasilkan. Dengan arsitektur ganda seperti ini, GAN menawarkan pendekatan yang lebih canggih dan adaptif dalam peningkatan kualitas gambar medis untuk aplikasi *telemedicine*. Ilustrasi arsitektur dasar konsep GAN yang diadaptasi dari Goodfellow, I. et al. (2014) diberikan pada Gambar 4.



Gambar 4. Arsitektur konsep dasar *Generative Adversarial Networks* (GAN) yang dicetuskan oleh Goodfellow, I. et al. (2014). Gambar diambil dari Kora Venu, S., & Ravula, S. (2020).

Dalam konteks *image enhancement*, GAN dapat dilatih untuk mempelajari pemetaan kompleks dari gambar berkualitas rendah ke gambar berkualitas tinggi melalui proses pelatihan *adversarial*. Sebagai contoh, *Super-Resolution GAN* (SRGAN) adalah salah satu contoh arsitektur GAN yang paling sukses dalam meningkatkan resolusi gambar dengan menghasilkan detail frekuensi tinggi yang realistis dan meyakinkan secara perseptif (Ledig et al., 2017). Salah satu problem mendasar dalam citra *super-resolution* adalah terjadinya degradasi detail gambar setelah gambar ditingkatkan resolusinya karena proses interpolasi piksel gambar pada resolusi tinggi yang kurang sempurna. Metode berbasis SRGAN bisa mengatasi problem ini karena SRGAN menggunakan kombinasi dari *adversarial loss* dan *perceptual loss* yang berdasarkan fitur yang diekstrak dari jaringan *neural network* VGG (Simonyan & Zisserman, 2015) yang telah dilatih sebelumnya, sehingga menghasilkan gambar yang tidak hanya memiliki resolusi lebih tinggi tetapi juga kualitas persepsi yang lebih baik karena detail pada gambar yang terlihat lebih realistik.

Enhanced Deep Super-Resolution (EDSR) dan *Residual Dense Network* (RDN) telah menunjukkan kemampuan luar biasa dalam *single image super-resolution* dengan desain arsitektur yang inovatif. EDSR (Lim et al., 2017) menghilangkan lapisan *batch normalization* yang tidak perlu dan menggunakan *residual scaling* untuk stabilitas pelatihan yang lebih baik, sementara RDN (Zhang et al., 2018) memperkenalkan konsep dari *residual dense blocks* yang memfasilitasi penggunaan ulang fitur dan aliran gradien yang lebih baik. Zhang et al. (2018) memperkenalkan *Residual Dense Networks* yang dapat mengekstrak fitur hierarki dengan sangat efektif, menghasilkan kualitas rekonstruksi yang superior untuk aplikasi medis dengan detail anatomi halus yang tetap terjaga.

Selanjutnya, Pix2Pix dan CycleGAN telah membuka kemungkinan revolusioner untuk *image-to-image translation* yang dapat digunakan untuk adaptasi domain dalam citra medis. Pix2Pix (Isola et al., 2017) menggunakan data pelatihan berpasangan untuk mempelajari pemetaan dari gambar input ke gambar output dengan

kerangka *conditional GAN*. Sementara itu, *CycleGAN* memperluas konsep ini untuk data yang tidak berpasangan menggunakan kerangka *cycle consistency loss*; dengan cara seperti ini, metode *CycleGAN* memungkinkan translasi antara domain yang berbeda tanpa memerlukan contoh berpasangan (Zhu *et al.*, 2017).

Kedua pendekatan di atas, terutama kerangka *CycleGAN*, memungkinkan konversi antara modalitas pencitraan yang berbeda atau *enhancement* dari satu domain ke domain lainnya tanpa memerlukan data pelatihan berpasangan, yang sangat berharga dalam aplikasi medis pada kondisi yang tidak memungkinkan diperolehnya gambar medis berkualitas tinggi/rendah yang berpasangan. Contohnya adalah ketika kita melakukan konversi citra *CT scan* dengan dosis rendah ke citra berkualitas tinggi, peningkatan gambar *ultrasound* untuk mendapatkan visualisasi yang lebih baik, ataupun standardisasi gambar dari pembuat dan protokol akuisisi yang berbeda.

Teknik *Enhancement Modern*

Penggunaan *Convolutional Neural Networks* (CNN) telah menjadi pondasi utama dalam berbagai aplikasi pengolahan citra digital, mulai dari klasifikasi hingga segmentasi. Untuk tugas-tugas generatif seperti *image synthesis*, *image-to-image translation*, atau *super-resolution*, pendekatan *deep learning* berbasis pembelajaran adversarial melalui kerangka *Generative Adversarial Networks* (GAN) memanfaatkan CNN sebagai komponen inti, baik pada generator maupun *discriminator*.

Kombinasi CNN dengan skema *adversarial* secara luas diakui sebagai salah satu pendekatan *state-of-the-art* untuk menghasilkan citra sintetis dengan tingkat realisme tinggi yang sulit dicapai metode konvensional. Namun demikian, untuk tugas diskriminatif seperti klasifikasi citra, deteksi objek, atau ekstraksi fitur, berbagai arsitektur CNN murni — termasuk ResNet, DenseNet, VGG, dan EfficientNet —

masih mendominasi performa terkini tanpa harus bergantung pada mekanisme *adversarial*.

Dengan demikian, GAN dapat dipandang sebagai kerangka generatif yang memaksimalkan potensi CNN melalui kompetisi antara generator dan *discriminator*. Kerangka ini telah menjadi standar penting di bidang sintesis citra realistis, meski bukan satu-satunya representasi dari keseluruhan kemajuan arsitektur CNN modern.

Perkembangan CNN dan GAN juga telah membuka peluang inovasi dalam teknik peningkatan kualitas citra. Salah satunya adalah penerapan *attention mechanism* dalam jaringan saraf, sebagaimana ditunjukkan oleh Wang *et al.* (2022) melalui metode *multi-level image brightness enhancement* dengan mekanisme perhatian adaptif. Arsitektur yang mereka usulkan mencakup jaringan dekomposisi untuk memisahkan konten dan iluminasi, modul *reference-guided enhancement* yang menyesuaikan proses peningkatan sesuai karakteristik target, serta jaringan fusi yang mengintegrasikan informasi dari berbagai tingkat pencahayaan. Pendekatan ini memungkinkan model untuk secara selektif menyoroti area penting, sehingga detail diagnostik tetap terjaga meski kondisi pencahayaan tidak ideal.

Selain itu, strategi optimasi berbasis metaheuristik seperti *Cuckoo Search* (Maurya *et al.*, 2022) telah diterapkan untuk meningkatkan proses *image fusion*, terutama pada penggabungan data medis multi-modal. Dengan mengintegrasikan algoritma *Cuckoo Search* ke dalam kerangka CNN atau GAN, bobot fusi dapat disesuaikan secara adaptif guna memaksimalkan preservasi informasi spasial dan spektral dari berbagai sumber citra. Pendekatan ini mengadopsi perilaku biologis burung cuckoo dalam berkembang biak menggunakan strategi *egg laying* dan *Levy flight random walks* untuk menemukan parameter optimal di ruang pencarian multi-dimensi yang kompleks.

Mekanisme perhatian dalam jaringan peningkatan citra modern memungkinkan model fokus pada area dan fitur relevan, sehingga kualitas *enhancement* dan efisiensi komputasi meningkat. Modul *self-attention* dapat mengidentifikasi bagian gambar yang perlu diperjelas dan area yang harus dilestarikan, menghasilkan proses peningkatan yang lebih adaptif. *Channel attention* dan *spatial attention* bekerja saling melengkapi, memberikan panduan komprehensif bagi operasi *image enhancement*. Kombinasi teknik optimasi metaheuristik, pembelajaran adversarial, dan modul perhatian adaptif menjadikan pendekatan ini relevan untuk mendukung diagnosis berbasis citra dengan kualitas visual yang optimal.

Terakhir, perkembangan arsitektur berbasis *transformer* untuk peningkatan kualitas citra menunjukkan hasil yang menjanjikan (Dosovitskiy *et al.*, 2021; Khan *et al.*, 2021). *Vision Transformers* (ViTs) yang diadaptasi untuk tugas *image enhancement* memproses citra sebagai urutan potongan (*patches*), memungkinkan model menangkap dependensi jarak jauh dan konteks global dengan lebih baik — aspek yang krusial untuk aplikasi medis yang memerlukan detail spasial yang presisi.

Image Quality Assessment (IQA)

Pada masa era digital saat ini, pertukaran citra medis lintas jarak menjadi suatu hal yang umum dilakukan sehingga kemampuan untuk mengevaluasi kualitas visual gambar secara objektif menjadi semakin krusial. Dalam konteks *telemedicine*, penilaian kualitas gambar (*Image Quality Assessment*, IQA) menjadi hal yang sangat penting untuk bisa memastikan sejauh mana informasi visual dapat diandalkan dalam mendukung proses diagnosis dan pengambilan keputusan klinis. Dengan cara seperti ini, maka kendala geografis karena beragamnya kondisi daerah terpencil yang mengakibatkan terjadinya ketimpangan akses layanan kesehatan bisa dimitigasi.

Secara umum, metrik IQA tradisional seperti *Peak Signal-to-Noise Ratio (PSNR)* (Hore & Ziou, 2010) dan *Structural Similarity Index*

(SSIM) (Wang et al., 2004), masih banyak digunakan untuk menilai kualitas hasil pemrosesan gambar. PSNR, meski populer karena kemudahan komputasinya, seringkali menunjukkan hasil yang berkorelasi rendah terhadap persepsi visual manusia karena sifat metriknya yang hanya menilai perbedaan intensitas piksel. SSIM, di lain pihak, menawarkan pendekatan yang lebih relevan dengan persepsi manusia karena mempertimbangkan faktor-faktor seperti luminansi, kontras, dan struktur dalam perhitungan metrik kualitasnya. Seiring berkembangnya teknologi, metrik persepsi modern seperti *Learned Perceptual Image Patch Similarity (LPIPS)* (Zhang et al., 2018) mulai menunjukkan keberadaannya. LPIPS memanfaatkan fitur mendalam (*deep features*) dari model pembelajaran mendalam (*deep learning*) untuk menilai kemiripan persepsi antara gambar asli dan gambar hasil rekonstruksi atau peningkatan.

Model pengukuran kualitas berbasis AI seperti LPIPS menunjukkan kemampuan luar biasa dalam mengemulasi persepsi visual manusia untuk penilaian kualitas gambar. Model ini dapat dilatih menggunakan *dataset* komprehensif yang mengandung gambar dengan berbagai tipe distorsi dan skor kualitas subjektif yang sesuai. Dengan menggunakan pendekatan *deep learning* seperti ini, maka model IQA yang dibentuk akan bersifat lebih *robust* terhadap berbagai tipe distorsi and kondisi penglihatan. Integrasi dengan teknik *transfer learning* memungkinkan model berbasis AI ini untuk dapat digunakan pada berbagai domain yang berbeda. Hal ini sangat relevan dengan pengaplikasiannya pada domain *telemedicine* yang bisa melibatkan penggunaan gambar medis dari berbagai modalitas dan kondisi akuisisi gambar yang sangat beragam.

Berdasarkan ketersediaan referensi yang menjadi rujukan dalam proses penilaian kualitas gambar olahan, IQA dapat diklasifikasikan menjadi tiga kelompok utama: metode *Full-Reference* (FR), *No-Reference* (NR), dan *Reduced-Reference* (RR), sebagaimana dijelaskan oleh Wang & Bovik (2006). Metode FR memerlukan gambar acuan utuh dengan ukuran atau resolusi yang sama dengan gambar

olahan/rekonstruksi, sementara NR tidak memerlukan gambar pembanding sama sekali. Di antara kedua ekstrem ini, metode RR dapat memanfaatkan informasi parsial dari gambar asli sebagai rujukan yang tereduksi dalam proses penilaian, dengan ukuran informasi parsial yang jauh lebih kecil daripada ukuran gambar aslinya.

Penerapan IQA tentunya tidak hanya terbatas pada pengukuran gambar medis. Di berbagai domain lain — seperti sistem keamanan visual dan perangkat *mobile* — algoritma IQA bisa dimanfaatkan untuk membantu meningkatkan kualitas citra secara otomatis. Dalam sistem keamanan, misalnya, kualitas gambar dari kamera pengawasan menentukan kemampuan identifikasi wajah atau aktivitas mencurigakan. Dalam aplikasi smartphone, algoritma IQA memfasilitasi optimasi otomatis untuk produksi fotografi berkualitas tinggi. Namun, di bidang kesehatan digital, IQA memegang peranan krusial karena kualitas citra *X-ray*, *CT scan*, atau MRI secara langsung dapat mempengaruhi akurasi diagnosis yang dilakukan oleh tenaga kesehatan.

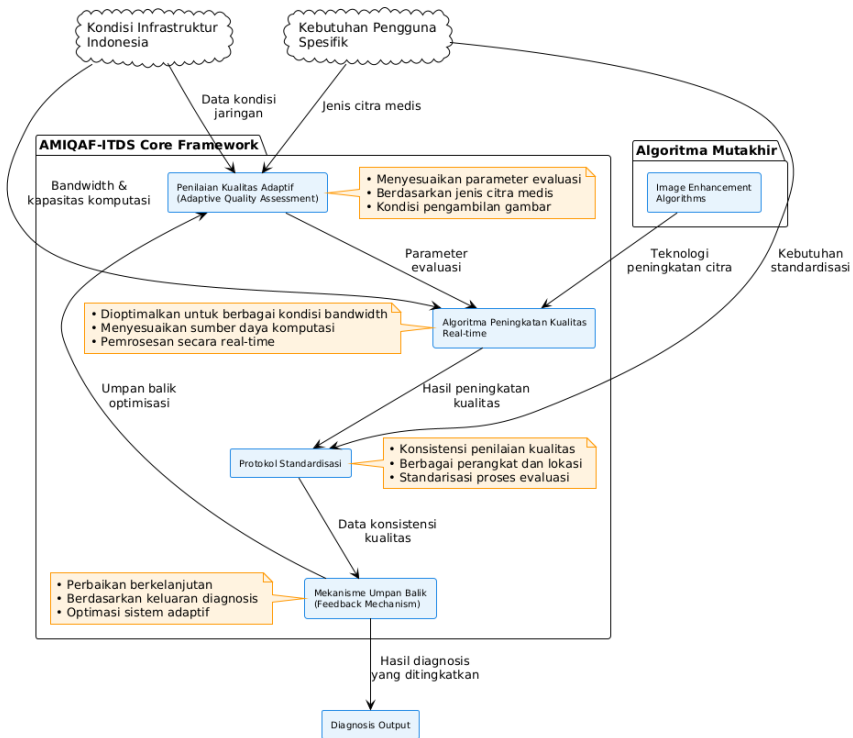
Dalam konteks Indonesia yang memiliki kondisi disparitas geografis dan keterbatasan infrastruktur sehingga dapat mempengaruhi kualitas gambar medis pada layanan *telemedicine* akibat munculnya degradasi serta distorsi gambar yang tidak diinginkan, penerapan IQA modern berpotensi mendukung pendeteksian mutu gambar secara otomatis. Dengan demikian, citra yang tidak layak pakai dapat teridentifikasi sejak awal, sehingga akurasi diagnosis tetap terjaga meskipun dilakukan jarak jauh.

Kerangka AMIQAF-ITDS sebagai Solusi Integratif

Untuk mengatasi tantangan kompleks dalam implementasi *telemedicine* di Indonesia, diperlukan suatu kerangka kerja yang mampu mengintegrasikan algoritma peningkatan kualitas citra (*image enhancement*) tingkat lanjut dengan tetap mempertimbangkan karakteristik infrastruktur serta kebutuhan spesifik di Indonesia. *Adaptive Medical Image Quality Assessment Framework for*

Indonesian Telemedicine Deployment Systems (AMIQAF-ITDS) merupakan kerangka kerja yang dirancang secara khusus untuk menjawab tantangan khas yang dihadapi dalam penerapan telemedicine di Indonesia. Secara ringkas, kerangka kerja ini diberikan pada Gambar 5.

Kerangka kerja AMIQAF-ITDS memadukan algoritma peningkatan kualitas citra mutakhir dengan penyesuaian terhadap kondisi infrastruktur dan kebutuhan pengguna. Komponen utamanya meliputi: penilaian kualitas adaptif (*adaptive quality assessment*) yang mampu menyesuaikan parameter evaluasi berdasarkan jenis citra medis dan kondisi pengambilan gambar; algoritma peningkatan kualitas secara *real-time* yang dioptimalkan untuk berbagai kondisi *bandwidth* dan sumber daya komputasi; protokol standardisasi yang menjamin konsistensi penilaian kualitas di berbagai perangkat dan lokasi; serta mekanisme umpan balik (*feedback mechanism*) yang memungkinkan perbaikan berkelanjutan berdasarkan keluaran diagnosis.



Gambar 5. Konsep dasar kerangka AMIQAF-ITDS (*Adaptive Medical Image Quality Assessment Framework for Indonesian Telemedicine Deployment Systems*)

Framework ini mengadopsi pendekatan hibrida yang menggabungkan metode peningkatan kualitas citra tradisional dengan pendekatan mutakhir berbasis *Generative Adversarial Network* (GAN). Pada kondisi dengan keterbatasan sumber daya komputasi, sistem akan mengimplementasikan metode tradisional yang telah dioptimalkan, sedangkan untuk kebutuhan yang menuntut kualitas citra tertinggi, peningkatan berbasis GAN akan diterapkan. Pendekatan adaptif ini menjadi sangat penting mengingat variasi kemampuan infrastruktur yang masih terjadi di berbagai wilayah Indonesia.

Konvergensi berbagai isu krusial yang dapat diatasi melalui penerapan AMIQAF-ITDS tampak sangat nyata. Pertama, adanya

disparitas geografis yang ekstrem—tercermin dari kesenjangan harapan hidup hingga 10,2 tahun serta konsentrasi sekitar 80% tenaga spesialis di koridor Jawa–Bali—menuntut solusi telemedicine yang mampu menjangkau daerah terpencil secara efektif.

Kedua, tingginya kegagalan kualitas gambar medis, yang terjadi pada sekitar 45% transmisi telemedicine dan berkontribusi pada penurunan akurasi diagnosis hingga 35%, menegaskan urgensi kehadiran sistem penilaian dan peningkatan kualitas citra (*image quality assessment and enhancement*) yang cerdas dan adaptif.

Ketiga, ketimpangan sosial ekonomi yang signifikan dalam akses layanan pencegahan (*preventive care*) menuntut adanya *democratisation* layanan kesehatan melalui teknologi yang dapat diakses oleh masyarakat berpenghasilan rendah (Kringos, & Kunst & Mulyanto 2019).

Keempat, kesenjangan digital (*digital divide*) yang terlihat dari variasi kecepatan bandwidth antara 25–2000 kbps menuntut pengembangan sistem adaptif yang mampu beroperasi optimal pada lingkungan dengan keterbatasan sumber daya (*resource-constrained environments*).

Kelima, pertumbuhan populasi lansia (*growing elderly population*) yang diiringi dengan penurunan tingkat pemanfaatan fasilitas kesehatan menuntut solusi telemedicine yang ramah pengguna (*user-friendly*) dan dirancang khusus untuk mendukung perawatan geriatri (*geriatric care*).

Implementasi AMIQAF-ITDS di lapangan tentu tidak terlepas dari berbagai tantangan, baik teknis maupun non-teknis. Dari sisi teknis, variasi kemampuan perangkat (*device capabilities*) dan kondisi jaringan (*network conditions*) di seluruh wilayah Indonesia menuntut adanya algoritma adaptif yang mampu beroperasi secara optimal dalam beragam situasi. Gulenko *et al.* (2022) menunjukkan bahwa

algoritma berbasis *deep learning* dapat secara efektif mengurangi *electromagnetic interference noise* pada pemrosesan citra endoskopi fotoakustik, suatu temuan yang sangat relevan mengingat gangguan elektromagnetik masih sering menjadi kendala dalam transmisi data medis di Indonesia.

Dari sisi non-teknis, proses pelatihan dan adopsi oleh tenaga kesehatan merupakan faktor penentu keberhasilan implementasi. Para profesional kesehatan perlu memahami secara mendalam kemampuan sekaligus keterbatasan teknologi peningkatan kualitas citra agar dapat menggunakannya secara tepat dalam proses diagnostik. Oleh karena itu, implementasi yang berhasil membutuhkan program pelatihan yang komprehensif dan sistem pendukung (*support system*) yang berkelanjutan.

Penutup

Disparitas kesehatan di Indonesia merupakan persoalan multidimensional yang menuntut solusi teknologi yang inovatif, terintegrasi, dan adaptif. Dengan kesenjangan harapan hidup yang dapat mencapai 10,2 tahun antar provinsi, serta konsentrasi sekitar 80% tenaga medis spesialis yang masih terpusat di koridor Jawa-Bali, implementasi telemedicine berbasis teknologi peningkatan kualitas gambar (*image enhancement*) dan penilaian mutu citra (*image quality assessment*) menjadi langkah strategis yang mendesak untuk diwujudkan.

Kerangka AMIQAF-ITDS menawarkan pendekatan terintegrasi yang memadukan metode konvensional dengan teknologi mutakhir berbasis kecerdasan buatan (*artificial intelligence*). Kerangka ini dirancang tidak hanya untuk menjawab tantangan teknis dalam penerapan *telemedicine*, tetapi juga untuk mendukung tujuan yang lebih luas, yakni mewujudkan kesetaraan layanan kesehatan dan akses kesehatan universal bagi seluruh masyarakat Indonesia.

Keberhasilan implementasi kerangka ini memerlukan kolaborasi erat berbagai pemangku kepentingan. Lembaga akademik berperan

dalam riset dan inovasi, sektor industri mendukung implementasi praktis dan skala produksi, pemerintah bertanggung jawab pada penyusunan kebijakan dan regulasi, sementara masyarakat sipil terlibat melalui pemberdayaan komunitas dan advokasi. Peningkatan pendidikan dan literasi digital juga menjadi faktor kunci agar manfaat teknologi ini dapat dirasakan oleh seluruh lapisan masyarakat.

Beberapa rekomendasi yang dapat diterapkan antara lain: pengembangan *prototype* AMIQAF-ITDS yang disertai uji coba (*pilot testing*) di wilayah terpencil; penyusunan standar protokol mutu citra untuk *telemedicine* di Indonesia; pelatihan komprehensif bagi tenaga kesehatan; pembangunan infrastruktur teknologi informasi yang memadai; serta penerapan sistem pemantauan dan evaluasi yang berkesinambungan untuk perbaikan berkelanjutan.

Masa depan *telemedicine* di Indonesia sangat bergantung pada kemampuan untuk menggabungkan teknologi maju dengan pendekatan praktis yang sesuai dengan kondisi lokal. Dengan penerapan yang tepat, teknologi peningkatan kualitas gambar berbasis AI berpotensi menjadi penggerak perubahan signifikan (*game changer*) dalam menjawab tantangan disparitas layanan kesehatan, serta mendukung terwujudnya akses layanan kesehatan universal yang berkualitas bagi seluruh rakyat Indonesia.

Daftar Pustaka

- Alabdulkarim, A., Luu, S. & Prabhu, A.V., 2023. The role of telemedicine in healthcare: An overview and update. *The Egyptian Journal of Internal Medicine*, 35(1), p.39. doi:10.1186/s43162-023-00234-z.
- Ardianto, H., Dewi, R.K. & Az-Zahra, H.M., 2022. Perancangan user experience aplikasi pembelajaran digital marketing untuk UMKM dengan metode human-centered design. *Jurnal Pengembangan*.
- Bidgoly, A.J., Bidgoly, H.J. & Arezoumand, Z., 2020. A survey on methods and challenges in EEG-based

authentication. *Computers & Security*.
doi:10.1016/j.cose.2020.101788.

Boissin, C., Blom, L., Wallis, L. & Laflamme, L., 2016. Image-based teleconsultation using smartphones or tablets: qualitative assessment of medical experts. *Emergency Medicine Journal*, 34(2), pp.95–99. doi:10.1136/emmermed-2015-205258.

Creswell, A., White, T., Dumoulin, V., Arulkumaran, K., Sengupta, B. & Bharath, A.A., 2018. Generative adversarial networks: An overview. *IEEE Signal Processing Magazine*, 35(1), pp.53–65. doi:10.1109/MSP.2017.2765202.

Dosovitskiy, A. et al., 2021. An image is worth 16×16 words: Transformers for image recognition at scale. *International Conference on Learning Representations (ICLR 2021)*. doi:10.48550/arXiv.2010.11929.

Gonzalez, R.C. & Woods, R.E., 2018. *Digital image processing*. 4th ed. Pearson.

Goodfellow, I., Bengio, Y. & Courville, A., 2016. *Deep learning*. MIT Press.

Goodfellow, I. et al., 2014. Generative adversarial nets. *Advances in Neural Information Processing Systems*, 27, pp.2672–2680. doi:10.48550/arXiv.1406.2661.

Gulenko, O., Yeow, J.T.W., Najafzadeh, E. & Guo, B., 2022. Deep-learning-based algorithm for the removal of electromagnetic interference noise in photoacoustic endoscopic image processing. *Sensors*, 22(10), p.3961. doi:10.3390/s22103961.

Handayani, P.W., Meigasari, D.A., Pinem, A.A., Hidayanto, A.N. & Ayuningtyas, D., 2022. Indonesian hospital telemedicine acceptance model: The influence of user behavior and

technological dimensions. *Heliyon*, 8(1), p.e08835.
doi:10.1016/j.heliyon.2022.e08835.

He, K., Zhang, X., Ren, S. & Sun, J., 2016. Deep residual learning for image recognition. *Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR)*, pp.770–778. doi:10.1109/CVPR.2016.90.

Hore, A. & Ziou, D., 2010. Image quality metrics: PSNR vs. SSIM. *Proceedings - International Conference on Pattern Recognition*, pp.2366–2369. doi:10.1109/ICPR.2010.579.

Isola, P., Zhu, J.Y., Zhou, T. & Efros, A.A., 2017. Image-to-image translation with conditional adversarial networks. *Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR)*, pp.1125–1134. doi:10.1109/CVPR.2017.632.

Ivanocalzha, F.A., Wisnujati, N.S., Pratama, A.C., Marpaung, S.L. & Wijoyo, H., 2023. Application based on technological advances in the health sector during a pandemic: A study of telemedicine in Indonesia from legal perspective. *Journal of Namibian Studies*, 33, pp.1765–1783. doi:10.59670/jns.v33i.1047.

Jalaboi, R., Dragusin, L., Codres, A. & Sasu, L., 2022. ImageQX: An image quality assessment tool for teledermatology photography. *arXiv preprint arXiv:2209.04699*.

Khan, S. et al., 2021. Transformers in vision: A survey. *ACM Computing Surveys*, 54(10), Article 200. doi:10.1145/3478184.

Kora Venu, S. & Ravula, S., 2020. Evaluation of deep convolutional generative adversarial networks for data augmentation of chest X-ray images. *Future Internet*, 13(1), p.8. doi:10.3390/fi13010008.

Kristianti, N.I. et al., 2024. Systematic review: The development of telemedicine in Indonesia, challenges, advantages, disadvantages, and progress for primary care services. *World*

- Journal of Advanced Research and Reviews*, 24(1), pp.1729–1739.
doi:10.30574/wjarr.2024.24.1.2978.
- Laksono, A.D., Wulandari, R.D. & Soedirham, O., 2022. Hospital utilization in Indonesia in 2018: Do urban–rural disparities exist? *BMC Health Services Research*, 22(1), p.506.
doi:10.1186/s12913-022-07896-5.
- Lathan, R., Sidapra, M., Yiasemidou, M. et al., 2022. Diagnostic accuracy of telemedicine for detection of surgical site infection: A systematic review and meta-analysis. *npj Digital Medicine*, 5, p.108. doi:10.1038/s41746-022-00655-0.
- LeCun, Y., Bengio, Y. & Hinton, G., 2015. Deep learning. *Nature*, 521(7553), pp.436–444. doi:10.1038/nature14539.
- LeCun, Y., Bottou, L., Bengio, Y. & Haffner, P., 1998. Gradient-based learning applied to document recognition. *Proceedings of the IEEE*, 86(11), pp.2278–2324. doi:10.1109/5.726791.
- Ledig, C. et al., 2017. Photo-realistic single image super-resolution using a generative adversarial network. *Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR)*, pp.4681–4690. doi:10.1109/CVPR.2017.19.
- Lee, S. et al., 2003. The role of low-bandwidth telemedicine in surgical prescreening. *Journal of Pediatric Surgery*, 38(9), pp.1281–1283. doi:10.1016/s0022-3468(03)00382-8.
- Li, C. et al., 2022. A low-light image enhancement method with brightness balance and detail preservation. *PLoS ONE*, 17(5), e0262478. doi:10.1371/journal.pone.0262478.
- Lim, B., Son, S., Kim, H., Nah, S. & Lee, K.M., 2017. Enhanced deep residual networks for single image super-resolution. *CVPR Workshops, NTIRE '17*, pp.470–480. doi:10.48550/arXiv.1707.02921.

- Liu, S. et al., 2022. Development and prospect of telemedicine. *Intelligent Medicine*, 2(4), pp.217–222. doi:10.1016/j.imed.2022.08.002.
- Marcel, S. & Millan, J.d.R., 2007. Person authentication using brainwaves (EEG) and maximum a posteriori model adaptation. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, 29(4), pp.743–748. doi:10.1109/TPAMI.2007.1012.
- Maurya, L., Lohchab, V., Mahajan, P. & Abualigah, L., 2022. Contrast and brightness balance in image enhancement using Cuckoo Search-optimized image fusion. *Journal of King Saud University - Computer and Information Sciences*, 34(9), pp.7247–7258. doi:10.1016/j.jksuci.2021.07.008.
- McDonnell, M.J., 1981. Box-filtering techniques. *Computer Graphics and Image Processing*, 17(1), pp.65–70. doi:10.1016/S0146-664X(81)80009-3.
- Mulyanto, J., Kringos, D.S. & Kunst, A.E., 2019. Socioeconomic inequalities in healthcare utilisation in Indonesia: A comprehensive survey-based overview. *BMJ Open*, 9(7), p.e026164. doi:10.1136/bmjopen-2018-026164.
- Patel, O., Maravi, P.S. & Sharma, S., 2013. A comparative study of histogram equalization based image enhancement techniques for brightness preservation and contrast enhancement. *Signal & Image Processing: An International Journal*, 4(5), pp.11–25. doi:10.5121/sipij.2013.4502.
- Poleshchenko, D.A., Silva, R.M., Santos, M.K. & others, 2023. Image quality in diagnostic radiology: A guide to methodologies for radiologists. *Radiologia Brasileira*, 56(4), pp.238–248. doi:10.1590/0100-3984.2024.0088-en.
- Ronneberger, O., Fischer, P. & Brox, T., 2015. U-Net: Convolutional networks for biomedical image segmentation. In *Medical Image*

Computing and Computer-Assisted Intervention – MICCAI 2015, pp.234–241. Springer. doi:10.1007/978-3-319-24574-4_28.

Septiono, W., 2023. Equity challenges in Indonesian health care. *The Lancet Global Health*, 11(5), pp.e646–e647. doi:10.1016/S2214-109X(23)00110-9.

Simonyan, K. & Zisserman, A., 2015. Very deep convolutional networks for large-scale image recognition. *International Conference on Learning Representations (ICLR)*.

Szeliski, R., 2010. *Computer vision: Algorithms and applications*. Springer. doi:10.1007/978-1-84882-935-0.

Vodrahalli, K. et al., 2020. TruelImage: A deep learning system to automatically assess image quality for teledermatology. *Pacific Symposium on Biocomputing 2021*, pp.165–176. doi:10.1142/9789811215636_0022.

Wang, F., Chen, W. & Qiu, L., 2019. Hausdorff derivative Laplacian operator for image sharpening. *Fractals*, 27(3), 1950060. doi:10.1142/S0218348X19500609.

Wang, Y. et al., 2022. Shedding light on images: Multi-level image brightness enhancement guided by arbitrary references. *Pattern Recognition*, 131, 108867. doi:10.1016/j.patcog.2022.108867.

Wang, Z. & Bovik, A.C., 2006. Modern image quality assessment. *Synthesis Lectures on Image, Video, and Multimedia Processing*, 2(1), pp.1–156. doi:10.1007/978-3-031-02238-8.

Wang, Z., Bovik, A.C., Sheikh, H.R. & Simoncelli, E.P., 2004. Image quality assessment: From error visibility to structural similarity. *IEEE Transactions on Image Processing*, 13(4), pp.600–612. doi:10.1109/TIP.2003.819861.

- Webster, D., 2017. Cisco visual networking index (VNI) global forecast update. *Cisco Systems*.
- Yang, X.S. & Deb, S., 2009. Cuckoo search via Lévy flights. *2009 World Congress on Nature & Biologically Inspired Computing (NaBIC)*, pp.210–214. doi:10.1109/NABIC.2009.5393690.
- Zhang, R. et al., 2018. The unreasonable effectiveness of deep features as a perceptual metric. *Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR)*, pp.586–595. doi:10.1109/CVPR.2018.00068.
- Zhang, Y., Tian, Y., Kong, Y., Zhong, B. & Fu, Y., 2018. Residual dense network for image super-resolution. *Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR)*, pp.2472–2481. doi:10.1109/CVPR.2018.00257.
- Zhu, J.Y., Park, T., Isola, P. & Efros, A.A., 2017. Unpaired image-to-image translation using cycle-consistent adversarial networks. *Proceedings of the IEEE International Conference on Computer Vision (ICCV)*, pp.2242–2251. doi:10.1109/ICCV.2017.244.
- Zuiderveld, K., 1994. Contrast limited adaptive histogram equalization. In: Heckbert, P.S., ed. *Graphics Gems IV*. Academic Press, pp.474–485. doi:10.1016/B978-0-12-336156-1.50061-6.

TEMA 2

INOVASI UNTUK PEMBANGUNAN BERKELANJUTAN



Rekayasa Pencegahan Pembentukan Air Asam Tambang dan Beberapa Hal yang Perlu Diperhatikan

M Candra Nugraha Deni

Pendahuluan

Industri pertambangan mineral dan batu bara tidak bisa dipungkiri merupakan salah satu industri yang memberikan kontribusi signifikan pada perekonomian bangsa Indonesia. Berdasarkan data Badan Pusat Statistik (BPS), kontribusi sektor ini mencapai Rp2.198 triliun atau 10,5 persen dari total PDB Indonesia yang sebesar Rp20.892 triliun. Selain itu, berdasarkan data dari MODI ESDM, penerimaan negara dari sektor ini adalah sebesar 142,88 triliun rupiah pada tahun 2024, dan 172,13 triliun rupiah pada tahun 2023.

Terlepas dari keuntungan ekonomi tersebut, sebagai sebuah industri ekstraktif, sudah sangat jelas pertambangan memiliki potensi dampak negatif pada lingkungan hidup. Perubahan bentang alam karena pembukaan lahan, penggalian, penimbunan batuan, dan kegiatan pendukung lainnya selanjutnya memberikan dampak pada pola aliran dan kualitas air permukaan dan air tanah; kondisi tanah, flora, dan fauna; kualitas udara; dan lainnya. Selain itu, kegiatan pertambangan juga akan menghasilkan limbah B3 dan/atau limbah non-B3. Tidak saja pada masa tambang beroperasi, dampak pada lingkungan akan tetap ada meskipun tambang sudah tidak beroperasi atau pasca tambang, apabila tidak dilakukan pengelolaan lingkungan yang baik dan benar sesuai dengan peraturan, syarat, kaidah, panduan, dan petunjuk lainnya (Nugraha C, 2019).

Salah satu masalah penting yang menjadi perhatian pada setiap kegiatan pertambangan adalah mengenai pembentukan air asam tambang (AAT). Air bersifat asam ini sebenarnya bisa juga terjadi pada kegiatan lain selain pertambangan, seperti penggalian untuk pembangunan fondasi bangunan, pembangunan jalan, dan sebagainya. Namun karena jumlahnya yang relatif lebih besar terjadi di tambang, maka air asam dari pertambangan menjadi lebih umum dianggap sebagai masalah lingkungan.

AAT terbentuk karena teroksidasinya mineral sulfida yang terkandung dalam batuan oleh oksigen di udara bebas dan air melalui serangkaian reaksi kimia secara alami. Pada kegiatan penambangan di mana terjadi pemberaian batuan penutup (*overburden*) atau batuan sisa (*waste rock*) secara masif, potensi pembentukan AAT pada batuan yang memiliki kandungan mineral sulfida tinggi akan semakin meningkat. Air yang bersifat asam selanjutnya dapat meningkatkan kelarutan logam yang terkandung pada batuan. Jika air asam ini timbul atau mengalir di area reklamasi lahan bekas tambang, kandungan logam yang ada dapat mempengaruhi pertumbuhan tanaman di area tersebut.

Pembentukan AAT sulit untuk dihentikan dan dapat berlangsung untuk jangka waktu yang sangat lama, bahkan dapat melampaui umur tambang itu sendiri. Artinya, meskipun tambang telah selesai beroperasi atau pasca tambang, pembentukan AAT masih dapat terus berlangsung, seperti yang terjadi di area Iberian Pyrite Belt Spanyol (Nieto JM *et al.*, 2007) atau di tambang batu bara di Shanxi Cina (Wang Z *et al.*, 2020).

AAT yang keluar dari area pertambangan dan mengalir ke badan air seperti sungai akan mengakibatkan pengasaman air sungai serta pelarutan logam yang pada tingkat tertentu dapat mempengaruhi kualitas air dan peruntukannya sebagai bahan baku air minum, sebagai habitat biota air, sebagai sumber air untuk perkebunan, dsb.

Permasalahan AAT sebenarnya telah lama menjadi subjek penelitian dan penerapan hasil penelitiannya, baik oleh perusahaan, peneliti, akademisi, dan juga pemerintah. Telah banyak publikasi dalam bentuk buku, jurnal, maupun paparan secara verbal terkait topik ini. Namun demikian, seiring dengan perkembangan pengetahuan, ilmu, dan teknologi, tetap perlu dilakukan peningkatan pemahaman dan penerapan praktik terbaik yang ditekankan pada upaya pencegahan pembentukan AAT.

Tulisan ini membahas prinsip-prinsip penting dalam upaya pencegahan pembentukan AAT dengan fokus pada tempat penimbunan batuan (*overburden/waste rock*), termasuk upaya pemanfaatan limbah dari kegiatan lain untuk pencegahan pembentukan AAT.

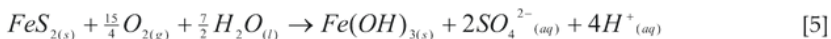
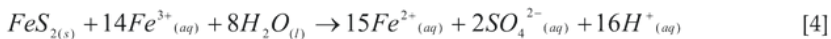
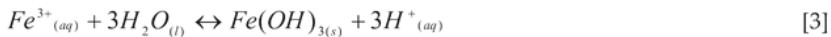
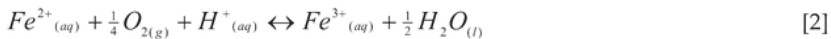
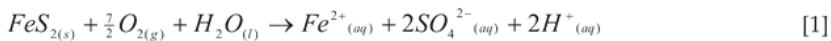
Pembentuk Air Asam Tambang pada Partikel dan Timbunan Batuan

Air asam tambang (AAT) atau dalam dunia pertambangan dikenal sebagai *acid mine drainage* (AMD), *acid rock drainage* (ARD), atau *acid and metalliferous drainage* (A&MD) adalah sebuah istilah yang dipakai untuk menjelaskan tentang air rembesan dan/atau air permukaan yang memiliki sifat asam dan umumnya mengandung logam terlarut yang tinggi. Air tersebut keluar dari lokasi di mana batuan yang mengandung mineral sulfida teroksidasi oleh air dan oksigen. Artinya, lokasi pembentukan AAT dapat terjadi di area penambangan (*pit*) tambang terbuka (*surface mine*) maupun tambang bawah tanah (*underground mine*), penimbunan batuan penutup/batuan sisa (*overburden/waste rock*) termasuk area yang telah direklamasi, penimbunan sementara bijih (*ore stockpile*), penimbunan *tailing*/sisa hasil proses *heap leach* (*spent ore*), jalan angkut (*haul road*) yang dibangun dengan menggunakan *overburden/waste rock*, dan sebagainya.

Prinsip Reaksi Oksidasi Mineral Sulfida

Mineral sulfida yang umum ditemukan pada kegiatan penambangan adalah Pyrite (FeS_2). Selain itu, mineral lain yang mengandung sulfida diantaranya adalah Chalcosite (Cu_2S), Covellite (CuS), Chalcopyrite (CuFeS_2), Galena (PbS), Sphalerite (ZnS), Arsenopyrite (FeAsS), dan sebagainya. Oleh karena itu, parameter penting yang menandakan adanya reaksi oksidasi adalah kandungan sulfat (SO_4^{2-}) pada air yang membawa hasil oksidasi mineral mengandung sulfida.

Reaksi oksidasi pyrite/pirit adalah seperti ditunjukkan oleh reaksi kimia berikut:



Reaksi 1

Reaksi pertama adalah proses oksidasi pirit menjadi sulfat dan *ion ferrous* (Fe^{2+}). Dari reaksi ini dihasilkan dua mol keasaman (H^+) dari setiap mol pirit yang teroksidasi. Oksigen dari atmosfer bertindak sebagai oksidan, termasuk oksigen yang terlarut dalam air meskipun jumlahnya terbatas. Selain itu, juga dihasilkan ion sulfat yang menjadi salah satu indikator penting dari pembentukan AAT.

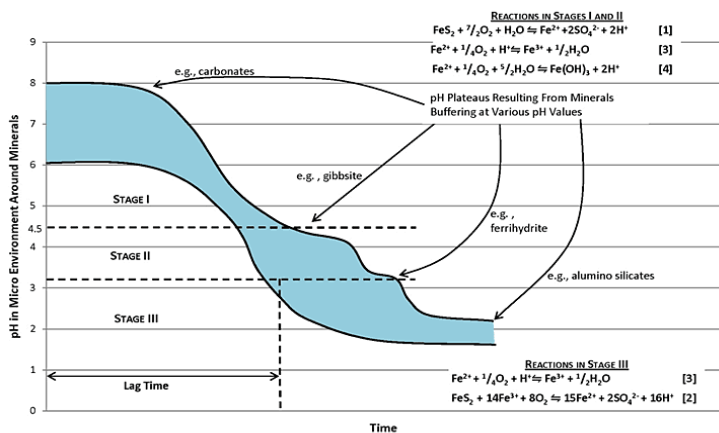
Reaksi 2

Pada kondisi $\text{pH} > 4$, ion ferrous (Fe^{2+}) yang dihasilkan pada reaksi (1) dapat mengalami oksidasi dan hidrolisa dan membentuk ion ferric (Fe^{3+}).

Kondisi $\text{pH} > 4$ ini dipengaruhi oleh kandungan dan jenis mineral sulfida (sebagai pembentuk asam) dan karbonat (sebagai pembentuk basa) pada batuan. Mineral sulfida yang memiliki reaktifitas tinggi adalah pirit (FeS_2) dalam bentuk framboidal, yaitu bentuk struktur luar yang bulat atau sub-bulat, terdiri dari banyak kristal berukuran mikro yang sering kali sama ukurannya (Butler IA dan Ricka D, 2000). Sedangkan mineral karbonat yang memiliki respon cepat terhadap kondisi asam dan dapat menjaga atau menaikkan nilai pH adalah calcite (CaCO_3), dolomite ($\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$), magnesite (MgCO_3), aragonite (CaCO_3 – dengan struktur kristal, berbeda dengan calcite), dan brucite ($\text{Mg}(\text{OH})_2$). Reaksi karbonat umumnya terjadi lebih cepat pada kondisi air asam dibandingkan dengan air netral, terutama karena lebih banyak ion hidrogen (H^+) yang bereaksi dengan ion karbonat (CO_3^{2-}) untuk membentuk ion bikarbonat (HCO_3^-) (Nordstrom DK, 2017). Pelarutan mineral karbonat melepaskan kalsium, magnesium, mangan, besi, dan kation lain yang hadir sebagai substitusi larutan padat atau sebagai pengotor, dan meningkatkan alkalinitas air (Blowes DW et al., 2003). Alkalinitas yang tinggi juga akan membantu mengontrol pertumbuhan bakteri yang bekerja mempercepat reaksi oksidasi. Selain mineral karbonat, mineral lain seperti gibbsite, ferrihydrite, dan aluminosilikat juga dapat berperan menciptakan kondisi $\text{pH} > 4$ namun dengan kemampuannya yang lebih rendah. Rentang pengaruh mineral untuk menjaga nilai pH adalah seperti ditunjukkan pada Gambar 1. Pada kondisi $\text{pH} > 4$, reaksi [2] tidak akan terjadi dan akan menghentikan reaksi [4], atau dengan kata lain, pembentukan AAT

hanya berlangsung sesaat atau tidak terjadi sama-sekali karena adanya reaksi penetralan.

Secara total, keberadaan mineral sulfida dan mineral karbonat pada batuan akan menentukan klasifikasi batuan tersebut, yang umumnya dibagi menjadi 2 (dua) yaitu *Non Acid Forming* (NAF) atau tidak memiliki potensi pembentuk asam, dan *Potentially Acid Forming* (PAF) atau memiliki potensi pembentuk asam (Amira International, 2002).



Gambar 1. Pengaruh mineral alkali pada nilai pH lingkungan pembentukan air asam tambang (Sumber: Dold, 2017)

Penetapan klasifikasi tersebut dilakukan melalui pengujian laboratorium yang dikenal dengan uji geokimia statik. Ada beberapa pengujian yang umum digunakan untuk menentukan klasifikasi potensi pembentukan asam dari batuan. Selain mengacu pada standar dari Amira International (2002), salah satu standar acuan yang bisa digunakan adalah SNI 6597.2021 tentang Uji Karakteristik Batuan Untuk Penentuan Potensi Pembentukan Air Asam Tambang. Beberapa penjelasan tambahan terkait prosedur pengujian tersebut adalah sebagai berikut:

- Pengujian dilakukan terhadap sampel dengan ukuran $<75 \mu\text{m}$ atau lolos saringan ukuran 200 mesh.
- Pada pengujian pH pasta atau *paste pH*, perbandingan sampel batuan dan air adalah 1 : 2. Penggunaan air (H_2O) dimaksudkan untuk mengetahui potensi pembentukan AAT dibawah kondisi alami/natural, yang hasilnya dapat dibandingkan dengan hasil uji NAG test yang menggunakan hidrogen peroksida (H_2O_2). Prinsip dari uji NAG test adalah ‘oksidasi yang dipercepat’ dengan menggunakan oksigen tambahan yang berasal dari H_2O_2 .
- *Nett acid producing potential* (NAPP) dihitung sebagai hasil pengurangan nilai *maximum potential acidity* (MPA) oleh nilai *acid neutralizing capacity* (ANC), ($\text{NAPP} = \text{MPA} - \text{ANC}$), dalam satuan $\text{kg H}_2\text{SO}_4/\text{ton}$ batuan.
- Perhitungan nilai MPA berdasarkan kandungan sulfur, dan sulfur pada batuan dapat berbentuk sebagai mineral sulfur-sulfida (misalnya pyrite, chalcopyrite, dll.), mineral sulfate (misalnya gypsum – CaSO_4 , jarosite - $\text{KFe}_3(\text{SO}_4)_2(\text{OH})_6$, dll.), sulfur organik (misalnya kerogen). Sulfur-sulfida adalah sulfur yang berkorelasi langsung dengan pembentukan AAT, sehingga perlu diketahui kandungannya agar perhitungan potensi AAT bisa lebih tepat. Jika kandungan sulfur-sulfida tidak bisa didapatkan (karena memerlukan alat uji yang lebih kompleks), dapat digunakan nilai Total Sulfur (Total S) yang berasal dari pengujian dengan X-Ray Fluoresence (XRF), metode LECO, atau metode Eschka (SNI 13-3481-1994). Perhitungan dengan nilai Total Sulfur tentunya dapat menghasilkan nilai MPA yang lebih tinggi dibandingkan dengan sulfur-sulfida karena nilai Total Sulfur berasal dari keseluruhan kandungan sulfur, bukan hanya sulfur-sulfida. Namun demikian, untuk kehati-hatian, perhitungan potensi pembentukan asam dengan lebih nilai besar akan lebih baik.

Nilai MPA (dalam satuan $\text{kg H}_2\text{SO}_4/\text{ton}$ batuan) dihitung dengan rumus perhitungan $30,6 \times$ kandungan sulfur (dalam satuan %). Nilai 30,6 berasal dari perhitungan stoikiometri reaksi FeS_2

menghasilkan H_2SO_4 , di mana 1 mol sulfur (32 gram) akan menghasilkan 1 mol H_2SO_4 (98 gram). Artinya, 1 gram sulfur akan menghasilkan 3,06 gram H_2SO_4 . Sehingga untuk 1 ton batuan, jika mengandung 1% sulfur (yang berarti mengandung 10 kg sulfur) dan akan menghasilkan 30,6 kg H_2SO_4 /ton batuan.

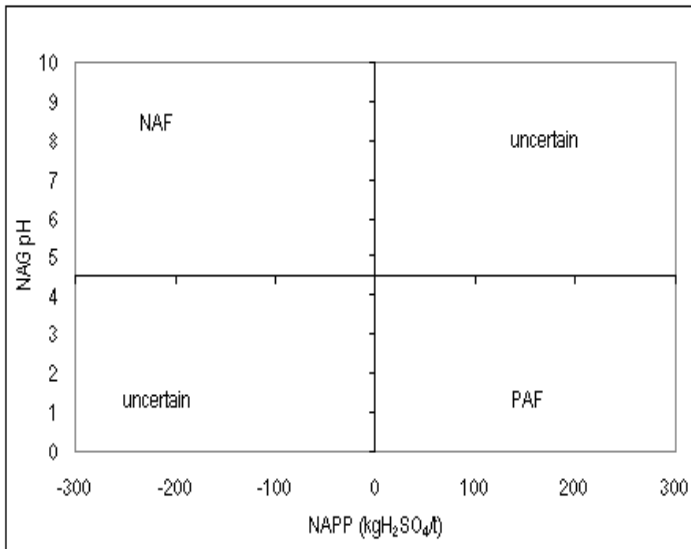
- Pengujian ANC diawali dengan *Fizz Rating Test*, yaitu pengujian untuk melihat/mengobservasi reaktivitas dari sampel terhadap asam klorida (HCl) yang ditambahkan. Semakin tinggi kandungan penetral, semakin terlihat reaktivitasnya terhadap penambahan asam. Pengujian ini dapat bersifat subjektif dengan hasil pengamatan yang bisa berbeda untuk setiap orang. Oleh karena itu, pengujian ini perlu pengalaman atau pengulangan untuk menentukan hasil yang relatif akurat. Namun demikian, karena *Fizz Rating Test* ini bertujuan untuk mengetahui acuan awal konsentrasi dan volume HCl yang akan digunakan pada pengujian ANC, kesalahan pengamatan tidak bersifat mutlak karena kesalahan ini tidak akan mempengaruhi perhitungan akhir nilai ANC. Nilai ANC dihitung berdasarkan volume dan molaritas HCl dan NaOH yang digunakan, sebagaimana dijelaskan pada prosedur yang tersedia.
- Pada beberapa pengujian, hasil perhitungan akhir ANC dapat bernilai negatif. Ini berarti bahwa sampel yang diuji bersifat konsumtif terhadap basa yang ditambahkan, atau dengan kata lain sampel tersebut bersifat asam. Keasaman ini telah direpresentasikan oleh nilai MPA, sehingga dalam perhitungan NAPP, nilai negatif ini dianggap 0 (nol) untuk menghindari perhitungan ganda yang dapat menambah nilai NAPP.
- Pada uji *NAG test*, kondisi eksotermis (mengeluarkan panas) sering kali teridentifikasi secara nyata/langsung melalui peningkatan temperatur atau terjadinya pergolakan larutan setelah penambahan larutan H_2O_2 pada sampel batuan. Kondisi ini terjadi apabila sampel batuan mengandung pirit reaktif.

Pada kondisi sampel yang sangat reaktif, jumlah H_2O_2 yang ditambahkan pada pengujian tidak cukup untuk mengoksidasi

seluruh mineral sulfida yang ada, sehingga perlu dilakukan pengujian lanjutan terhadap sampel yang sama. Pengujian ini dikenal dengan *sequential NAG test*, di mana H_2O_2 ditambahkan kembali pada padatan yang sama dari hasil uji sebelumnya, setelah dilakukan penyaringan atau pemisahan dari cairannya.

- Nilai akhir pH dari NAG test berasal dari hasil reaksi penetralan yang terjadi secara bersamaan dengan pembentukan asam, sehingga nilai NAG pH dapat langsung digunakan sebagai cara untuk klasifikasi jenis batuan. Pada umumnya, jika nilai pH larutan uji (NAG pH) $\geq 4,5$, sampel diklasifikasikan sebagai NAF dan jika NAG pH $< 4,5$ sampel diklasifikasikan sebagai PAF.
- Klasifikasi lebih komprehensif dilakukan dengan menggunakan nilai dari NAPP dan NAG test, seperti ditunjukkan pada Gambar 2. Apabila nilai NAG pH $\geq 4,5$ dan NAPP ≤ 0 , maka sampel diklasifikasikan sebagai NAF dan apabila nilai NAG pH $< 4,5$ dan NAPP > 0 , sampel diklasifikasikan sebagai PAF. Jika terdapat sampel yang berada pada area '*uncertain*', maka investigasi lebih lanjut harus dilakukan, diantaranya melalui analisa hasil uji mineralogi XRD (X-Ray Diffraction) dan/atau XRF (X-Ray Fluoresence).

Selain pengujian dan penetapan klasifikasi seperti tersebut diatas, pada prakteknya perusahaan dapat menetapkan pengujian dan klasifikasi lain. Sebagai contoh adalah dengan menggunakan nilai Rinse pH (sejenis dengan uji Paste pH namun menggunakan sampel dengan ukuran < 2 mm atau lolos saringan ukuran 10 mesh), kandungan sulfur-sulfida (SxS), kandungan mineral karbonat, dan sebagainya. Hal ini tentunya dapat dilakukan setelah melakukan kajian dan menetapkan target dari pencegahan atau pengurangan pembentukan AAT.



NAF: NAG pH ≥ 4.5 ; NAPP ≤ 0

PAF: NAG pH < 4.5 ; NAPP > 0

Gambar 2. Klasifikasi jenis NAF dan PAF berdasarkan nilai NAG pH dan NAPP

Reaksi 3

Pada kondisi dimana pH lingkungan reaksi diatas 4 ($\text{pH} > 4$), Fe^{3+} bereaksi dengan air dan mengendap sebagai ferric hydroxide – $\text{Fe}(\text{OH})_3$. Endapan ini memiliki warna merah kecoklatan (dikenal dengan istilah “*yellow-boy*”) dan sering terlihat di lokasi reaksi atau pada saluran yang menerima aliran air hasil reaksi, seperti ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Penampakan ferric hydroxide (*yellow-boy*) pada saluran yang dilalui aliran air asam tambang (Sumber: im.mining.com)

Reaksi 4

Pada kondisi di mana $\text{pH} < 4$, ion ferric Fe^{3+} dari reaksi [2] mengoksidasi pirit. Reaksi oksidasi ini lebih cepat (2-3 kali) dibandingkan dengan oksidasi dengan oksigen (reaksi 1), dan menghasilkan keasaman yang lebih banyak per mol pirit. Namun reaksi ini terbatas pada jumlah ion ferric yang tersedia, yang jumlahnya ditentukan oleh kondisi pH.

Reaksi 5

Reaksi [5] adalah total dari keseluruhan reaksi [1] sampai [4].

Berdasarkan rangkaian reaksi di atas, oksidasi pirit dimulai dengan reaksi [1] yang hanya memerlukan sedikit oksigen. Jika terdapat mineral penetrat dan nilai pH menjadi $\text{pH} > 4$, reaksi oksidasi oleh Fe^{3+} tidak akan terjadi, dan H^+ yang dihasilkan dapat juga dinetralkan. Kelarutan/kemampuan reaksi mineral karbonat akan tinggi jika bereaksi dengan asam. Reaksi asam-basa dapat menghasilkan garam CaSO_4 (gypsum) yang dapat mengendap dan mengisi ruang kosong antar batuan, mengurangi luas permukaan reaktif, dan sekaligus ‘menyelimuti’ mineral sulfida.

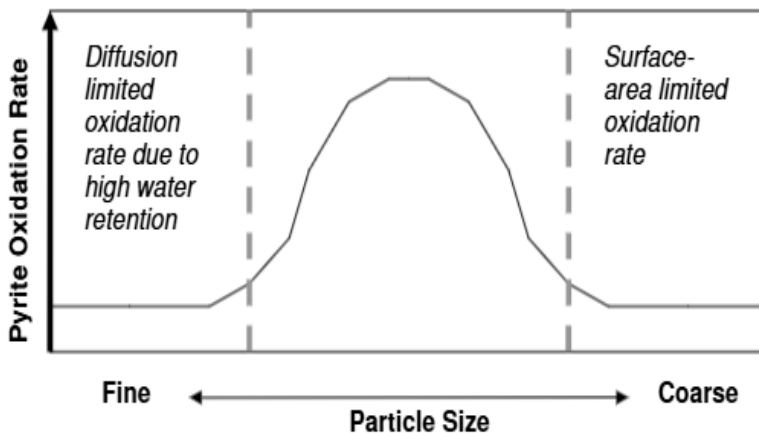
Sebaliknya, jika tidak terdapat mineral karbonat sehingga $\text{pH} < 4$, kelarutan Fe^{3+} semakin tinggi sehingga reaksi oksidasi pyrite oleh Fe^{3+} akan terus berlanjut. Reaksi ini dapat dipercepat dengan keberadaan bakteri seperti *Acidithiobacillus ferrooxidans* yang hidup pada kondisi lingkungan yang asam.

Air asam hasil reaksi akan tinggal di tempat, kecuali ada aliran air yang membawanya keluar dari lingkungan dimana reaksi tersebut terjadi. Oleh karena itu, faktor lingkungan sekitar seperti curah hujan, sistem penyaluran air permukaan, dan laju infiltrasi air akan mempengaruhi proses pengaliran air asam keluar dari timbunan sebagai lokasi reaksi oksidasi.

Faktor Pembentukan AAT pada Timbunan Batuan

Timbunan batuan merupakan satu kesatuan sistem yang dapat dipandang berbeda dengan partikel batuan secara individu dalam hal besaran potensi pembentukan AAT. Untuk volume batuan yang sama, total luas permukaan reaktif batuan dalam bentuk partikel halus (*fine particle*) akan lebih besar dibanding dengan partikel kasar (*coarse particle*), sehingga potensi pembentukan AAT partikel halus akan lebih

besar dibandingkan dengan partikel kasar. Namun demikian, apabila batuan tersebut ditempatkan dalam satu ruang tempat penimbunan, ruang untuk partikel batuan yang halus akan lebih padat dibandingkan dengan partikel kasar, karena ruang/pori antar partikel halus lebih kecil dibanding partikel kasar. Kepadatan ini akan mempengaruhi total volume ruang/pori yang dapat terisi oleh air dan/atau udara. Pada kondisi di mana ruang ini terisi oleh air dan menjadi jenuh (*saturated*), kemampuan oksigen masuk ke dalam timbunan akan rendah sehingga oksidasi pembentukan AAT menjadi rendah. Sebaliknya, pada timbunan partikel kasar, meskipun total volume ruang/pori antar batuan lebih besar dibanding partikel halus, namun total luas permukaan reaktif lebih kecil sehingga potensi oksidasi pembentukan AAT juga menjadi rendah. Dengan demikian, oksidasi yang optimal terjadi pada kondisi gabungan ketika ruang/pori antar partikel dan total luas permukaan reaktif partikel berada pada kondisi yang optimal juga. Ilustrasi dari kondisi tersebut di atas adalah seperti ditunjukkan pada Gambar 4.

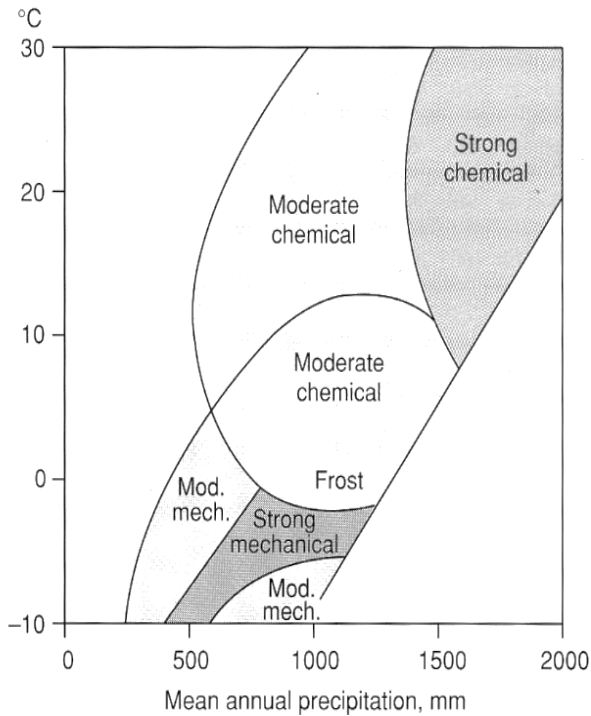


Gambar 4. Pengaruh ukuran partikel pada kecepatan reaksi oksidasi pembentukan AAT

Selain faktor fisik di atas, pada kondisi terjadi penetralan asam oleh basa, hidrolisis, atau pelindian mineral lain (*chemical weathering*) pada timbunan, akan terbentuk garam atau mineral sekunder (*secondary mineral*) yang dapat ‘menyelimuti’ permukaan partikel batuan (*micro-encapsulation*) dan juga mengisi ruang/pori antar partikel batuan pada timbunan tersebut.

Perubahan fisik dan kimia batuan sangat mungkin terjadi dengan dukungan kondisi iklim di Indonesia. Dengan curah hujan 1.000 hingga 5.000 mm/tahun dan temperatur diatas 20 °C, pelapukan secara kimia (*chemical weathering*) memegang peran penting (tingkat *moderate* dan *strong chemical weathering*), seperti ditunjukkan pada Gambar 5, yang selanjutnya dapat mempengaruhi struktur fisik dari timbunan batuan. Proses yang terjadi pada pelapukan secara kimia diantaranya adalah hidrolisis, pelarutan/desorpsi, oksidasi, dan netralisasi. Pelarutan dan oksidasi sulfida serta pelarutan dan netralisasi oleh karbonat menghasilkan perubahan mineralogi pada timbunan batuan sepanjang waktu.

Studi yang dilakukan oleh penulis pada tahun 2019 menyimpulkan bahwa kondisi basah dan kering pada timbunan batuan PAF di pertambangan batu bara di Kalimantan Timur akibat pengaruh hujan dan temperatur yang tinggi dapat menyebabkan terjadinya pelapukan batuan yang cepat dan mempengaruhi tingkat kepadatan lapisan permukaan timbunan. Kondisi ini kemudian mempengaruhi jumlah air dan oksigen yang masuk ke dalam timbunan, menyebabkan reaksi oksidasi cenderung hanya terjadi di lapisan permukaan, dan, teridentifikasi adanya mineral gypsum (CaSO_4) sebagai hasil dari reaksi asam-basa. Hasil pengujian geokimia menunjukkan batuan masih bersifat PAF setelah ditimbun selama 10 tahun (Nugraha *et al.*, 2009).



Gambar 5. Jenis pelapukan berdasarkan curah hujan dan temperatur
(Sumber: Peltier, 1950 dalam Smithson *et al.*, 2002)

Untuk mengetahui secara lebih detail karakteristik batuan yang dominan dan perilaku/kecenderungan laju pembentukan air asam secara jangka panjang atau untuk mengetahui perlakuan yang optimal untuk mencegah pembentukan AAT secara jangka panjang, uji geokimia kinetik dilakukan dengan menggunakan kolom atau wadah lainnya sesuai kebutuhan. Pengujian ini juga dilakukan untuk memvalidasi hasil analisis dari uji statik.

Uji geokimia kinetik dilakukan di laboratorium dengan menggunakan kolom dari keramik (*buchner funnel*), pipa akrilik, atau sejenisnya, atau di lapangan dengan menggunakan drum plastik, IBC

(*industrial bulk container*), pipa, atau wadah lainnya, seperti ditunjukkan contohnya pada Gambar 6. Batuan uji ditempatkan pada kolom tersebut, dan kondisi basah dan kering diterapkan terhadap batuan pada kolom. Di laboratorium, kondisi basah-kering dilakukan dengan penyiraman dan pemanasan secara bergantian. Beberapa metode juga memberikan asupan oksigen pada kolom tersebut untuk mengetahui laju konsumsi oksigen dalam proses oksidasi dan pengaruhnya terhadap pembentukan air asam. Sedangkan untuk pengujian di lapangan, kondisi basah dan kering terjadi secara alami sesuai dengan kejadian hujan – panas saat pengujian.

Air yang keluar dari dasar kolom, sebagai air yang dipengaruhi reaksi oksidasi material di atasnya, dikumpulkan untuk dianalisis secara berkala. Pengukuran volume air juga dilakukan untuk mengetahui laju infiltrasi air pada lapisan batuan. Untuk mendapatkan hasil yang representatif, durasi pengujian lapangan meliputi 2 (dua) musim yang berbeda atau sampai nilai kuantitas (volume) dan kualitas air (nilai parameter pH dan logam) yang keluar dari kolom dalam kondisi stabil atau konstan.

Bisa dikatakan bahwa uji kinetik adalah simulasi proses fisik dan kimia yang terjadi pada timbunan, yang prosedurnya disesuaikan untuk mendapatkan informasi yang diperlukan, dalam jangka waktu yang tidak terlalu lama. Rancangan kolom, ukuran batuan, komposisi PAF, NAF atau material lain, teknik penempatan (per lapisan batuan/*layering* atau campuran batuan/*blending*), perlakuan pemadatan, dll., merupakan beberapa batasan pengujian yang sangat penting untuk diperhatikan dan disesuaikan dengan tujuan pengujian.



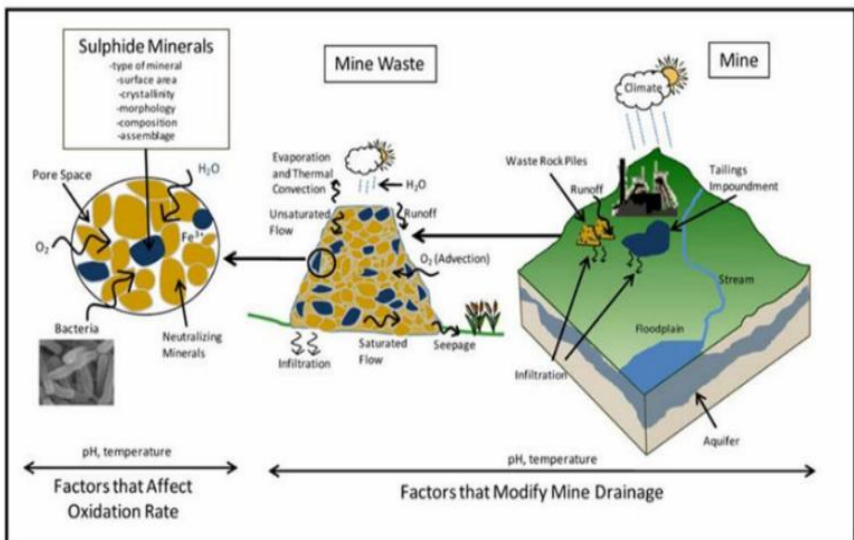
(a)



(b)

Gambar 6. Contoh uji kinetik dengan *column test* di laboratorium (a) dan lapangan (b) (Sumber: koleksi pribadi)

Berdasarkan penjelasan di atas, maka proses pembentukan AAT pada skala partikel (mikro), pada timbunan (makro), dan proses pelepasan AAT ke lingkungan dapat diilustrasikan seperti pada Gambar 7.



Gambar 7. Proses reaksi oksidasi di timbunan hingga pelepasan AAT ke lingkungan (Sumber: GARDGuide Chapter 2)

Rekayasa Pencegahan Pembentukan Air Asam

Seperti dijelaskan sebelumnya, upaya pencegahan pembentukan AAT harus dilakukan dengan memperhatikan berbagai aspek yang terkait dengan reaksi partikel dan proses yang terjadi pada timbunan. Dengan memahami konsep tersebut, pelaksanaan rekayasa dapat dilakukan dengan lebih terstruktur sesuai dengan tujuannya. Pencegahan pembentukan AAT merupakan upaya yang paling optimal dengan banyak pilihan metode rekayasa yang akan diterapkan dan biaya yang lebih dapat diperkirakan, dibandingkan dengan upaya pengolahan AAT yang telah terbentuk.

Pencegahan pembentukan air asam adalah gabungan faktor fisik dan geokimia (Hamanaka A *et al.*, 2024). Berdasarkan prinsip-prinsip reaksi kimia dan proses fisik dan kimia pada timbunan, beberapa hal yang dapat dilakukan pada praktik pertambangan untuk mencegah pembentukan air asam, berdasarkan urutan reaksi kimia yang terjadi, adalah sebagai berikut:

Acuan Reaksi 1 – reaksi awal mineral sulfida dengan oksigen dan udara

- Reaksi awal pembentukan air asam hanya memerlukan sedikit oksigen, dan hal ini tidak bisa dihindari untuk terjadi pada awal kegiatan pemindahan dan/atau penimbunan batuan. Oleh karena itu, perlu ada antisipasi terhadap aliran air asam hasil oksidasi ke lingkungan melalui saluran pengaliran dan pengolahan yang memadai. Pengolahan air asam dapat dilakukan pada kolam-kolam tambang atau unit IPAL secara khusus. Salah satu acuan yang dapat digunakan adalah SNI 7742:2021 tentang Pengelolaan Air Asam Tambang. Selain itu, juga bisa dilakukan dengan metode lahan basah buatan (*wetland*). Salah satu acuan pembentukan *wetland* adalah PermenLHK No. 5 tahun 2022 tentang Pengolahan Air Limbah Bagi Usaha Dan/Atau Kegiatan Pertambangan Dengan Menggunakan Metode Lahan Basah Buatan. Perlu diingat bahwa

tidak berlaku pendekatan “*one size fits all*”. Setiap tambang unik dan memerlukan pertimbangan berbeda dalam menentukan strategi pengelolaan air asam.

- Pencegahan reaksi oksidasi lebih lanjut pada batuan di tempat penimbunan dilakukan dengan menghindari penempatan PAF yang dapat secara langsung kontak dengan oksigen dan/atau air. Hal ini dilakukan dengan menempatkan PAF pada bagian bawah dari tempat penimbunan. Praktik pelaksanaan kegiatan ini dapat mengacu pada SNI diantaranya adalah SNI 7742:2021 tentang Pengelolaan Air Asam Tambang, SNI 7082:2022 tentang Tata Cara Penimbunan Batuan Penutup Untuk Pencegahan Pembentukan Air Asam Tambang Pada Kegiatan Tambang Terbuka Batubara, dan SNI 9117:2022 tentang Tata Cara Penimbunan Batuan Penutup Untuk Pencegahan Pembentukan Air Asam Tambang Pada Kegiatan Tambang Terbuka Mineral Logam.
- Pencegahan masuknya oksigen dan/atau air pada timbunan dapat dilakukan melalui beberapa rekayasa dengan prinsip menjaga kepadatan yang mempengaruhi kejenuhan/saturasi yang maksimal dari lapisan timbunan. Konduktivitas hidrolik (kh) yang dipersyaratkan untuk teknik ini adalah sebesar $\pm 10^{-9}$ meter/detik atau menggunakan bahan sintetik yang kedap yang ditempatkan menutupi material PAF. Nilai konduktivitas hidrolik yang rendah ini juga mempengaruhi jumlah air yang masuk ke dalam timbunan untuk melarutkan atau membawa air asam hasil reaksi oksidasi keluar dari sistem timbunan. Pemadatan batuan atau material lain sebagai lapisan penutup di timbunan dapat dilakukan dengan menggunakan unit pemadat (*compactor*) seperti penggilas getar (*vibrating pad foot roller*), penggilas getar kaki kambing (*sheepfoot vibrating roller compactor*), atau dengan penggilas getar berpermukaan halus (*smooth drum vibrating roller compactor*).
- Untuk mengoptimalkan penutupan batuan PAF, penimbunan secara bertingkat dari bawah ke atas akan lebih baik dibandingkan dengan penimbunan langsung dari atas (*free dump*). Praktek ini

akan menciptakan beberapa lapisan penutup yang dapat menurunkan masuknya oksigen dan air pada timbunan.

- Oksidasi mineral sulfida adalah reaksi eksotermik, artinya reaksi yang menghasilkan panas, dan pada timbunan bisa mencapai temperatur hampir 70 °C. Kenaikan temperatur ini menyebabkan pergerakan udara bebas masuk ke timbunan, dikenal dengan istilah konveksi oksigen (*oxygen convection*) yang jumlahnya lebih signifikan dibandingkan dengan difusi oksigen. Difusi oksigen adalah pergerakan oksigen yang disebabkan oleh menurunnya konsentrasi oksigen pada timbunan tersebut karena digunakan dalam proses oksidasi. Difusi umumnya terbatas pada permukaan yang lebih dangkal dibanding dengan konveksi yang bisa lebih dalam. Kedua mekanisme pergerakan udara ini sangat dipengaruhi oleh reaktivitas dari material dan juga permeabilitas lapisan timbunan.
- Teknik lain adalah penempatan batuan di bawah permukaan air, dikenal sebagai sistem penutupan basah (*wet cover system*). Pada kedalaman air lk. 4 meter dengan kondisi air yang tenang (tidak terjadi pergolakan/turbulensi), difusi oksigen pada lapisan air tidak terjadi. *Wet cover system* umumnya dilakukan pada penimbunan di lubang bekas tambang yang pada lapisan atasnya dibiarkan tergenang, dan pada akhirnya akan ditunjukan sebagai *void*/kolam bekas lubang tambang.

Acuan Reaksi 1 – membentuk kondisi pH>4

Pada kondisi awal, timbunan material belum stabil secara fisik dan kimia sehingga reaksi oksidasi dan penetralan air asam (apabila terdapat mineral karbonat) akan terjadi secara masif. Air asam masih sangat mungkin terjadi dan dapat terbawa keluar dari timbunan. Namun seiring dengan waktu, terjadi pelapukan fisik dan kimia, termasuk habisnya mineral karbonat karena bereaksi dengan asam, sehingga mempengaruhi proses oksidasi dan aliran air asam yang

keluar dari timbunan. Keberadaan mineral karbonat akan sangat penting pada proses awal ini, oleh karena itu penambahan mineral karbonat seperti kapur pada batuan asam dapat membantu menetralkan atau mempertahankan $\text{pH} > 4$. Pembentukan garam dan mineral sekunder lainnya dapat mengisi ruang/pori antar partikel batuan yang kemudian dapat menurunkan nilai konduktivitas hidrolik.

Acuan reaksi 2 – pembentukan Fe^{3+}

Sebagaimana disebutkan di atas, Fe^{3+} tidak akan terbentuk apabila kondisi $\text{pH} > 4$, yang tercipta oleh keberadaan mineral karbonat, baik yang berasal dari batuan atau melalui penambahan secara khusus.

Acuan reaksi 3 – pembentukan $\text{Fe}(\text{OH})_3$

$\text{Fe}(\text{OH})_3$ yang terbentuk akan mengendap pada lapisan timbunan. Endapan ini, bersama dengan mineral sekunder lainnya, dapat mengisi ruang/pori antara partikel batuan dan menyelimuti permukaan batuan dan menghentikan atau mengurangi reaksi oksidasi. Kondisi yang sama terjadi pada proses pengolahan air asam dengan teknik saluran terbuka dengan lapisan batu kapur (*open limestone channel*) di mana permukaan batu kapur menjadi tidak efektif untuk menetralkan keasaman setelah lapisan permukaannya tertutup oleh endapan $\text{Fe}(\text{OH})_3$.

Acuan reaksi 4 – oksidasi pirit oleh Fe^{3+}

Seperti dijelaskan sebelumnya, oksidasi pirit oleh Fe^{3+} akan menghasilkan lebih banyak keasaman dibanding reaksi oksidasi pirit oleh oksigen. Jika terjadi oksidasi ini, maka pengelolaan penting yang harus dilakukan adalah mengurangi hasil oksidasi ini terbawa aliran air keluar dari timbunan. Terkait tata kelola air, paling tidak terdapat 3 (tiga) hal yang penting dilakukan untuk mengurangi reaksi oksidasi dan/atau mengalirkan hasil oksidasi, yaitu: 1). Pengalihan air permukaan yang mengalir menuju timbunan; 2). Pengalihan air

permukaan pada timbunan untuk mengurangi rembesan/infiltrasi air ke dalam tanah yang selanjutnya dapat merembes ke lapisan batuan PAF, dan 3). Pengolahan air asam apabila telah terbentuk dan mengalir keluar dari timbunan.

Pencegahan Pembentukan Air Asam dengan Pemanfaatan Limbah

Upaya pencegahan pembentukan AAT telah banyak dilakukan oleh industri pertambangan di Indonesia, sebagai penerapan dari konsep yang dijelaskan diatas. Berbagai inovasi telah dan terus dilakukan, termasuk pemanfaatan limbah. Limbah adalah suatu sisa dari proses atau kegiatan yang dianggap tidak memiliki nilai, baik secara ekonomi maupun nilai lainnya seperti kemanfaatan untuk upaya pengelolaan lingkungan.

Salah satu inovasi dalam upaya untuk pencegahan pembentukan AAT yang juga sekaligus sebagai upaya pemanfaatan limbah adalah dengan menggunakan abu terbang/*fly ash* (FA) dan/atau abu endap/abu dasar/*bottom ash* (BA) yang dikategorikan sebagai Limbah nonB3, dan *tailing* yang dikategorikan sebagai Limbah B3. Beberapa penelitian telah dilakukan bertujuan untuk mengetahui potensi pemanfaatan FA/BA dan *tailing* sebagai material untuk mencegah pembentukan AAT dari *overburden* atau *waste rock*. FA/BA telah digunakan di beberapa tambang batu bara untuk pencegahan pembentukan AAT, seperti di PT Guguk Tinggi Coal dan PT Kaltim Prima Coal (Nugraha C & Rolliyah, 2021) atau percobaan lapangan lainnya (Ginting JK *et al.*, 2012; Ginting JK *et al.*, 2013; Pirdiansy Q *et al.*, 2024), atau percobaan laboratorium lainnya (Deni MCN *et al.*, 2020), uji laboratorium untuk pencegahan pembentukan AAT dari *tailing* (Deni MCN, Kurniasari T, 2023), dan digunakan sebagai pengolah air asam (Gitari *et al.*, 2016).

Upaya pencegahan pembentukan AAT dengan memanfaatkan limbah tersebut dapat difokuskan pada 2 (dua) metode, yaitu:

1. Metode *layering* dengan fokus pada pembentukan lapisan dengan tujuan untuk mencegah masuknya air dan/atau udara
2. Metode *micro-encapsulation* dengan fokus pada partikel batuan yang ada pada lapisan timbunan batuan, dengan tujuan untuk:
 - menyelimuti sulfida agar tidak bereaksi,
 - menetralkan hasil reaksi yang telah terjadi, atau
 - mengisi ruang/pori antar partikel dengan garam hasil reaksi.

Pemanfaatan limbah FA/BA

Abu terbang/*fly ash* (FA) adalah abu sisa pembakaran batubara yang keluar dari tungku pembakar batubara bersama aliran gas buang, sedangkan abu endap/abu dasar/*bottom ash* (BA) adalah abu sisa pembakaran batu bara yang jatuh ke bagian dasar tungku pembakar batubara.

FA/BA yang berasal dari PLTU dikategorikan sebagai limbah nonB3 dengan kode N106 untuk FA dan N107 untuk BA, berdasarkan PP No. 22 tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup – Lampiran XIV. Selanjutnya, tata kelola FA/BA sebagai limbah nonB3 mengacu pada PermenLHK No. 19 tahun 2021 tentang Tata Cara Pengelolaan Limbah Non Bahan Berbahaya Dan Beracun, termasuk upaya pemanfaatannya.

Secara umum, FA/BA dapat dimanfaatkan sebagai material yang secara fisik berfungsi sebagai penghalang oksigen (*oxygen barrier*) dan/atau secara kimia berfungsi sebagai penetral. Hal ini berarti bahwa FA/BA harus memenuhi syarat sebagai berikut:

- Fungsi fisik (penutup) artinya FA/BA diberlakukan sama halnya dengan *overburden* atau *waste rock* bersifat NAF atau tanah liat yang ditempatkan diatas PAF. Lapisan FA/BA harus memiliki nilai

konduktivitas hidraulik minimal 10^{-5} cm/detik berdasarkan hasil pengujian.

- Fungsi kimia (penetral) artinya FA/BA harus memiliki kapasitas sebagai penetral dilihat dari nilai ANC.

Saat ini telah tersedia standar acuan yang dapat digunakan untuk kegiatan pemanfaatan FA/BA yaitu SNI 9264-2024 tentang Pemanfaatan *Fly Ash* dan/atau *Bottom Ash* Sebagai Bahan Pelapis Material *Potentially Acid Forming* Untuk Mencegah Pembentukan Air Asam Tambang Pada Kegiatan Tambang Terbuka. Standar tersebut disusun dengan mempertimbangkan kajian-kajian yang telah dilakukan oleh perusahaan, seperti yang dilakukan di PT Adaro Indonesia, PT Kaltim Prima Coal, PT Bukit Asam, dan sebagainya.

Selain mengacu pada standar tersebut, perusahaan dapat mengembangkan teknik atau metode pemanfaatan lain sesuai dengan kebutuhan. Untuk dapat memanfaatkan FA/BA, perusahaan diharuskan menyusun kajian terkait pemanfaatan, disusun sebagai Dokumen Rincian Teknis (DRT) dengan susunan mengacu pada Lampiran VIII PermenLHK No. 19 tahun 2021 tentang Tata Cara Pengelolaan Limbah Nonbahan Berbahaya Dan Beracun.

Beberapa hal penting yang harus menjadi perhatian dalam upaya pemanfaatan FA/BA adalah sebagai berikut:

- Ketersediaan penetral pada FA/BA sangat dipengaruhi oleh kualitas batubara yang dibakar di PLTU, proses pembakaran, dan penanganan FA/BA yang dihasilkan.
- Pada beberapa PLTU, proses pembakaran kadang ditambahkan kapur untuk mengurangi kandungan SO_2 pada emisi yang dihasilkan. Kelebihan kapur ini sering kali menciptakan kondisi alkalinitas dari FA/BA. Pengujian geokimia, sebagaimana dijelaskan di atas, diperlukan untuk mengetahui hal tersebut.
- Selain memiliki potensi alkalinitas, FA/BA juga mengandung

beberapa unsur logam berat yang memungkinkan terlepas dari lapisan FA/BA dan mengalir keluar dari timbunan.

- Kualitas FA dan BA memiliki perbedaan termasuk secara fisik. FA memiliki partikel lebih halus dan mengandung mineral tanah liat (*clay*) lebih tinggi. Sedangkan BA memiliki kandungan partikel kasar lebih banyak. Pemanfaatan FA, BA, atau campuran FA dan BA harus memperhatikan aspek kualitas ini.
- FA/BA yang baru dihasilkan (*fresh* FA/BA) dapat memiliki kualitas yang berbeda dengan FA/BA yang telah lama disimpan, terutama yang disimpan di tempat terbuka sebagaimana umumnya penyimpanan FA/BA sebagai limbah nonB3. Kondisi hujan dan panas dapat mempengaruhi kualitas kimia dan fisik dari FA/BA.
- Penelitian atau uji pemanfaatan FA/BA dapat dilakukan di lapangan dengan menggunakan *field column test* atau area percobaan (*test pad*), atau dilakukan di laboratorium. Prinsip percobaan mengacu pada pengujian geokimia kinetik.
- Pemantauan terhadap air lindi yang dikeluarkan dari kolom uji atau *test pad* harus dilakukan terhadap parameter kualitas air.
- Pemanfaatan FA/BA harus memperhatikan aspek kestabilan timbunan. Analisa geoteknik secara khusus harus dilakukan untuk memastikan pemanfaatan FA/BA tidak memberikan dampak pada kestabilan timbunan.
- Pemantauan potensi dampak terhadap lingkungan harus dilakukan sesuai ketentuan, diantaranya adalah pemantauan kualitas air permukaan dan air tanah di sekitar area pemanfaatan. Pemantauan kualitas air tanah harus mewakili aliran air di hulu dan hilir area pemanfaatan, sehingga kajian hidrogeologi area pemanfaatan harus dilakukan.

Berdasarkan hasil penelitian yang tersedia, selain yang diatur dalam standar SNI, pemanfaatan FA/BA dapat dilakukan dengan fokus pada tujuan sebagai berikut:

- FA/BA sebagai material, pengganti sebagian atau seluruhnya, pembentuk lapisan penutup PAF.
- FA/BA sebagai material penetral air asam yang terbentuk, dengan penempatan FA/BA di atas atau di bawah PAF.
- FA/BA sebagai campuran material lain (*top soil, clay, dll.*) yang digunakan sebagai lapisan penutup PAF.

Penggunaan *Tailing*

Tailing adalah sisa hasil proses pengolahan dan/atau pemurnian bijih mineral logam. Berdasarkan PP 22 tahun 2021, *tailing* dikategorikan sebagai limbah B3 dengan kode B416. Fase awal dari *tailing* berbentuk lumpur/*slurry* dengan kandungan air lk. 80%. Namun teknologi filtrasi atau penyaringan atau *filter press* saat ini mampu mengurangi kandungan air hingga menjadi 18-20%, sehingga hasil proses ini disebut dengan *filtered-tailing* atau *dry-tailing*. Air hasil penyaringan dapat digunakan kembali pada proses atau diolah untuk dialirkan ke lingkungan.

Penggunaan *tailing* dalam upaya pencegahan pembentukan air asam dapat dilakukan dengan memanfaatkan faktor fisik dari *filtered-tailing*. *Tailing* memiliki ukuran partikel yang sangat halus sehingga dianggap dapat mengisi ruang/pori antar partikel batuan PAF. Secara fisik, pengisian ruang/pori batuan dengan partikel halus akan meningkatkan tingkat kejenuhan (saturasi), menurunkan adveksi dan difusi gas, dan selanjutnya menurunkan pembentukan AAT (Vriens B *et al.*, 2020). Timbunan batuan dengan saturasi lebih dari 85% sangat efektif sebagai penghalang difusi oksigen, sehingga pencampuran yang seragam antara *tailing* dan *waste rock* sangat dibutuhkan. Secara umum, variabel desain pencampuran harus memperhatikan distribusi

ukuran partikel (*particle size distribution* – PSD), bentuk partikel dari *waste rock* dan *tailing*, kandungan air dari *waste rock* dan *tailing*, dan perbandingan campuran *waste rock* dengan *tailing* (Wickland BE *et al.*, 2011).

Pengisian ruang/pori antar batuan dilakukan dengan pencampuran antara *tailing* dengan batuan (*blending*), sebelum dilakukan penimbunan campuran tersebut atau dikenal dengan istilah *co-disposal*. Pencampuran ini secara fisik dapat meningkatkan kepadatan dan mengurangi masuknya air dan oksigen pada timbunan batuan tersebut, sehingga pembentukan air asam dapat dikurangi atau dihilangkan. Secara kimia, pencampuran ini dapat membentuk selimut (*encapsulation*) bagi mineral sulfida pada batuan sehingga tidak terjadi oksidasi.

Beberapa hal yang perlu dipertimbangkan dalam penggunaan *tailing* ini adalah sebagai berikut:

- *Tailing* memiliki potensi sebagai pembentuk AAT jika teroksidasi karena *tailing* dapat mengandung mineral sulfida. Oleh karena itu, *tailing* harus diolah untuk menghilangkan sifat racun (detoksifikasi) dan menciptakan nilai pH yang netral sebelum *tailing* dikeluarkan dari unit pemroses bijih (*ore processing plant*) dalam bentuk lumpur/*slurry*. Kondisi netral ini dapat membantu mencegah pembentukan AAT dari *tailing* sekaligus menciptakan lingkungan reaksi dengan pH>4 untuk mencegah reaksi oksidasi lanjutan. Berdasarkan hal tersebut, penggunaan *filtered-tailing* yang baru dihasilkan (*fresh filtered-tailing*) sebagai campuran *waste rock* harus menjadi pertimbangan penting karena kandungan alkalinitasnya yang masih tinggi. Selain itu, penambahan kapur (misalnya dolomit) secara khusus pada *filtered-tailing* juga perlu dilakukan untuk menjaga kestabilan kondisi netral dari *filtered-tailing*.

- Secara kimia, kapur lebih memiliki peran sebagai pencegah pembentukan AAT dibandingkan *filtered-tailing* dan *filtered-tailing* akan lebih memiliki peran sebagai pencegah pembentukan air asam berdasarkan peran fisiknya yaitu sebagai pengisi ruang/pori antar partikel batuan.
- Penentuan perbandingan berat antara kapur dan *filtered-tailing* (dalam unit berat kapur per berat *filtered-tailing*), dan perbandingan campuran kapur dan *filtered-tailing* tersebut dengan *waste rock* (dalam unit berat campuran per berat *waste rock*) harus dilakukan dengan memperhitungkan kondisi geokimia dari tailing dan *waste rock*.
- Untuk mendapatkan kondisi campuran yang seragam agar pencegahan oksidasi pembentukan air asam menjadi optimal, proses pencampuran harus dilakukan dengan metode dan peralatan yang sesuai dan telah terbukti kehandalannya untuk menciptakan campuran yang seragam.
- Apabila *tailing* (sebagai limbah B3) dicampurkan dengan material lain, dalam hal ini batuan, maka keseluruhan campuran akan dikategorikan sebagai limbah B3. Penimbunan campuran material ini (*co-disposal*) harus dilakukan pada salah satu fasilitas penimbunan limbah B3, yaitu penimbunan akhir (*landfill*) atau lubang bekas tambang (*backfill*).
- Seperti halnya pada pemanfaatan FA/BA, penggunaan tailing harus memperhatikan aspek kestabilan timbunan. Selain itu, pemantauan potensi dampak terhadap lingkungan juga harus dilakukan sesuai dengan ketentuan.
- Studi penggunaan *tailing* dapat dilakukan disesuaikan dengan kondisi spesifik dari material tersedia, termasuk fasilitas tempat penimbunannya.
- Rencana penggunaan *tailing* harus mendapatkan Persetujuan Teknis Pengelolaan Limbah B3 dari pemerintah, dalam hal ini adalah Kementerian Lingkungan Hidup/Badan Pengendalian Lingkungan Hidup (KLH/BPLH), dengan mengacu pada ketentuan

yang tertuang dalam PermenLHK No. 6 tahun 2021 tentang Tata Cara Dan Persyaratan Pengelolaan Limbah Bahan Berbahaya Dan Beracun.

Contoh dari kajian penggunaan *tailing* sebagai campuran yang berfungsi untuk mencegah pembentukan air asam adalah seperti yang pernah dilakukan oleh penulis di salah satu tambang emas di Indonesia. Pengujian dilakukan melalui uji geokimia statis dan kinetis berupa uji kolom lapangan. Penambahan kapur sebanyak 15 kg pada setiap ton *filtered-tailing*, yang kemudian dicampurkan dengan *waste rock* dengan perbandingan berat campuran tersebut terhadap *waste rock* sebesar 1:2, dengan penambahan perlakuan pemadatan (*compaction*) pada permukaan campuran material, memberikan hasil yang terbaik pada kualitas air yang keluar dari dasar kolom uji. Secara umum, kajian ini juga menyimpulkan bahwa faktor penting yang dapat mencegah pembentukan air asam dari *waste rock* dengan penggunaan *tailing* adalah kapasitas penetral dari *filtered-tailing* termasuk yang berasal dari kapur yang ditambahkan pada *filtered-tailing*, kondisi geokimia *waste rock* yang terkait dengan waktu paparan *waste rock* sebelum dilakukan pencampuran, dan perlakuan pemadatan (Deni MCN *et al.*, 2024).

Kesimpulan ini dapat dianggap sesuai dengan proses reaksi kimia yang sebelumnya dijelaskan, di mana kondisi $\text{pH} > 4$ saat reaksi oksidasi terjadi dan ketersediaan oksigen yang terbatas akibat dari pengisian ruang/pori antar partikel oleh *tailing* yang juga dibantu oleh proses pemadatan, merupakan faktor kunci yang dapat mengurangi atau menghentikan oksidasi mineral sulfida pada *waste rock* bersifat PAF.

Pencampuran *tailing* dan *waste rock* juga memberikan keuntungan di mana penimbunan campuran ini dapat dilakukan pada satu lokasi (*co-disposal*), sehingga dapat mengurangi kebutuhan akan lahan untuk timbunan. Selain itu, pencampuran partikel halus *tailing*

dan partikel kasar *waste rock* menciptakan tingkat kestabilan geoteknik lebih tinggi jika dibandingkan dengan penimbunan *tailing* secara terpisah.

Penelitian terkait dengan hal tersebut diatas masih akan terus dikembangkan oleh penulis.

Penutup

Pencegahan pembentukan AAT harus memperhatikan kondisi geokimia dari batuan yang berpengaruh pada reaksi oksidasi beserta penetralan yang dapat terjadi. Pada timbunan batuan, faktor iklim (kondisi basah dan kering) dapat menciptakan pelapukan batuan secara kimia (*chemical weathering*) dan secara fisik (*physical weathering*). Kedua proses tersebut saling mempengaruhi kejadian pelapukan selanjutnya yang pada akhirnya dapat menciptakan kestabilan kondisi fisik dan kimia timbunan. Kestabilan ini pada akhirnya dapat memperlambat laju reaksi oksidasi pembentukan AAT. Dengan memperhatikan hal tersebut, upaya pencegahan pembentukan AAT dapat dilakukan dengan tepat dan optimal.

Seiring dengan kebutuhan adanya inovasi untuk optimalisasi pengelolaan *waste rock* dan limbah, beberapa penelitian telah dan terus dilakukan yang bertujuan untuk mengetahui potensi pemanfaatan limbah seperti FA/BA dan penggunaan *tailing* sebagai material untuk mencegah pembentukan AAT dari batuan bersifat PAF. Berdasarkan kajian hingga saat ini, penggunaan limbah dapat memberikan keuntungan ganda, yaitu mengurangi limbah yang harus dikelola secara terpisah dan mencegah pembentukan AAT. Namun demikian, upaya ini harus melalui kajian yang mendalam dengan memperhatikan hal-hal mendasar dari material, proses fisik dan kimia yang terjadi, faktor lingkungan, ketersediaan teknologi, dan ketersediaan sumber daya dan peralatan.

Daftar Pustaka

- Amira International. (2002) *ARD Test Handbook: Prediction & Kinetic Control of Acid Mine Drainage, AMIRA P387A*. Melbourne: Ian Wark Research Institute and Environmental Geochemistry International Ltd.
- Blowes, D.W., Ptacek, C.J., Jambor, J.L. and Wisener, C.G. (2003) 'The geochemistry of acid mine drainage', in Holland, H.D. and Turekian, K.K. (eds.) *Treatise on Geochemistry*, Vol. 9. Oxford: Elsevier.
- Butler, I.A. and Ricka, D. (2000) 'Framboidal pyrite formation via the oxidation of iron (II) monosulfide by hydrogen sulphide', *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 64(15), pp. 2665–2672.
- Deni, M.C.N. and Kurniasari, T. (2023) 'Utilization of fly ash and bottom ash for tailings stabilization', *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1175, 012019. doi:10.1088/1755-1315/1175/1/012019.
- Deni, M.C.N., Afandi, K., Sinamo, B. and Satriawan, A. (2024) 'Co-disposal as an alternative method for waste rock and tailings management – a review of geochemical aspect', *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1422, 012003. doi:10.1088/1755-1315/1422/1/012003.
- Deni, M.C.N., Sukandar and Pratama, Y. (2020) 'Encapsulating sulfidic coal-mine waste-rock using coal-combustion ash to prevent acid mine drainage generation – a case study', *International Conference on Green Technology and Design (ICGTD)*.
- GARD Guide (2025) *The International Network for Acid Prevention*. Available at: https://www.gardguide.com/index.php?title=Main_Page (Accessed: 15 August 2025).
- Ginting, J.K., Shimada, H., Nugraha, C., Hamanaka, A., Sasaoka, T., Matsui, K., Gautama, R.S. and Sulistianto, B. (2013) 'Study on co-

- placement of coal combustion ash–coal waste rock for minimizing acid mine drainage generation: a preliminary result of field column test experiment’, *Procedia Earth and Planetary Science*, 6, pp. 251–261.
- Ginting, J.K., Shimada, H., Sasaoka, T., Matsui, K., Nugraha, C., Gautama, R.S. and Sulistianto, B. (2012) ‘An evaluation on the physical and chemical composition of coal combustion ash and its co-placement with coal-mine waste rock’, *Journal of Environmental Protection*, 3(7). doi:10.4236/jep.2012.37071.
- Gitari, W.M., Petrik, L.F. and Akinyemi, S.A. (2016) ‘Treatment of acid mine drainage with coal fly ash: exploring the solution chemistry and product water quality’, in *Coal Fly Ash Beneficiation - Treatment of Acid Mine Drainage with Coal Fly Ash*. IntechOpen. doi:10.5772/intechopen.69741.
- Hamanaka, A., Sasaoka, T., Shimada, H., Matsumoto, S., Kusuma, G.J. and Deni, M.C.N. (2024) ‘Mitigation of acid mine drainage using blended waste rock in near-equatorial climates – geochemical analysis and column leaching tests’, *Physchem*, 4(4), pp. 470–482. doi:10.3390/physchem4040033.
- Kementerian ESDM (2024) ‘Kontribusi minerba pada PDB 2023 capai Rp2.198 triliun’. Available at: <https://www.esdm.go.id/id/media-center/arsip-berita/kontribusi-minerba-pada-pdb-2023-capai-rp2198-triliun> (Accessed: 15 August 2025).
- Kementerian ESDM (2025) ‘Realisasi penerimaan negara’. Available at: <https://modi.esdm.go.id/penerimaan-negara> (Accessed: 15 August 2025).
- Nieto, J.M., Sarmiento, A.M., Olías, M., Cánovas, C.R., Riba, I., Kalman, J. and Delvals, T.A. (2007) ‘Acid mine drainage pollution in the Tinto and Odiel rivers (Iberian Pyrite Belt, SW Spain) and bioavailability of the transported metals to the Huelva

- estuary', *Environment International*, 33(4), pp. 445–455. doi:10.1016/j.envint.2006.11.010.
- Nordstrom, D.K. (2017) 'Modelling to understand a site', in *Geochemical Modeling for Mine Site Characterization and Remediation*, Vol. 4. Englewood: Society for Mining, Metallurgy & Exploration.
- Nugraha, C. (2019) *Pengelolaan lingkungan pertambangan*. Jakarta: Kepak Indonesia.
- Nugraha, C. and Rolliyah (2021) *Pemanfaatan fly ash dan bottom ash untuk pengelolaan batuan dan air asam di tambang batubara*. Jakarta: Direktorat Penilaian Kinerja Pengelolaan Limbah B3 dan Limbah Non B3 Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan.
- Nugraha, C., Shimada, H., Sasaoka, T., Ichinose, M., Matsui, K. and Manege, I. (2009) 'Geochemistry of waste rock at dumping area', *International Journal of Mining, Reclamation and Environment*, 23, pp. 132–143.
- Pirdiansy, Q., Hartanto, W.P. and Deni, M.C.N. (2024) 'Long-term evaluation of FABA utilization to prevent AMD generation – a review of barrel kinetic test', *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1422, 012015. doi:10.1088/1755-1315/1422/1/012015.
- Smithson, P., Addison, K. and Atkinson, K. (2002) *Fundamentals of the Physical Environment*. 3rd edn. London: Routledge.
- Standar Nasional Indonesia (SNI) 7082:2022 (2022) *Tata cara penimbunan batuan penutup untuk pencegahan pembentukan air asam tambang pada kegiatan tambang terbuka batubara*. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- Standar Nasional Indonesia (SNI) 7742:2021 (2021) *Pengelolaan air asam tambang*. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.

Standar Nasional Indonesia (SNI) 9117:2022 (2022) *Tata cara penimbunan batuan penutup untuk pencegahan pembentukan air asam tambang pada kegiatan tambang terbuka mineral logam*. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.

Standar Nasional Indonesia (SNI) 9264:2024 (2024) *Pemanfaatan fly ash dan/atau bottom ash sebagai bahan pelapis material potentially acid forming untuk mencegah pembentukan air asam tambang pada kegiatan tambang terbuka*. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.

Vriens, B., Plante, B., Seigneur, N. and Jamieson, H. (2020) 'Mine waste rock: insights for sustainable hydrogeochemical management', *Minerals*, 10(9), 728. doi:10.3390/min10090728.

Wang, Z., Xu, Y., Zhang, Z. and Zhang, Y. (2021) 'Review: Acid mine drainage (AMD) in abandoned coal mines of Shanxi, China', *Water*, 13(8). doi:10.3390/w13010008.

Wickland, B.E., Wilson, G.W., Wijewickreme, D. and Klein, B. (2011) 'Design and evaluation of mixtures of mine waste rock and tailings', *Canadian Geotechnical Journal*, 43(9), pp. 928–945. doi:10.1139/t06-058.

Mengoptimalkan Peluang Limbah Pangan Perkotaan

Nurul Asiah

Pendahuluan

Limbah pangan di kota modern menjadi salah satu paradoks terbesar dalam era urbanisasi dan kemajuan ekonomi. Di tengah kemakmuran dan kemudahan akses pangan, kota-kota justru menjadi pusat pemborosan makanan, dengan sekitar sepertiga makanan yang diproduksi secara global terbuang setiap tahunnya (Fahrenkamp-Uppenbrink, 2016; Mokrane *et al.*, 2023). Kehidupan kota modern menghadirkan kemudahan berbelanja pangan, di mana supermarket terus menampilkan rak penuh dan restoran menyajikan menu berlimpah. Dalam keberlimpahan tersebut, nyatanya jutaan ton makanan yang masih bisa dikonsumsi justru dibuang setiap hari. Fenomena ini tidak hanya mencerminkan ketidakefisienan sistem pangan perkotaan, tetapi juga menimbulkan dampak negatif bagi kehidupan sosial, ekonomi, dan lingkungan yang signifikan.

Ironi lain dari kehidupan kota modern adalah terjadinya peningkatan konsumsi di kalangan masyarakat urban kelas menengah ke atas yang diiringi masih banyaknya kelompok marjinal yang kesulitan memenuhi kebutuhan pangan dasar. Sementara sebagian masyarakat kota masih menghadapi kerawanan pangan, makanan yang layak konsumsi justru berakhir di tempat pembuangan akhir. Kondisi ini memperlihatkan realitas kontradiktif yang sulit diabaikan (Mejjad *et al.*, 2023; Parsa, 2024). Ketimpangan semacam ini bukan hanya mencerminkan kegagalan distribusi, tetapi juga menjadi cermin bahwa keberlimpahan pangan di kota tidak selalu berarti tercapainya ketahanan pangan yang adil dan berkelanjutan.

Permasalahan limbah pangan di kota sangat kompleks dan melibatkan berbagai aktor serta tahapan rantai pasok. Rumah tangga, restoran, dan pasar/supermarket menjadi penyumbang limbah pangan di perkotaan. Sebagaimana dapat dilihat pada Tabel 1, sumber utama limbah pangan di perkotaan adalah rumah tangga, restoran & layanan makanan, pasar tradisional, institusi seperti sekolah dan industri pengolahan pangan. Pola konsumsi, perilaku, dan faktor sosial ekonomi sangat memengaruhi jumlah dan jenis limbah yang dihasilkan.

Tabel 1. Sumber Utama Limbah Pangan Perkotaan

Sumber Limbah Pangan	Karakteristik & Catatan Penting	Referensi
Rumah Tangga	Penyumbang terbesar limbah pangan secara keseluruhan; dipengaruhi perilaku konsumsi, perencanaan makanan, dan persepsi risiko	Guo & Guo, 2024; Pedrotti <i>et al.</i> , 2023; Song <i>et al.</i> , 2024; Wong <i>et al.</i> , 2020
Restoran & Layanan Makanan	Kontributor utama limbah pangan yang masih layak makan (<i>edible</i>); limbah meningkat pada konsumsi di luar rumah	Ho & Chu, 2018; Song <i>et al.</i> , 2024.
Pasar Tradisional & Modern	Limbah dari produk segar yang tidak terjual atau rusak, terutama sayur dan buah	Ho & Chu, 2018; Pedrotti <i>et al.</i> , 2023.
Institusi (Sekolah, Kantin)	Sekolah menghasilkan limbah signifikan, terutama dari porsi berlebih dan ketidaksesuaian menu	Nguyen <i>et al.</i> , 2023
Industri Pengolahan Pangan	Limbah dari proses produksi dan distribusi, seperti sisa bahan baku dan produk kadaluwarsa	Pedrotti <i>et al.</i> , 2023; RedCorn <i>et al.</i> , 2018

Di tingkat rumah tangga, ketidakmampuan dalam merencanakan menu, kebiasaan belanja impulsif, teknik penyimpanan pangan yang kurang tepat, serta salah persepsi terhadap tanggal kedaluwarsa berkontribusi besar terhadap timbulan *food waste*. Pada sektor jasa makanan, persaingan bisnis yang ketat sering kali membuat pelaku usaha menyajikan porsi besar dan menu beragam untuk menarik pelanggan justru meningkatkan timbulan sampah pangan. Faktor-faktor seperti perilaku konsumsi berlebihan, manajemen stok yang buruk, kurangnya kesadaran, serta kebijakan yang belum efektif memperparah permasalahan ini (Warshawsky, 2020).

Selain itu, modernisasi dan perubahan pola makan masyarakat kota turut mendorong peningkatan limbah pangan, seiring dengan pertumbuhan ekonomi dan urbanisasi (Cahyana *et al.*, 2024). Gaya hidup cepat dan konsumsi di luar rumah yang semakin umum juga menyebabkan konsumen kurang memiliki kontrol terhadap porsi dan sisa makanan. Hal ini tentu saja menambah volume timbulan sampah pangan yang terbuang. Tanpa intervensi sistematis, situasi ini akan berpotensi meningkatkan limbah pangan, yang berdampak negatif pada lingkungan dan memperparah ketimpangan sosial.

Jika dikaji lebih dalam, dampak limbah pangan sangatlah luas, mulai dari kerugian ekonomi yang mencapai triliunan dolar per tahun secara global, hingga kerusakan lingkungan akibat peningkatan emisi karbon, pemborosan air, dan pencemaran tanah (Niu *et al.*, 2022). Dalam konteks ekonomi, pemborosan ini bukan hanya berarti hilangnya nilai makanan yang dibuang, tetapi juga mencakup seluruh sumber daya yang terlibat dalam produksi pangan tersebut, seperti: energi, air, tenaga kerja, dan transportasi yang turut terbuang sia-sia.

Dari aspek lingkungan, limbah organik yang membusuk di tempat pembuangan akhir menghasilkan gas metana, salah satu gas rumah kaca yang lebih kuat dari karbon dioksida. Di saat bersamaan, limbah pangan juga memperburuk ketimpangan sosial, karena di saat makanan terbuang sia-sia, masih banyak warga kota yang kesulitan

memenuhi kebutuhan gizi harian mereka (Mokrane *et al.*, 2023). Selain itu, limbah pangan yang tidak dikelola dengan baik dapat menimbulkan masalah gangguan kesehatan pada masyarakat dan memperberat beban pengelolaan sampah kota (Wani *et al.*, 2023), seperti meningkatnya populasi vektor penyakit, pencemaran air tanah, dan membengkaknya biaya pengangkutan serta pemrosesan sampah organik. Gambaran kondisi ini menunjukkan kegagalan sistem manajemen distribusi dan akses pangan yang adil di tengah melimpahnya produksi pangan.

Limbah pangan di kota modern adalah tantangan multidimensi yang membutuhkan perubahan pola pikir, kebijakan yang progresif, dan keterlibatan semua pihak. Transformasi tidak bisa hanya dilakukan dari atas ke bawah melalui regulasi, tetapi juga perlu ditopang oleh kesadaran dan perubahan perilaku di tingkat individu dan komunitas. Kota-kota harus mampu menyeimbangkan antara kemajuan ekonomi, keadilan sosial, dan keberlanjutan lingkungan melalui pengelolaan limbah pangan yang efektif (Cahyana *et al.*, 2024). Hal ini berarti menciptakan sistem yang tidak hanya mengandalkan teknologi dan infrastruktur, tetapi juga memastikan partisipasi kelompok rentan, memperkuat ekonomi lokal, dan menjaga kelestarian lingkungan.

Dengan demikian, realitas kontradiktif limbah pangan di kota modern dapat diubah menjadi peluang untuk menciptakan sistem pangan yang lebih adil, efisien, dan berkelanjutan bagi semua. Tantangan ini harus dilihat sebagai ruang inovasi dan kolaborasi lintas sektor, di mana setiap tindakan kecil dari rumah tangga maupun kebijakan kota bisa memberikan kontribusi nyata bagi masa depan kota yang lebih tangguh dan berkelanjutan.

Akar Masalah dan Rantai Ketidakadilan Sistem Pangan Urban

Akar masalah ketidakadilan dalam sistem pangan urban berakar pada struktur sosial, ekonomi, dan politik yang kompleks. Di banyak kota, akses terhadap pangan yang sehat dan terjangkau sangat

dipengaruhi oleh status sosial, sehingga kelompok masyarakat miskin dan minoritas sering kali menjadi pihak yang paling terdampak. Ketimpangan ini diperparah oleh kebijakan distribusi pangan yang tidak merata, lemahnya regulasi dalam pengawasan rantai pasok, serta dominasi pasar yang lebih mengutamakan efisiensi ekonomi dan keuntungan jangka pendek daripada prinsip keadilan sosial dan kelestarian lingkungan. Akibatnya, meskipun produksi pangan tinggi, distribusi yang tidak efektif dan minimnya sistem logistik menyebabkan sebagian masyarakat urban tetap mengalami kerawanan pangan dan gizi buruk (Permatasari *et al.*, 2024).

Rantai ketidakadilan dalam sistem pangan urban juga terlihat dari proses produksi hingga konsumsi. *Urban agriculture* atau pertanian perkotaan sering dipromosikan sebagai solusi untuk meningkatkan keadilan pangan dan kemandirian kota dalam memenuhi kebutuhan warganya. Namun dalam praktiknya, inisiatif ini kerap didominasi oleh kelompok yang lebih berdaya secara ekonomi dan sosial. Di beberapa kota di Asia dan Afrika, proyek *urban farming* dikelola oleh organisasi elite dengan orientasi bisnis, sehingga akses terhadap lahan, modal, pelatihan teknis, dan pasar lebih mudah didapatkan oleh kelompok tertentu yang memiliki koneksi dan sumber daya, sementara petani kecil dan komunitas miskin tetap terpinggirkan. Bahkan, dalam beberapa kasus, hasil pertanian urban justru lebih banyak dinikmati oleh konsumen kelas menengah ke atas melalui pasar premium atau restoran berkonsep organik, bukan oleh produsen atau masyarakat sekitar yang membutuhkan (Paganini & Lemke, 2020).

Di sisi lain, ketidakadilan juga tercermin dalam dimensi budaya dan representasi. Narasi dominan tentang pangan sehat, diet berkelanjutan, dan *urban farming* sering kali mengabaikan keragaman budaya pangan lokal serta pengalaman historis kelompok minoritas dan migran. Makanan tradisional masyarakat miskin kadang-kadang dianggap "kurang sehat" atau "tidak modern" oleh kebijakan pangan publik, sementara jenis pangan yang dipromosikan lebih mengikuti standar Barat atau global. Representasi di media dan perumusan

kebijakan publik cenderung menonjolkan figur-figur dari kelompok mayoritas, terutama kelas menengah terdidik, sehingga suara, kebutuhan, dan aspirasi komunitas marjinal kurang terwakili dalam pengambilan keputusan dan perancangan program (Alkon, 2018). Hal ini memperkuat eksklusi sosial yang sudah ada, dan memperlebar jurang ketidakadilan dalam sistem pangan kota secara struktural maupun simbolik.

Lebih lanjut, sistem pangan urban sangat rentan terhadap krisis, seperti pandemi, konflik geopolitik, inflasi pangan, maupun dampak perubahan iklim, yang semakin memperparah ketidakadilan. Ketika krisis terjadi, kelompok rentan seperti pendatang miskin, pekerja informal, perempuan kepala keluarga, lansia, dan masyarakat tanpa jaminan sosial menjadi pihak yang paling terdampak akibat terganggunya pasokan pangan, naiknya harga kebutuhan pokok, dan minimnya akses terhadap bantuan. Keterbatasan akses terhadap informasi dan teknologi, serta pengabaian terhadap hak-hak dasar mereka, memperburuk situasi tersebut. Misalnya, selama pandemi COVID-19, banyak keluarga di kota besar kehilangan pekerjaan dan tidak dapat membeli bahan pangan bergizi karena distribusi bantuan yang lambat dan tidak merata (Odunitan-Wayas *et al.*, 2022). Selain itu, ketergantungan pada rantai pasok pangan yang panjang dan global membuat kota-kota besar menjadi kurang resilien dalam menghadapi gangguan sistemik, seperti gagal panen di daerah penghasil atau krisis logistik global (Jensen & Orfila, 2021).

Ketimpangan juga muncul dalam dimensi gender dan peran perempuan dalam sistem pangan urban. Ketimpangan gender dalam sistem pangan urban tercermin dari peran sentral perempuan sebagai pengelola utama makanan di rumah tangga, namun keterlibatan mereka dalam pengambilan keputusan kebijakan pangan kota masih sangat terbatas. Studi di berbagai negara menunjukkan bahwa perempuan tidak hanya bertanggung jawab atas produksi, pengolahan, dan distribusi pangan, tetapi juga berperan penting dalam memastikan keamanan pangan dan kecukupan gizi keluarga, meskipun sering menghadapi hambatan seperti akses terbatas terhadap sumber daya,

pelatihan, dan pengakuan formal atas kontribusi mereka (Addo *et al.*, 2024).

Perempuan cenderung mengalokasikan pendapatan lebih besar untuk kebutuhan pokok keluarga dibandingkan laki-laki, dan rumah tangga yang dikelola perempuan sering kali lebih aman pangan meski dengan pendapatan lebih rendah (Kalansooriya *et al.*, 2020). Namun, norma budaya dan struktur sosial yang diskriminatif membatasi partisipasi perempuan dalam pengambilan keputusan dan akses terhadap program pangan kota.

Pemberdayaan perempuan melalui pelatihan, peningkatan akses terhadap program pangan, serta pengakuan atas peran informal mereka terbukti dapat meningkatkan ketahanan pangan, mengurangi limbah pangan rumah tangga, dan mendukung keberlanjutan konsumsi lokal (Roy *et al.*, 2023). Oleh karena itu, kebijakan yang lebih inklusif dan sensitif gender sangat diperlukan untuk menciptakan sistem pangan urban yang lebih adil dan berkelanjutan.

Untuk mengatasi akar masalah dan rantai ketidakadilan ini, diperlukan transformasi sistem pangan urban yang lebih adil, inklusif, dan tangguh. Upaya tersebut meliputi perbaikan sistem distribusi pangan berbasis komunitas, penguatan regulasi terhadap pelaku besar dalam rantai pasok, insentif bagi produsen lokal dan pertanian berbasis komunitas, serta pemberdayaan kelompok marjinal melalui akses lahan, kredit mikro, dan pelatihan berbasis kebutuhan.

Di sisi lain, pengakuan terhadap keragaman budaya pangan lokal serta pelibatan warga dalam perencanaan kebijakan pangan kota harus menjadi prioritas. Kolaborasi antara pemerintah daerah, organisasi masyarakat sipil, akademisi, dan sektor swasta sangat penting untuk membangun sistem pangan kota yang tidak hanya efisien secara ekonomi, tetapi juga menjunjung tinggi prinsip keadilan sosial dan keberlanjutan ekologis (Permatasari *et al.*, 2024).

Mengubah Ancaman Menjadi Peluang : Strategi Adaptif untuk Kota Berkelanjutan

Upaya pengelolaan limbah pangan di kota modern menuntut pendekatan yang terintegrasi dan kolaboratif. Hal ini berarti keterlibatan berbagai aktor mulai dari pemerintah, pelaku usaha, komunitas lokal, hingga individu sebagai konsumen. Pengurangan dan redistribusi makanan terbukti menjadi solusi paling efektif untuk mengatasi dampak sosial, ekonomi, dan lingkungan dari limbah pangan (Wani *et al.*, 2023). Program redistribusi makanan yang mendekati masa kedaluwarsa dari ritel ke kelompok rentan, serta penyederhanaan prosedur sumbangan makanan, adalah contoh konkret dari kebijakan yang berdampak ganda.

Inovasi teknologi, edukasi konsumen, serta kebijakan kota yang berbasis data dan kolaborasi lintas sektor sangat penting untuk memperkuat upaya pengelolaan limbah pangan. Teknologi digital seperti aplikasi pelaporan surplus makanan atau sistem pemantauan limbah di dapur industri sudah mulai diadopsi di beberapa kota dan terbukti membantu pengambilan keputusan yang lebih efisien. Pendekatan ekonomi sirkular dan inovasi sosial juga semakin diakui sebagai strategi penting untuk menciptakan sistem pangan perkotaan yang lebih berkelanjutan (Al-Obadi *et al.*, 2022). Pendekatan tersebut mampu menggabungkan efisiensi sumber daya dengan nilai-nilai sosial dan lingkungan yang inklusif.

Penerapan ekonomi sirkular dalam pengelolaan limbah pangan di kota modern menawarkan solusi komprehensif untuk mengatasi tantangan lingkungan, sosial, dan ekonomi secara bersamaan. Konsep ini menekankan pentingnya menutup siklus sumber daya, di mana limbah pangan tidak lagi dianggap sebagai sampah, melainkan sebagai bahan baku baru yang dapat diolah menjadi produk bernilai tambah seperti pupuk, pakan ternak, bioenergi, dan bahan baku industri. Dengan demikian, ekonomi sirkular mendorong perubahan paradigma dari model linear “ambil-pakai-buang” menjadi model sirkular yang berkelanjutan dan efisien (Rabbi & Amin, 2024).

Salah satu strategi aplikatif yang bisa diterapkan adalah dengan pengurangan dan redistribusi limbah pangan di sektor konsumen dan ritel. Upaya ini dapat dilakukan melalui edukasi konsumen, optimalisasi rantai pasok, serta kolaborasi dengan lembaga sosial untuk mendistribusikan makanan layak konsumsi kepada kelompok rentan. Selain itu, pengembangan sistem insentif seperti diskon bagi konsumen yang mengembalikan limbah organik ke ritel untuk diolah menjadi pakan ternak atau kompos terbukti meningkatkan partisipasi masyarakat dalam siklus sirkular (Borrello *et al.*, 2017; Parsa *et al.*, 2024). Di beberapa negara seperti Prancis, regulasi bahkan mewajibkan supermarket untuk menyumbangkan surplus makanan kepada lembaga amal. Sementara itu, di Indonesia, inisiatif seperti Foodbank of Indonesia (FOI) mulai mengambil peran strategis dalam menjembatani surplus dan kekurangan pangan di kota-kota besar.

Konversi limbah pangan menjadi energi terbarukan, seperti biogas melalui proses *anaerobic digestion*, merupakan langkah aplikatif lain yang sangat efektif. Studi menunjukkan bahwa pengolahan limbah pangan dengan metode ini mampu menghasilkan listrik dan *biofertilizer*, sekaligus menurunkan emisi karbon secara signifikan dibandingkan metode insinerasi atau *landfill* (Haris *et al.*, 2024). Sebagai contoh, instalasi biogas skala kecil di pasar tradisional atau kawasan padat penduduk dapat memanfaatkan limbah organik harian untuk menghasilkan energi yang digunakan kembali oleh masyarakat setempat. Proyek serupa telah terbukti berhasil di Pune, India, dan kini mulai diuji coba di beberapa kota besar di Asia Tenggara, termasuk Jakarta.

Di sisi lain, infrastruktur kota yang mendukung, seperti fasilitas pengolahan biogas terintegrasi dan sistem pemilahan limbah di sumber, sangat penting untuk mengoptimalkan potensi pemanfaatan limbah pangan. Tanpa pemilahan yang baik, limbah pangan akan tercampur dengan sampah anorganik, mengurangi kualitas bahan dan efektivitas proses daur ulang atau konversi energi.

Selain itu, penggunaan teknologi digital dan *Internet of Things* (IoT) dapat meningkatkan efisiensi pengumpulan, pemantauan, dan pengolahan limbah pangan secara *real-time* (De Souza *et al.*, 2021). Aplikasi berbasis lokasi memungkinkan restoran, hotel, atau rumah tangga untuk berbagi informasi tentang surplus makanan yang bisa dikirim ke bank makanan atau dapur umum. IoT juga membantu memantau kapasitas pengolahan limbah dan efisiensi sistem distribusi secara dinamis, sehingga pengambilan keputusan dapat dilakukan dengan cepat dan berbasis data. Ke depannya, integrasi teknologi ini dapat menjadi tulang punggung bagi sistem pangan kota yang adaptif dan berbasis data, serta memperkuat transparansi dan akuntabilitas seluruh rantai pengelolaan limbah.

Ekonomi sirkular juga mendorong inovasi dalam *upcycling* limbah pangan menjadi produk baru, seperti bioplastik, bahan bangunan, atau bahan baku industri lainnya. Kulit buah-buahan, ampas kopi, dan sisa sayur-mayur telah digunakan sebagai bahan untuk membuat kemasan *biodegradable*, sabun organik, bahkan bahan bangunan berbasis bio-komposit (Gonçalves & Maximo, 2022). Inovasi ini bukan hanya mengurangi volume limbah, tetapi juga membuka peluang ekonomi hijau yang inklusif dan berorientasi pada nilai tambah.

Beberapa *start-up* di Eropa dan Asia telah membuktikan bahwa limbah pangan bisa menjadi aset industri yang berkelanjutan jika didukung oleh riset, teknologi, dan pasar yang mendukung. Bahkan, beberapa model bisnis berhasil memadukan keberlanjutan dengan estetika dan desain, menjadikan produk hasil *upcycling* sebagai tren gaya hidup ramah lingkungan. Di Indonesia, potensi pengembangan ini masih terbuka luas, terutama jika dikombinasikan dengan pendekatan pemberdayaan UMKM dan koperasi lokal yang mampu menjangkau komunitas secara langsung dan berkelanjutan.

Kolaborasi antara pemerintah, sektor swasta, dan komunitas lokal sangat penting untuk menciptakan ekosistem inovasi yang mendukung pengembangan produk-produk sirkular ini. Setiap aktor

memiliki peran strategis, di mana pemerintah sebagai regulator dan fasilitator, sektor swasta sebagai penyedia teknologi dan investasi, serta komunitas sebagai pelaku transformasi di tingkat akar rumput. Pemerintah kota dapat memberikan insentif fiskal berupa pengurangan pajak atau bantuan perizinan bagi usaha yang bergerak di bidang pengolahan limbah pangan, termasuk UMKM dan koperasi lingkungan.

Selain itu, penguatan regulasi dan pengembangan platform digital untuk pertukaran limbah dan produk hasil daur ulang dapat mempercepat adopsi ekonomi sirkular di tingkat kota (Zhang *et al.*, 2022). Platform ini dapat berfungsi sebagai pasar daring limbah yang mempertemukan penyedia dan pengguna bahan sisa secara efisien dan transparan. Dengan regulasi yang jelas dan insentif yang tepat, sektor informal pun dapat dilibatkan dalam sistem ini secara legal dan aman, meningkatkan inklusi sosial sekaligus efektivitas pengelolaan limbah. Pendekatan kolaboratif ini juga mendorong terjadinya transfer pengetahuan antar aktor, mempercepat proses inovasi, dan memperkuat keberlanjutan sistem secara menyeluruh.

Integrasi ekonomi sirkular dalam strategi kota juga memperkuat pencapaian Tujuan Pembangunan Berkelanjutan (SDGs), terutama SDG 2 (Tanpa Kelaparan), SDG 11 (Kota dan Permukiman Berkelanjutan), SDG 12 (Konsumsi dan Produksi Berkelanjutan), dan SDG 13 (Penanganan Perubahan Iklim). Dengan mendorong pemanfaatan kembali limbah pangan sebagai sumber daya baru, baik melalui redistribusi makanan, produksi kompos, maupun konversi energi, ekonomi sirkular mampu menekan jejak ekologis sekaligus meningkatkan ketahanan pangan masyarakat urban. Pendekatan ini juga mendukung sistem kota yang lebih tangguh, adaptif, dan berdaya saing dalam menghadapi tantangan global seperti perubahan iklim dan krisis pangan.

Ekonomi sirkular bukan hanya solusi teknis, tetapi juga pendekatan etis yang menekankan pentingnya keadilan distribusi, pelibatan masyarakat, serta regenerasi sumber daya secara

berkelanjutan. Dengan memposisikan warga kota bukan hanya sebagai konsumen, tetapi juga sebagai produsen solusi, pendekatan ini membuka jalan bagi sistem pangan yang lebih adil, partisipatif, dan selaras dengan prinsip pembangunan berkelanjutan (Amin & Rabbi, 2024).

Meski terdengar sangat ideal untuk diterapkan, pada kenyataannya implementasi ekonomi sirkular menghadapi tantangan yang tidak ringan. Salah satunya adalah resistensi budaya, terutama di masyarakat yang belum terbiasa memilah limbah atau memanfaatkan sisa makanan. Di samping itu, sektor swasta besar mungkin enggan terlibat bila tidak ada insentif ekonomi yang kuat. Oleh karena itu, edukasi publik dan peningkatan literasi konsep ekonomi sirkular menjadi kunci. Kurikulum sekolah perlu mengintegrasikan isu ekonomi sirkular sejak dini. Kampanye publik melalui media sosial, *event* lingkungan, dan kolaborasi dengan tokoh masyarakat dapat memperkuat perubahan perilaku yang berkelanjutan.

Lebih lanjut, peran komunitas lokal juga sangat penting dalam membumikan konsep ekonomi sirkular. Komunitas dapat menjadi pusat inovasi sosial yang menjawab kebutuhan kontekstual dan membangun solidaritas warga. Misalnya, program kompos kolektif, dapur umum berbasis sumbangan pangan, atau koperasi pengolah limbah organik telah terbukti memperkuat kapasitas adaptif warga dalam menghadapi inflasi pangan dan tekanan perubahan lingkungan. Dalam konteks ini, ekonomi sirkular bukan hanya alat efisiensi, tetapi juga instrumen demokratisasi sistem pangan yang lebih adil dan *resilien* (Parsa *et al.*, 2024).

Agar ekonomi sirkular berjalan optimal, diperlukan integrasi kebijakan lintas sektor, investasi pada infrastruktur pengolahan limbah, serta peningkatan literasi dan partisipasi masyarakat. Kota-kota yang berhasil menerapkan prinsip ekonomi sirkular terbukti mampu menurunkan emisi karbon, menghemat energi, menciptakan lapangan kerja baru, dan meningkatkan efisiensi penggunaan sumber daya (Rabbi & Amin, 2024). Namun, yang tak kalah penting adalah

memastikan bahwa seluruh aktor, terutama mereka yang paling terdampak oleh ketimpangan harus dilibatkan secara bermakna dalam proses perencanaan dan pengambilan keputusan.

STRATEGI ADAPTIF

Pengelolaan Limbah Pangan Untuk Kota Berkelanjutan

Tantangan Limbah Pangan di Kota Modern



Pola Konsumen

Terlalu banyak makanan yang terbuang



Limbah Pangan Tinggi Menyebabkan:



Ekonomi
Kerugian dan biaya



Lingkungan
Emisi dan Pemborosan



Sosial
Kelaparan & Ketimpangan

Manfaat Ekonomi Sirkular



Mengurangi emisi karbon



Menciptakan lapangan kerja



Menumbuhkan ekonomi lokal



Menghemat energi



Meningkatkan ketahanan pangan

Integrasi dengan SDGs



2 ZERO HUNGER



11 SUSTAINABLE CITIES AND COMMUNITIES



13 CLIMATE ACTION



12 RESPONSIBLE CONSUMPTION AND PRODUCTION

Solusi Utama: Pendekatan Terintegrasi & Kolaboratif

Melibatkan:

- ✓ Pemerintah
- ✓ Sektor Swasta



- ✓ Konsumen Individu
- ✓ Komunitas Lokal



Tantangan Implementasi

- 1 Resistensi budaya (belum terbiasa memilah)
- 2 Kurangnya insentif ekonomi
- 3 Rendahnya literasi sirkular

Strategi Kunci Pengelolaan Limbah Pangan

A. Pengurangan & Redistribusi

- ✓ Edukasi konsumen
- ✓ Distribusi makanan hampir kedaluwarsa ke yang membutuhkan
- ✓ Contoh: Supermarket Prancis wajib donasi makanan

C. Konversi ke Energi Terbarukan

- ✓ Biogas dari pasar untuk warga
- ✓ Pupuk organik dari limbah



B. Inovasi Teknologi & Digital

- ✓ Aplikasi makanan sisa
- ✓ IoT untuk pantau limbah
- ✓ Sistem pilah sejak awal

D. Upcycling Produk

- ✓ Limbah jadi bioplastik, sabun, dll.
- ✓ Ciptakan peluang ekonomi hijau

Peran Setiap Aktor

Pemerintahan

- ✓ Regulasi
- ✓ Intensif fisik
- ✓ Fasilitas

Komunitas

- ✓ Pelaku Lapangan
- ✓ Inovasi Sosial



Swasta

- ✓ Teknologi
- ✓ Investasi
- ✓ Distribusi

Individu

- ✓ Edukasi
- ✓ Partisipasi dalam Pemilihan

Arah Masa Depan

- ✓ Integrasi ekonomi sirkular dalam kebijakan kota
- ✓ Pelibatan sektor informal dan komunitas lokal
- ✓ Investasi infrastruktur daur ulang
- ✓ Peran aktif masyarakat sebagai bagian dari solusi
- ✓ Edukasi sejak dini dan kampanye publik

Pesan Kunci (Closing Call-to-Action)

"Limbah pangan bukan akhir, tapi awal dari masa depan kota yang tangguh, adil, dan lestari."

Dengan komitmen bersama dan inovasi berkelanjutan, ekonomi sirkular dapat menjadi fondasi utama bagi kota berkelanjutan

yang tangguh, adil, dan ramah lingkungan. Sudah saatnya masyarakat mulai mengubah paradigma dari sekadar mengelola limbah menjadi menciptakan masa depan yang berbasis regenerasi, kolaborasi, dan keadilan sosial yang tetap ramah pada alam.

Penutup

Masalah limbah pangan di kawasan perkotaan bukanlah sekadar persoalan teknis tentang sisa makanan yang terbuang, melainkan merupakan potret kompleksitas relasi sosial, ekonomi, budaya, dan politik dalam sistem pangan kota. Berbagai analisis dan data yang telah dipaparkan dalam tulisan ini menegaskan bahwa limbah pangan mencerminkan ketimpangan struktural dan inefisiensi sistem. Kota-kota modern, di satu sisi, menjadi episentrum kemakmuran dan inovasi, namun di sisi lain juga menjadi ruang yang paling banyak menghasilkan limbah pangan dan menyimpan kontradiksi mendalam antara kelimpahan dan kelangkaan, antara surplus dan kelaparan.

Permasalahan ini tidak berdiri sendiri, melainkan terkait erat dengan transformasi pola konsumsi, urbanisasi, gaya hidup, serta lemahnya sistem distribusi dan kebijakan pengelolaan limbah. Tantangan yang muncul bersifat multidimensi dan lintas sektor, sehingga solusi yang ditawarkan pun harus bersifat kolaboratif, integratif, dan transformatif. Dalam konteks ini, ekonomi sirkular hadir sebagai pendekatan strategis yang mampu menjawab tantangan keberlanjutan kota secara holistik, tidak hanya mengatasi limbah pangan secara teknis, tetapi juga mengubahnya menjadi peluang sosial, ekonomi, dan lingkungan.

Limbah pangan dapat dikelola menjadi kompos, pakan, energi, bahkan produk industri melalui inovasi teknologi dan kerja sama multipihak. Di sisi lain, penguatan komunitas lokal, peningkatan kesadaran masyarakat, dan edukasi sejak dini tentang pentingnya menghargai pangan menjadi kunci perubahan jangka panjang. Kota-kota yang berhasil mengadopsi prinsip ekonomi sirkular terbukti mampu menciptakan lapangan kerja baru, memperkuat ketahanan

pangan lokal, mengurangi emisi karbon, dan membangun sistem pangan yang lebih adil dan tangguh.

Namun demikian, keberhasilan transformasi ini sangat ditentukan oleh komitmen politik dan arah kebijakan kota. Tanpa regulasi yang mendukung, tanpa dukungan infrastruktur, serta tanpa partisipasi aktif warga kota, maka upaya pengelolaan limbah pangan akan tetap terfragmentasi dan sporadis. Diperlukan kemauan politik yang kuat untuk menciptakan sistem insentif bagi pelaku usaha dan konsumen, integrasi program pangan dan lingkungan dalam perencanaan kota, serta perlindungan terhadap kelompok rentan agar mereka tidak hanya menjadi objek kebijakan, melainkan subjek aktif perubahan.

Oleh karena itu, berikut adalah rekomendasi beberapa langkah strategis yang bisa diupayakan:

1. Pemerintah kota perlu menyusun kebijakan pengelolaan limbah pangan yang berbasis data dan partisipatif, serta mengintegrasikan pendekatan ekonomi sirkular dalam perencanaan pembangunan kota.
2. Dukungan terhadap inisiatif komunitas dan UMKM lokal dalam pengolahan limbah pangan harus diperkuat melalui bantuan teknis, insentif fiskal, dan akses pembiayaan.
3. Pendidikan lingkungan dan pangan harus dimasukkan dalam kurikulum sekolah dasar hingga menengah, guna menanamkan nilai keberlanjutan sejak dini.
4. Kolaborasi lintas sektor (pemerintah, swasta, akademisi, dan masyarakat sipil) perlu diformalkan melalui forum multipihak yang terstruktur dan inklusif.
5. Perluasan infrastruktur pengolahan limbah organik dan pemisahan sampah dari sumber harus menjadi prioritas utama dalam pengelolaan tata kota.

Lebih dari itu, dibutuhkan perubahan cara pandang masyarakat perkotaan terhadap makanan dan limbah. Mengelola limbah pangan

tidak boleh lagi dilihat sebagai kewajiban moral semata, melainkan sebagai bagian dari gaya hidup cerdas, sehat, dan bertanggung jawab. Kecintaan terhadap makanan harus diwujudkan bukan hanya dalam produksi dan konsumsi, tetapi juga dalam mengurangi pemborosan, menghargai kerja petani, dan mengoptimalkan setiap sumber daya yang kita miliki.

Beberapa kota di Indonesia, seperti Jakarta, Yogyakarta, Makassar, dan Malang diharapkan dapat menjadi pelopor dalam pengelolaan limbah pangan berbasis ekonomi sirkular dan keadilan sosial. Dengan kekayaan budaya, potensi komunitas yang besar, serta semangat gotong royong yang masih kuat, Indonesia memiliki modal sosial yang besar untuk mewujudkan kota yang tidak hanya modern dan pintar, tetapi juga berkeadilan dan berkelanjutan.

Akhirnya, pengelolaan limbah pangan bukanlah tujuan akhir, tetapi jalan menuju transformasi sistem pangan yang lebih berkelanjutan, inklusif, dan resilien. Dengan menjadikan limbah pangan sebagai pintu masuk untuk mengoreksi ketimpangan sistemik, membangun solidaritas baru, dan menata ulang hubungan kita dengan alam dan sesama, maka kita sedang menapaki jalan menuju kota masa depan, kota yang layak huni untuk semua, tidak hanya untuk generasi hari ini, namun juga untuk generasi penerus.

Daftar Pustaka

- Addo, P., Djekic-Ivankovic, M., Abdu, A., Boadi, P., Eyo, O., Baguignan, M., Atakoun, A., Adamagnon, E., Oso, O., Owusu, J., Nwabuko, S., Naim, S., & Marquis, G. (2024). Gender role in food rights and sovereignty in West Africa: A rapid review. *African Journal of Food, Agriculture, Nutrition and Development*. <https://doi.org/10.18697/ajfand.135.24245>
- Al-Obadi, M., Ayad, H., Pokharel, S., & Ayari, M. (2022). Perspectives on food waste management: Prevention and social innovations. *Sustainable Production and Consumption*. <https://doi.org/10.1016/j.spc.2022.02.012>
- Alkon, A. (2018). Looking back to look forward. *Local Environment*, 23, 1090–1093. <https://doi.org/10.1080/13549839.2018.1534092>
- Borrello, M., Caracciolo, F., Lombardi, A., Pascucci, S., & Cembalo, L. (2017). Consumers' perspective on circular economy strategy for reducing food waste. *Sustainability*, 9(141). <https://doi.org/10.3390/SU9010141>
- Cahyana, A., Vanany, I., Arvitrida, N., & Gunawan, I. (2024). Modeling the relationships among the driving factors of food waste in Indonesian city. *Journal of Industrial Engineering and Management*. <https://doi.org/10.3926/jiem.6012>
- De Souza, M., Pereira, G., De Sousa Jabbour, A., Jabbour, C., Trento, L., Borchardt, M., & Zvirtes, L. (2021). A digitally enabled circular economy for mitigating food waste: Understanding innovative marketing strategies in the context of an emerging economy. *Technological Forecasting and Social Change*. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2021.121062>
- Fahrenkamp-Uppenbrink, J. (2016). Reducing food loss and waste. *Science*, 352, 424–426. <https://doi.org/10.1126/SCIENCE.352.6284.424-P>

- Gonçalves, M., & Maximo, G. (2022). Circular economy in the food chain: Production, processing and waste management. *Circular Economy and Sustainability*, 1–19. <https://doi.org/10.1007/s43615-022-00243-0>
- Guo, S., & Guo, H. (2024). The driving factors of food waste in Chinese urban households: A qualitative study based on grounded theory. *Sustainability*. <https://doi.org/10.3390/su16146091>
- Haris, N., Edrus, S., Raof, N., Wondi, M., Khan, W., Sien, L., Ilyas, R., Norrrahim, M., & Sawatdeenarunat, C. (2024). Toward low-carbon cities: A review of circular economy integration in urban waste management and its impact on carbon emissions. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Energy and Environment*, 13. <https://doi.org/10.1002/wene.535>
- Ho, K., & Chu, L. (2018). Characterization of food waste from different sources in Hong Kong. *Journal of the Air & Waste Management Association*, 69, 277–288. <https://doi.org/10.1080/10962247.2018.1526138>
- Jensen, P., & Orfila, C. (2021). Mapping the production-consumption gap of an urban food system: An empirical case study of food security and resilience. *Food Security*, 13, 551–570. <https://doi.org/10.1007/s12571-021-01142-2>
- Kalansooriya, C., Gunasekara, W., & Jayarathne, P. (2020). Food security in urban households: The role of women in an Asian context. *Economy*. <https://doi.org/10.20448/journal.502.2020.71.11.18>
- Mejjad, N., Moustakim, M., & Aouidi, S. (2023). Tourism-related food waste: Opportunities and challenges. *Foods*. <https://doi.org/10.3390/foods2023-15080>
- Mokrane, S., Buonocore, E., Capone, R., & Franzese, P. (2023). Exploring the global scientific literature on food waste and loss. *Sustainability*. <https://doi.org/10.3390/su15064757>

- Nguyen, T., Van Den Berg, M., & Nguyen, M. (2023). Food waste in primary schools: Evidence from peri-urban Viet Nam. *Appetite*, 183. <https://doi.org/10.1016/j.appet.2023.106485>
- Niu, Z., Jin, N., Li, B., Han, J., Wu, X., & Huang, Y. (2022). Food waste and its embedded resources loss: A provincial level analysis of China. *Science of the Total Environment*, 153665. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.153665>
- Odunitan-Wayas, F., Alaba, O., & Lambert, E. (2020). Food insecurity and social injustice: The plight of urban poor African immigrants in South Africa during the COVID-19 crisis. *Global Public Health*, 16, 149–152. <https://doi.org/10.1080/17441692.2020.1854325>
- Paganini, N., & Lemke, S. (2020). “There is food we deserve, and there is food we do not deserve”: Food injustice, place and power in urban agriculture in Cape Town and Maputo. *Local Environment*, 25, 1000–1020. <https://doi.org/10.1080/13549839.2020.1853081>
- Parsa, A., Van De Wiel, M., Schmutz, U., Taylor, I., & Fried, J. (2024). Balancing people, planet, and profit in urban food waste management. *Sustainable Production and Consumption*. <https://doi.org/10.1016/j.spc.2024.01.003>
- Pedrotti, M., Fattibene, D., Antonelli, M., & Castelein, B. (2023). Approaching urban food waste in low- and middle-income countries: A framework and evidence from case studies in Kibera (Nairobi) and Dhaka. *S*

Penerapan Ekonomi Sirkular dalam Pengelolaan Sampah Plastik PET di Indonesia

Adi Budipriyanto

Pendahuluan

Plastik merupakan salah satu material paling dominan dalam kehidupan modern karena sifatnya yang ringan, kuat, dan murah. *Polyethylene Terephthalate (PET)* adalah salah satu jenis plastik yang paling banyak digunakan, khususnya dalam kemasan minuman sekali pakai. Di Indonesia, konsumsi botol PET mencapai lebih dari satu juta ton per tahun, menjadikannya penyumbang signifikan timbunan sampah plastik nasional. Menurut data Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (KLHK), Indonesia menghasilkan sekitar 33,82 juta ton sampah pada 2024, dengan 19,76% merupakan sampah plastik di mana sebanyak 6,68% di antaranya adalah sampah plastik PET. Sebagian besar timbunan sampah belum terkelola dengan optimal dan berpotensi mencemari lingkungan, baik daratan maupun perairan. Indonesia menghasilkan sekitar 1,2 juta ton sampah PET setiap tahun, namun hanya sekitar 20 – 30% dari sampah PET tersebut yang terkumpul dan berhasil didaur ulang (KLHK, 2023). Sebagian besar sisanya sekitar 70 – 80% terbuang ke alam, terutama ke sungai dan laut, menyebabkan polusi plastik yang signifikan (*Plastic Waste Management in Indonesia, 2024*).

Untuk mengatasi permasalahan ini, pendekatan ekonomi sirkular (*circular economy*) mulai diperkenalkan sebagai solusi berkelanjutan dalam pengelolaan sampah plastik. Ekonomi sirkular bertujuan untuk menjaga nilai utilitas produk, material, dan sumber daya selama mungkin dalam siklus ekonomi, serta meminimalkan timbunan limbah. Dalam konteks plastik PET, pendekatan ini mencakup rangkaian strategi seperti desain ulang produk, pengumpulan dan pemilahan yang efisien, daur ulang mekanik dan kimia, serta penggunaan kembali dalam sistem tertutup. Memang sampah plastik PET dapat didaur ulang menjadi beberapa produk, di

antaranya adalah *polyester fiber* (PSF), rPET, *strapping & sheet*, dan produk lainnya seperti karpet, *filament*, dan sebagainya. Produk rPET (*recycled PET*) merupakan salah satu produk daur ulang yang memungkinkan penggunaan kembali botol plastik sebagai bahan baku baru, bahkan untuk kemasan makanan dan minuman selama memenuhi standar keamanan pangan (*food grade*).

Di Indonesia, jumlah dan kapasitas industri daur ulang rPET semakin meningkat. Tentu ini merupakan perkembangan yang sangat positif karena akan menyerap semakin banyak sampah plastik sebagai bahan bakunya. Meskipun begitu, sangat penting untuk mengetahui bagaimana sesungguhnya model *supply chain* sampah PET agar dapat mengetahui problematikanya. Apakah timbunan sampah plastik PET mampu memenuhi kebutuhan untuk bahan bakunya? Berapa energi yang dibutuhkan untuk proses daur ulang, dan bagaimana jika dibandingkan dengan PET *virgin*? Tulisan ini bertujuan untuk mengkaji potensi penerapan ekonomi sirkular (*circular economy*) pada pengelolaan sampah plastik PET di Indonesia. Fokus utama diarahkan pada pengembangan rantai nilai daur ulang PET menjadi rPET, tantangan yang dihadapi, serta peluang strategis untuk mendorong keberlanjutan industri plastik nasional. Harapannya, kajian ini dapat memberikan masukan yang konstruktif bagi pengambilan keputusan dalam upaya mewujudkan sistem pengelolaan sampah plastik yang berkelanjutan di Indonesia.

Limbah Plastik dan Dampaknya

Indonesia menghadapi tantangan besar dalam pengelolaan sampah plastik, karena kontribusi sampah plastik sangat signifikan terhadap pencemaran laut sedangkan tingkat daur ulangnya masih rendah (Koordinasi Nasional Penanganan Sampah Laut, 2024). Limbah plastik memiliki ketahanan terhadap degradasi biologis, sehingga dapat bertahan ratusan tahun di lingkungan. Limbah plastik mayoritas jenis PET yang tidak terkelola dengan baik dapat mencemari perairan, tanah, dan mengganggu ekosistem. Menurut UNEP (2018), sekitar 60% dari semua plastik yang pernah diproduksi masih ada di lingkungan. Karena ringan dan tahan air, plastik PET mudah terbawa ke sungai dan berakhir di laut.

Menurut penelitian Jambeck et al. (2015), Indonesia menyumbang sekitar 1,29 juta ton sampah plastik ke laut setiap tahunnya, menjadikannya penyumbang terbesar kedua secara global. Limbah plastik PET dapat menyumbat saluran air dan merusak habitat mangrove serta ekosistem pesisir, menyebabkan kematian satwa laut akibat terjerat atau menelan plastik, menurunkan kualitas ekosistem laut, dan akhirnya berdampak buruk pada industri perikanan dan pariwisata. Memang plastik PET tidak mudah terurai secara alami, tetapi akan terdegradasi menjadi mikroplastik (partikel <5 mm) akibat sinar Ultra Violet (UV) dan abrasi mekanis. Mikroplastik ini masuk ke rantai makanan melalui ikan dan plankton yang menganggapnya sebagai makanan. Mikroplastik juga menyebabkan pencemaran air tanah dan laut yang berdampak pada pertanian dan kesehatan manusia.

Studi Lebreton et al. (2017) menunjukkan bahwa samudera Pasifik memiliki lebih dari 1,8 triliun potongan plastik, sebagian besar merupakan hasil degradasi PET dan sejenisnya. Jelas, plastik PET yang mencemari darat dan laut menyebabkan gangguan ekologis. Satwa liar seperti burung laut, kura-kura, dan mamalia laut sering ditemukan mati karena memakan atau terperangkap limbah plastik. Plastik PET yang terdegradasi akan menyerap bahan kimia beracun dari lingkungannya (seperti *polychlorinated biphenyl* atau PCB, pestisida) dan dapat menumpuk dalam jaringan hewan laut. Menurut Rochman et al. (2013), plastik yang tertelan oleh ikan dapat menyebabkan kerusakan hati dan stres oksidatif, serta mengganggu proses metabolismenya.

Selain itu, limbah PET yang menumpuk di lahan terbuka dapat menghambat infiltrasi air dan udara di dalam tanah, merusak struktur tanah dan mengurangi kesuburan, menyebabkan kontaminasi logam berat dan zat aditif dari plastik ke dalam tanah, dan akhirnya memengaruhi kualitas tanaman. Menurut laporan UNEP (2018), mikroplastik ternyata juga ditemukan dalam pupuk organik hasil kompos dari limbah domestik sehingga memperparah penyebarannya ke lahan pertanian.

Penelitian Terkait Ekonomi Sirkular dalam Penerapannya

Konsep ekonomi sirkular menekankan prinsip "*reduce, reuse, recycle*" yang bertujuan untuk menjaga nilai utilitas material tetap berada dalam siklus ekonomi selama mungkin (Ellen MacArthur Foundation, 2016). Dalam konteks plastik, pendekatan ekonomi sirkular menjadi sangat penting mengingat sifat dari plastik adalah tidak mudah terurai dan potensi pencemarannya terhadap lingkungan sangat besar. Oleh karena itu, model ekonomi sirkular akan sangat prospektif mengatasi masalah pencemaran lingkungan yang disebabkan oleh plastik. Hal ini berkebalikan dengan model ekonomi linear yang dominan saat ini, di mana rangkaian proses produksi, konsumsi, dan pembuangan telah menyebabkan peningkatan signifikan jumlah sampah plastik global, termasuk di Indonesia.

Sirkular ekonomi dalam konteks limbah plastik PET telah menjadi fokus utama di banyak penelitian, baik dari sudut pandang teknis, sosial, maupun kebijakan. Salah satu pendekatan teknis yang sering dikaji adalah penggunaan *material flow analysis (MFA)* untuk memetakan aliran limbah dan potensi daur ulang, seperti ditunjukkan dalam studi Alifa et al. (2024) dan Amin et al. (2022). MFA membantu mengidentifikasi titik-titik kritis dalam sistem pengumpulan dan pengolahan limbah PET di kota-kota besar seperti Jakarta dan Metro. Dalam hal proses daur ulang, terdapat dua pendekatan utama yaitu mekanik dan kimia. Studi Farida et al. (2024) dan Yuniar (2025) mengembangkan model *reverse logistic* untuk meningkatkan efisiensi daur ulang mekanik, sedangkan Abedsoltan et al. (2022) mengeksplorasi teknik hidrolisis dan penggunaan *machine learning* dalam optimasi daur ulang kimia menjadi Asam Tereftalat (*Terephthalic Acid*-TPA). Belakangan ini, pendekatan inovatif melalui metode fotokatalitik juga dikaji sebagai solusi daur ulang berbasis reaksi atmosferik yang lebih ramah lingkungan.

Dari sudut pandang sosial, ternyata perilaku konsumen memainkan peran penting. Penelitian Yuniar (2024), menggunakan *Theory of Planned Behavior (TPB)*, mengidentifikasi bahwa sikap, norma moral, dan kesadaran terhadap konsekuensi lingkungan berperan mendorong masyarakat untuk berpartisipasi dalam program

daur ulang PET. Selain itu, studi Amirudin *et al.* (2023) menunjukkan pentingnya skema *deposit-refund* untuk meningkatkan tingkat pengembalian botol PET oleh konsumen. Sedangkan dari sudut pandang kebijakan, Subekti (2023) melakukan perbandingan antara regulasi *Extended Producer Responsibility* (EPR) di Indonesia dengan negara lain seperti Tiongkok dan Uni Eropa. Hasilnya menunjukkan bahwa sistem EPR di Indonesia masih lemah dan perlu diperkuat agar produsen bertanggung jawab atas siklus hidup produknya. Studi Gustiawati *et al.* (2023) mengusulkan integrasi sektor informal ke dalam sistem resmi pengelolaan sampah sebagai solusi untuk memperluas jangkauan pengumpulan limbah PET.

Penelitian terkait inovasi dalam penerapan ekonomi sirkular tak kurang jumlahnya. Sebagai contoh, misalnya, inovasi pada konversi PET menjadi produk bernilai tambah seperti *activated carbon* (Agus & Sar Manik, 2024) dan penerapan PET daur ulang dalam kemasan medis (Keul *et al.*, 2024). Adapun penelitian mengenai daur ulang PET menjadi rPET umumnya berfokus pada dua pendekatan utama, yaitu daur ulang mekanik dan daur ulang kimia. Daur ulang mekanik yang melibatkan proses pencucian, pencacahan, dan pelelehan ulang PET telah banyak diterapkan, karena biayanya relatif rendah dan teknologinya tersedia luas. Namun, kualitas rPET hasil daur ulang mekanik dapat menurun akibat degradasi termal dan kontaminasi, sehingga terbatas penggunaannya untuk produk *non-food grade*. Studi Welle (2011) menunjukkan bahwa rPET dapat mencapai kualitas *food-grade* apabila diproses dengan sistem pembersihan canggih seperti teknologi *solid-state polymerization* (SSP).

Untuk mengatasi keterbatasan daur ulang PET secara mekanik, daur ulang kimia menjadi solusi yang menjanjikan. Daur ulang kimia memecah PET kembali menjadi monomer penyusunnya, seperti *asam tereftalat* (TPA) dan *etilen glikol* (EG), dan kemudian dapat digunakan untuk memproduksi PET baru dengan kualitas setara *virgin material*. Studi Abedsoltan *et al.* (2022) berupaya mengintegrasikan *machine learning* untuk mengoptimalkan proses hidrolisis kimia PET menjadi TPA, meningkatkan efisiensinya, dan menurunkan kebutuhan energinya. Meskipun teknologi ini menjanjikan, tantangan utama masih terletak pada biaya tinggi dan skala industri yang terbatas.

Keterlibatan Industri dalam Penerapan Ekonomi Sirkular

Penerapan ekonomi sirkular di beberapa negara industri maju telah cukup sukses dijalankan dengan tujuannya untuk mengurangi pemborosan, meningkatkan daur ulang, dan menciptakan sistem pengelolaan plastik yang berkelanjutan. Uni Eropa (UE) merupakan pemimpin dalam penerapan ekonomi sirkular dengan target penggunaan 10 juta ton plastik daur ulang pada tahun 2025. Jerman menerapkan *deposit refund system (DRS)* untuk memotivasi pengumpulan botol PET (Karin *et al.*, 2021). Perancis menerapkan kebijakan *Extended Producer Responsibility (EPR)* yang memotivasi produsen untuk mengelola daur ulang kemasan. Beberapa negara bagian Amerika Serikat menerapkan kebijakan EPR dan kemitraan publik-swasta untuk memotivasi pengumpulan dan pemrosesan limbah plastik di fasilitas daur ulang (National Association for PET Container Resources, 2020). Sedangkan Jepang secara aktif mengintegrasikan kebijakan EPR dengan sistem *reverse logistics* untuk mengefisienkan pengumpulan kembali botol PET dari konsumen dan mendaur ulang menjadi rPET.

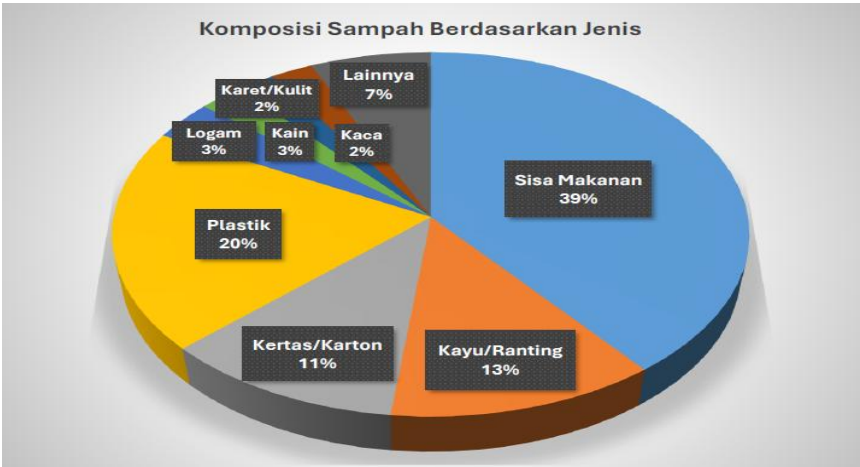
Di Indonesia, peran industri dalam penerapan ekonomi sirkular ditunjukkan beberapa produsen yang mulai mengadopsi rPET untuk produk kemasan mereka, terutama di sektor minuman. Misalnya, inisiatif Amandina Bumi Nusantara yang memproduksi botol berbahan 100% rPET dengan dukungan Coca-Cola. Keberhasilan ini menjadi contoh penting mengenai integrasi daur ulang dalam rantai pasok industri. Meskipun begitu, kontrol kualitas terhadap hasil akhirnya tidak kalah penting. Dalam bidang aplikasi medis, misalnya, pentingnya penekanan pada kebutuhan sterilisasi dan kontrol kualitas dalam penggunaan rPET tak bisa dikompromikan (Keul *et al.*, 2024). Memang pada konteks Indonesia, integrasi daur ulang dalam rantai pasok industri masih menghadapi tantangan yang tidak ringan. Penyebabnya adalah sistem pengumpulan sampah yang belum optimal, kontaminasi limbah rumah tangga, dan keterbatasan infrastruktur daur ulang. Untuk mengatasinya, integrasi sektor informal dan peningkatan regulasi yang diorientasikan pada peningkatan pasokan PET berkualitas bagi industri rPET bisa merupakan strategi yang tepat (Gustiawati *et al.*, 2023). Tentu saja permintaan pasar

produk berkelanjutan yang diupayakan untuk terus-menerus tumbuh dapat menjadi dorongan bagi industri rPET nasional untuk bertransformasi dan berkembang pesat.

Implementasi ekonomi sirkular dalam pengelolaan sampah plastik memerlukan kolaborasi antara berbagai pemangku kepentingan, yaitu sektor publik yang diwakili pemerintah, sektor swasta yang diwakili perusahaan, dan masyarakat. Kolaborasi yang dilakukan melalui desain jaringan *reverse logistic* yang efektif ternyata dapat mengurangi secara signifikan biaya dan emisi gas rumah kaca dalam pengelolaan sampah plastik di Jakarta (Ardi *et al.*, 2023). Kemitraan antara sektor publik dan swasta dapat menjadi kunci untuk meningkatkan efisiensi proses pengumpulan dan proses daur ulang sampah plastik (Amirudin *et al.*, 2023). Memang perilaku konsumen (masyarakat) memainkan peran yang tidak kalah penting dalam keberhasilan program daur ulang plastik PET. Niat konsumen untuk berpartisipasi dalam program daur ulang ternyata dipengaruhi oleh sikap personal, norma moral, dan kesadaran terhadap konsekuensi lingkungan (Farida *et al.*, 2024).

Komposisi Sampah dan Sampah Plastik di Indonesia

Berdasarkan data dari Sistem Informasi Pengelolaan Sampah Nasional Kementerian Lingkungan Hidup (<https://sipsn.menlhk.go.id/sipsn/public/data/timbulan>), jumlah timbulan sampah nasional tahun 2024 adalah sebesar 33.820..687,54 ton yang terdiri dari sampah sisa makanan, sampah plastik, sampah kayu/ranting, sampah kertas/karton, dan sampah jenis lainnya. Komposisi masing-masing jenis sampah ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Komposisi Jenis Sampah Nasional
(Sumber: <https://sipsn.kemenvh.go.id/sipsn/public/data/komposisi>)

Lima besar komposisi sampah secara berurutan adalah sampah sisa makanan 39,31%, sampah plastik 19,76%, sampah kayu/ranting 12,53%, sampah kertas/karton, 11,21%, sisanya adalah sampah berbagai jenis (logam, kain, kaca, karet/kulit, dan lain-lain). Untuk jenis sampah plastik, secara umum dapat dikelompokkan menjadi 7 (tujuh) yaitu PET (*Polyethylene Terephthalate*), HDPE (*High-Density Polyethylene*), PVC (*Polyvinyl Chloride*), LDPE (*Low-Density Polyethylene*), PP (*Polypropylene*), PS (*Polystyrene*), jenis plastik lainnya. Tabel 1 menunjukkan data komposisi jenis sampah plastik tahun 2024.

Tabel 1. Komposisi Sampah Plastik Tahun 2024

Jenis Plastik	Perkiraan Komposisi
LDPE & HDPE	35-40%
PET	15-20%
PP	10-15%
PS	5-10%
PVC	3-5%
Multilayer	10-15%
Lainnya	2-5%

Berdasarkan komposisi tersebut, sampah plastik PET di Indonesia diperkirakan sebesar 996.492,13 ton sampai dengan 1.328.656,17 ton. Menurut data dari Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (KLHK), hanya sekitar 20% dari sampah plastik berhasil dikumpulkan dan dikelola untuk daur ulang. Dalam hal PET, angka ini bisa sedikit lebih tinggi di daerah-daerah dengan sistem pengelolaan sampah yang lebih baik, namun umumnya berkisar antara 15% hingga 25% (KLHK, 2023). Sebagian besar sampah PET yang tidak terkumpul akan berakhir di tempat pembuangan sampah yang tidak terkelola dengan baik atau terbuang ke alam, termasuk sungai dan laut. Data tersebut didukung oleh laporan dari *Plastic Waste Management in Indonesia* (2024) yang menunjukkan bahwa sekitar 70 – 80% sampah plastik yang tidak terkelola akan terbuang ke alam, baik dalam bentuk sampah yang terabaikan di tempat pembuangan akhir (TPA) maupun yang bocor ke sungai dan laut.

Jika estimasi moderat digunakan, yaitu 20% sampah PET di Indonesia dapat terkumpul dan didaur ulang (berdasarkan data KLHK), maka dari total 13,08 juta ton sampah PET, yang berhasil dikumpulkan sebesar 2,616,000 ton sedangkan yang terbuang ke alam sebesar 10,464,000 ton. Sampah plastik PET dapat didaur ulang untuk menghasilkan berbagai jenis produk. Secara umum produk yang dihasilkan dapat dikategorikan menjadi *polyester fiber* (PSF), rPET untuk botol/kemasan, *strapping sheet*, dan jenis lainnya (karpet, *filament*). Tabel 2 menunjukkan distribusi umum produk olahan dari PET daur ulang.

Tabel 2. Distribusi Umum Produk Olahan dari PET

Produk	Est. Persentase (%) PET
<i>Polyester Fiber</i> (PSF)	50 - 60
rPET untuk botol/kemasan	20 – 30
<i>Strapping sheet</i>	10 – 15
Lainnya	5 - 10

Ekosistem Rantai Pasok Bahan Baku Industri Daur Ulang Plastik PET di Indonesia

Indonesia saat ini memiliki kapasitas daur ulang PET sebesar 286.000 ton per tahun (Kemenperin, 2023), namun sebagian besar masih digunakan untuk produk non-pangan. Beberapa perusahaan telah melakukan proses produksi dari PET menjadi *recycled PET* (rPET) untuk *food grade* yang memenuhi standar internasional (Siaga Indonesia, 2024). Upaya ini merupakan bagian dari komitmen industri untuk mengurangi jejak plastik dan mendukung target pengurangan sampah nasional sebesar 30% pada tahun 2025. Meskipun terdapat perkembangan positif, beberapa masalah masih signifikan menghambat pertumbuhan industri rPET di Indonesia. Masalah tersebut antara lain: terbatasnya sistem pengumpulan dan pemilahan sampah yang efisien, rendahnya kesadaran masyarakat akan nilai ekonomis botol bekas, serta ketidakseimbangan harga antara PET *virgin* dan rPET yang membuat produsen enggan beralih ke rPET (Yudha *et al.*, 2024).

Tingkat pengumpulan sampah PET yang rendah, yang hanya mencapai 20% hingga 30%, mengindikasikan perlunya perbaikan sistem pemilahan sampah dan peningkatan kesadaran masyarakat untuk memasok lebih banyak bahan baku agar daur ulang dapat dijalankan dengan efisien (*Plastic Waste Management in Indonesia*, 2024). Proses daur ulang PET memang sangat bergantung pada ketersediaan bahan baku berupa botol plastik bekas yang dikumpulkan dari berbagai sumber. Struktur rantai pasok bahan baku daur ulang PET ini ternyata sangat kompleks, mencerminkan karakteristik sistem pengelolaan sampah di Indonesia yang masih didominasi oleh sektor informal. Untuk menjamin pasokan yang stabil dan berkualitas dalam produksi rPET, pemetaan dan penguatan model rantai pasok bahan baku daur ulang PET menjadi krusial.

Model rantai pasok tradisional berbasis sektor informal merupakan model paling umum dan mendominasi penyediaan bahan baku daur ulang PET di Indonesia. Model ini melibatkan pemulung sebagai pengumpul utama botol PET bekas dari berbagai lokasi,

termasuk tempat pembuangan akhir (TPA), jalanan, kawasan niaga, dan area publik lainnya. Botol-botol tersebut kemudian dijual ke pengepul yang selanjutnya mendistribusikannya ke pengumpul besar atau *aggregator*. Dari *aggregator*, botol PET dapat diproses langsung atau dikirimkan ke pabrik daur ulang. Meskipun model pengumpulan seperti itu telah berlangsung lama dan menjadi tulang punggung pasokan, keterbatasan utamanya adalah tiadanya standarisasi kualitas, tingginya tingkat kontaminasi, dan adanya risiko ketidakstabilan pasokan akibat persaingan harga antar pembeli.

Model rantai pasok berbasis bank sampah dan koperasi formal swadaya masyarakat dalam pengumpulan bahan baku merupakan model alternatif yang lebih terkoordinasi. Dalam model ini, masyarakat menyetorkan botol PET yang telah dipilah dari rumah tangga atau institusi lainnya ke bank sampah. Saat ini sudah ada lebih dari 11.000 bank sampah yang tercatat oleh Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (KLHK, 2023), namun skala kontribusinya pada kuantitas pasokan PET untuk didaur ulang masih terbatas. Meskipun demikian, model ini menawarkan keuntungan dalam bentuk kualitas bahan baku yang lebih bersih serta peningkatan kesadaran masyarakat dalam melakukan pemilahan sampah sebelum dikumpulkan.

Model rantai pasok berbasis *Closed-Loop* dan *Extended Producer Responsibility* (EPR) merupakan model yang lebih menekankan peran produsen daripada konsumen. Seiring diterapkannya kebijakan *Extended Producer Responsibility* (EPR), beberapa produsen termotivasi untuk mengembangkan sistem pengumpulan bahan baku sendiri sebagai bagian dari upaya membangun ekonomi sirkular. Model ini biasanya dilakukan dalam bentuk kemitraan dengan perusahaan daur ulang, LSM, atau melalui pembentukan unit pengumpulan internal. Contoh penerapan nyata model ini, misalnya kolaborasi antara Danone-Aqua dan Veolia, dan kolaborasi antara Coca-Cola Europacific Partners dan Dynapack Asia. Produsen mengumpulkan botol PET dari produk mereka sendiri, kemudian mengolahnya menjadi rPET yang dapat digunakan ulang dalam kemasan baru. Model ini menawarkan konsistensi pasokan dan kontrol kualitas, namun tentunya memerlukan investasi infrastruktur dan operasional yang tidak sedikit.

Model yang paling inovatif untuk rantai pasok bahan baku saat ini adalah model rantai pasok berbasis digital dan *marketplace* daur ulang. *Startup* berbasis digital seperti *Waste4Change*, *Duitin*, dan *Rekosistem* telah menawarkan dan mengoperasikannya. Mereka mengembangkan *platform digital* untuk menjembatani konsumen (rumah tangga, kantor, restoran) dengan pengumpul sampah. Model ini mengandalkan aplikasi yang memungkinkan pengguna memesan penjemputan botol PET dan sampah jenis lainnya yang telah dipilah, serta menciptakan sistem pelacakan dan transparansi dalam operasionalnya. Meskipun skala kontribusinya masih terbatas, penerapan model ini menjanjikan efisiensi logistik dan peningkatan *traceability* bahan baku, sekaligus mengedukasi konsumen dalam rantai nilai daur ulang.

Menurut studi GA Circular (2020) dan World Bank (2021), kontribusi masing-masing model terhadap total pasokan botol PET bekas untuk daur ulang di Indonesia diperkirakan sebagai berikut: sektor informal (pemulung, pengepul): $\pm 70\text{--}80\%$; bank sampah dan koperasi/komunitas formal: $\pm 10\text{--}15\%$; sistem produsen (EPR/*closed-loop*): $\pm 5\text{--}10\%$; platform digital dan *startup*: $< 1\%$. Beberapa tantangan utama yang masih harus dihadapi di sisi hulu industri daur ulang PET ini meliputi: fragmentasi rantai pasok akibat tidak adanya integrasi sistem, ketiadaan standar kualitas dan harga acuan bahan baku, kontaminasi tinggi pada botol bekas dari sumber campuran, ketergantungan pada aktor informal tanpa adanya perlindungan sosial, dan minimnya insentif bagi masyarakat untuk memilah sampah PET. Untuk menjamin keberlanjutan pasokan bahan baku, perlu dilakukan penguatan diantaranya melalui: pembentukan sistem insentif berbasis EPR, digitalisasi rantai pasok dan pelacakan bahan baku, pembinaan dan formalisasi sektor informal, serta kolaborasi lintas aktor (produsen, pemerinah daerah, masyarakat).

Kebijakan Industri dan Model Bisnis Daur Ulang PET di Indonesia

Pemerintah telah menetapkan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan (Permen LHK) No. 75 Tahun 2019 Tentang Peta Jalan Pengurangan Sampah oleh Produsen. Peraturan ini mewajibkan

produsen untuk mengurangi sampah kemasan plastik dan melaksanakan *Extended Producer Responsibility* (EPR). Dalam peraturan ini, pemerintah juga mendorong kolaborasi antara produsen dengan industri daur ulang. Namun peraturan ini belum mengatur insentif fiskal seperti *tax holiday*, *tax allowance*, atau subsidi energi yang secara eksplisit diperuntukkan industri daur ulang PET. Meskipun demikian, melalui Kementerian Perindustrian, pemerintah telah memberikan insentif kepada pelaku industri yang menggunakan mesin dan teknologi ramah lingkungan untuk mengajukan fasilitas Bea Masuk Ditanggung Pemerintah (BMDTP) atau keringanan Pajak Penjualan atas Barang Mewah (PPnBM) di sektor industri hijau. Selain insentif tersebut, terdapat peluang pengajuan proyek daur ulang dalam skema *green financing* atau pembiayaan rendah karbon yang dikelola oleh Kementerian Keuangan (Kemenkeu) dan Badan Perencanaan Pembangunan Nasional (Bappenas).

Untuk merealisasikan Permen 75/2019, khususnya terkait dengan *Extended Producer Responsibility* (EPR) dan menciptakan ekonomi sirkular, beberapa model bisnis rPET telah dikembangkan. Di Indonesia, dikenal lima kategori model bisnis yaitu: (1) model industri murni daur ulang (*pure recycler*); (2) model kolaboratif (*close-loop partnership/Brand-Recycler Collaboration*); (3) model konsorsium atau aliansi mutipihak; (4) model kontrak pembelian rPET; dan (5) model investasi langsung atau *joint venture*. Pada **model bisnis pure recycler**, perusahaan fokus pada proses daur ulang tanpa keterikatan langsung dengan merek produsen. Mereka membeli bahan baku daur ulang PET dari *aggregator* atau pengepul, lalu mengolahnya menjadi rPET dalam bentuk *flakes* atau *pellet* dan menjualnya ke berbagai industri, termasuk industri tekstil, kemasan, dan otomotif. Contoh perusahaan yang menerapkan model ini adalah PT Tridi Oasis Group dan PT Inoplas Makmur Sentosa.

Pada model bisnis *closed-loop partnership* (atau model integrasi vertikal *Brand-Recycler Collaboration*), daur ulang diinisiasi oleh produsen besar yang berkomitmen pada prinsip ekonomi sirkular dan tanggung jawab atas siklus hidup produknya. Produsen tersebut bekerja sama langsung dengan perusahaan daur ulang PET untuk memastikan botol bekas mereka dikumpulkan dan diolah menjadi rPET

food-grade, lalu digunakan kembali sebagai botol baru. Model ini menerapkan ekonomi sirkular penuh (*circular packaging*), di mana produsen tidak hanya membeli rPET, tapi juga mengamankan sumber bahan bakunya. Model ini sudah banyak diterapkan perusahaan di Indonesia, seperti Veolia–Danone yang menghasilkan rPET dari botol Aqua dan menggunakannya kembali dalam produksi botol baru dan juga PT Dynapack Asia yang bermitra dengan PT. Coca-Cola untuk membangun pabrik rPET *food-grade*.

Model bisnis konsorsium atau aliansi multipihak dikembangkan dengan cara beberapa *stakeholder* membentuk aliansi atau konsorsium untuk membangun sistem pengumpulan dan daur ulang bersama. Pendekatan ini melibatkan kolaborasi lintas aktor antara produsen, pemerintah, LSM, perusahaan rintisan, komunitas pengumpul sampah, pemulung, bank sampah, pemerintah daerah, dan perusahaan daur ulang. Rantai nilai dibangun secara partisipatif dengan berbagi risiko dan manfaat. Salah satu contoh penerapan model ini adalah *Indonesia Packaging Recovery Organization* (IPRO). IPRO didirikan oleh produsen untuk mendukung implementasi EPR melalui pengumpulan dan pemrosesan sampah kemasan mereka. Contoh lainnya adalah Aliansi Nasional untuk Plastik Daur Ulang (ANPD), Program “*Recycle Lab*” dan Plastikku yang melibatkan *startup* digital dan pemerintah daerah.

Adapun pada model bisnis berbasis kontrak pembelian rPET, produsen tidak membangun fasilitas daur ulang sendiri, tetapi melakukan *offtake agreement* jangka panjang dengan perusahaan rPET. Model ini memberikan jaminan pasar bagi perusahaan daur ulang dan sekaligus jaminan pasokan bagi produsen. Model ini cocok untuk produsen menengah yang tidak memiliki kapasitas untuk melakukan investasi langsung fasilitas daur ulang. Sedangkan model bisnis berbasis investasi langsung atau *joint venture*, produsen besar ikut menanamkan modal di fasilitas daur ulang, baik secara penuh maupun melalui *joint venture*. Mereka melakukan kendali mutu dan memberikan kepastian pasokan jangka panjang.

Efisiensi Produksi dan Efisiensi Konsumsi Energi dalam Industri Daur Ulang PET

Tingkat efisiensi produksi dalam industri daur ulang yang mengonversi sampah PET menjadi rPET sangat tergantung pada kualitas bahan baku, kualitas produk akhir yang diinginkan, serta teknologi dan kualitas proses produksinya. Dalam praktiknya, setiap satu ton sampah botol PET (*bottle-grade post-consumer PET waste*) umumnya menghasilkan sekitar 0,75 hingga 0,85 ton rPET *flakes*, jika bahan baku cukup bersih dan proses produksinya menggunakan teknologi cuci panas (*hot wash*) dengan sistem pemisahan lanjutan. Jika produk yang diinginkan adalah rPET *food-grade pellets*, dibutuhkan proses tambahan seperti *solid-state polymerization (SSP)* atau *vacuum decontamination*. Karena proses tambahan konversi dari rPET *flakes* ke rPET *food grade* itulah, efisiensinya turun dengan rata-rata konversi satu ton sampah PET menghasilkan $\pm$ 0,65 hingga 0,75 ton rPET *food-grade*.

Faktor lain yang dapat memengaruhi efisiensi produksi rPET adalah (1) tingkat kontaminasi bahan baku, seperti botol yang masih mengandung sisa cairan atau tercampur dengan bahan metal; (2) tingkat pemilahan bahan baku, yaitu proses pemilahan botol sampai menghasilkan botol yang tidak tercampur dengan plastik jenis lain; dan (3) tingkat kecanggihan teknologi daur ulang, misalnya teknologi dengan sistem otomatis, sensor optik, dan proses dikontaminasi yang akurat. Setelah mengetahui tingkat efisiensi produksinya, estimasi kapasitas produksi industri rPET secara nasional dapat dihitung. Jika volume sampah plastik PET yang dihasilkan secara nasional sekitar 13.08 juta ton per tahun, dan seluruh sampah PET itu didaur ulang dengan efisiensi produksi (konversi) sekitar 70%, maka potensi rPET yang dihasilkan adalah sekitar 9.15 juta ton per tahun. Angka kapasitas produksi rPET ini cukup besar dan dapat ditingkatkan jika sistem pengumpulan dan pemilahan sampah diperbaiki, sehingga Indonesia betul-betul dapat mengurangi ketergantungan pada plastik PET *virgin*.

Dalam hal tingkat efisiensi konsumsi energi, penggunaan jenis teknologi yang digunakan dalam proses konversi dari PET menjadi rPET menjadi sangat menentukan. Meskipun demikian, teknologi

konvensional proses daur ulang mekanik masih menawarkan keuntungan signifikan dalam efisiensi konsumsi energi dibandingkan dengan produksi PET *virgin* dari bahan baku fosil. Proses daur ulang mekanik meliputi tahapan pengumpulan, pencucian, penggilingan, pengeringan, dan ekstrusi menjadi pelet rPET. Berdasarkan studi yang dilakukan oleh PlasticsEurope (2022), energi yang dibutuhkan untuk memproduksi 1 ton rPET melalui proses daur ulang mekanik berkisar antara 0,7 hingga 1,1 megawatt jam (MWh) atau sekitar 2.500 hingga 4.000 megajoule (MJ). Sedangkan produksi PET *virgin* dari minyak bumi memerlukan energi yang jauh lebih tinggi, yaitu sekitar 6 hingga 8 MWh per ton, atau sekitar 20.000 hingga 30.000 MJ (WRAP, 2021). Hal ini menunjukkan bahwa produksi rPET dapat menghemat energi hingga 75–85% dibandingkan dengan PET *virgin*. Tabel 3 menunjukkan estimasi tingkat konsumsi energi dari berbagai produk plastik beserta teknologi proses daur ulang yang diterapkan.

Selain efisiensi konsumsi energi, penggunaan rPET juga berkontribusi terhadap pengurangan emisi karbon secara signifikan. Menurut Ellen MacArthur Foundation (2020), emisi gas rumah kaca dapat dikurangi sebesar 1,5 hingga 2,5 ton CO₂ per ton PET yang didaur ulang. Perhitungan emisi CO₂ yang dihasilkan dari proses daur ulang dapat menggunakan estimasi emisi yang dihasilkan per satuan energi yang dikonsumsi dan bahan bakar fosil untuk menghasilkan energi yang dikonsumsi itu, yaitu menggunakan faktor emisi karbon dari sumber energi yang digunakan (batu bara, gas alam, atau listrik). Dengan kata lain, perhitungan emisi CO₂ memerlukan faktor emisi dari listrik atau bahan bakar yang digunakan dalam proses. Faktor emisi listrik di Indonesia adalah sekitar 0,9 kg CO₂/kWh (rata-rata, bisa berbeda tergantung pada campuran energi listrik yang digunakan). Jika listrik yang digunakan berasal dari pembangkit berbasis batubara, faktor emisi dapat lebih tinggi, sekitar 0,95 - 1,0 kg CO₂/kWh. Jadi, emisi CO₂ pada proses daur ulang mekanik yang mengonsumsi energi 0,7 – 1,1 MWh/ton produk rPET dengan asumsi faktor emisi sebesar 0,9 kg CO₂/kWh adalah 630 – 990 kg CO₂ per ton rPET.

Tabel 3. Konsumsi Energi Berbagai Produk Daur Ulang PET

Produk Daur Ulang	Proses Utama	Estimasi Energi (MWh/ton)	Catatan
rPET (<i>food-grade</i>)	Pencucian intensif, pengeringan, ekstrusi	0,7 - 1,1	Kualitas tinggi, standar FDA/EFSA
<i>Polyester Staple Fiber</i> (PSF)	Pencucian ringan, pencacahan, pelelehan serat	0,5 - 0,9	Tidak perlu standar <i>food grade</i>
PET <i>flakes</i> (untuk ekspor/ industri)	Pencacahan, pencucian	0,2 – 0,4	Produk setengah jadi
<i>Strapping band/ PET sheet</i>	Pelelehan, <i>molding</i> /ekstrusi lembaran	0,6 – 1,0	Tergantung aplikasi akhir
Karpet/ <i>Geotekstil</i>	<i>Non-woven processing</i>	0,4 – 0,8	Hemat energi karena tanpa ekstrusi
Daur ulang kimia	Depolimerisasi & repolimerisasi	1,5 – 2,5	Masih dalam pengembangan di banyak negara

Sebenarnya teknologi proses daur ulang kimia sudah mulai dikembangkan karena memiliki potensi untuk menghasilkan rPET yang kualitasnya mendekati PET *virgin*. Namun, teknologi ini masih tergolong boros dalam penggunaan energi, dengan kebutuhan energi mencapai 1,5 hingga 2,5 MWh per ton, karena adanya proses dipolimerisasi dan repolimerisasi yang kompleks serta memerlukan

bahan kimia tambahan. Oleh karena itu, daur ulang mekanik sampai saat ini tetap menjadi metode yang paling umum dan hemat energi dalam pengolahan sampah PET di Indonesia. Produksi rPET tidak hanya mengurangi limbah plastik tetapi juga menghemat energi dan emisi karbon dibandingkan produksi plastik baru dari bahan baku fosil.

Struktur Biaya Produksi dalam Industri Daup Ulang PET

Proses produksi rPET merupakan salah satu tahapan penting penerapan ekonomi sirkular dalam pengelolaan sampah plastik, dan oleh karena itu memerlukan peninjauan menyeluruh tidak saja secara teknis melainkan juga ekonomi. Tinjauan ekonomi menunjukkan bahwa biaya produksi rPET per ton berkisar di antara USD 450-750 (setara dengan Rp 7–11 juta per ton), tergantung pada skala fasilitas, teknologi yang digunakan, dan efisiensi rantai pasok. Komponen biaya terbesarnya ternyata berasal dari pembelian bahan baku daur ulang PET pasca konsumsi, nilainya mencapai 40–50% dari total biaya. Harga bahan baku ini sangat dipengaruhi oleh tingkat ketersediaan, kualitas botol, dan sistem pengumpulan yang diterapkan. Sumber utama pasokannya adalah dari pemulung, bank sampah, atau pengepul, yang umumnya menjual botol PET dalam bentuk bal dengan harga sekitar USD 200–350 per ton (GA Circular, 2020).

Komponen lainnya meliputi biaya operasional (listrik, air, bahan kimia untuk pencucian), biaya tenaga kerja, dan biaya pemeliharaan mesin. Untuk menghasilkan rPET *food-grade* yang dapat digunakan dalam kemasan pangan, diperlukan biaya operasional tambahan (tambahan beban biaya energi dan investasi teknologi) karena ada proses tambahan seperti *Solid State Polycondensation (SSP)* untuk meningkatkan *intrinsic viscosity (IV)* dan menjamin keamanan pangan. Komponen penting lainnya adalah biaya sertifikasi dan pengujian kualitas, terutama bila produk ditujukan untuk kebutuhan ekspor atau untuk produsen multinasional yang mewajibkan standar internasional FDA (AS), EFSA (Eropa), atau Standar Nasional Indonesia (SNI). Biaya

pengemasan dan logistik, terutama untuk distribusi antar wilayah, juga perlu diperhitungkan.

Namun jika dibandingkan dengan biaya produksi PET *virgin* yang berkisar di antara USD 900–1.200 per ton, produksi rPET jelas lebih kompetitif secara ekonomi dan juga lebih ramah lingkungan, terutama jika sistem pengumpulan bahan bakunya dikelola secara efisien. Meskipun demikian, volatilitas harga bahan baku akibat fluktuasi permintaan pasar dan konsistensi kualitas bahan baku tetap menjadi tantangan utama yang dapat memengaruhi stabilitas struktur biaya, daya saing, dan keberlanjutan produksi rPET dibandingkan dengan produksi PET *virgin*. Tabel 4 menyajikan uraian struktur biaya utama dalam proses produksi rPET, khususnya rPET *food-grade*, dan perbandingannya dengan total biaya produksi PET *virgin*.

Tabel 4. Struktur Biaya Produksi rPET *versus* Total Biaya Produksi PET *Virgin*

Komponen Biaya	Rincian	Estimasi Biaya (USD/ton)
Bahan baku	Sampah botol PET pasca konsumsi (biasanya dibeli dari pengepul/bank sampah)	200 – 350
Operasional	Listrik, air, bahan kimia pencuci, pengolahan limbah	100 – 150
Tenaga Kerja	Pekerja produksi, teknisi, <i>Quality Control</i>	40 – 80
Pemeliharaan mesin	Suku cadang, <i>service</i> rutin, <i>down time</i>	20 – 40
Investasi dan penyusutan mesin	Mesin <i>hot wash</i> , ekstruder, SSP (<i>solid state polycondensation</i>)	30 – 70
Sertifikasi & pengujian	Uji <i>food-grade</i> (FDA, EFSA, SNI), laboratorium	10 – 20

Kemasan & logistik	Pengemasan pelet rPET, pengiriman ke pelanggan	30 - 50
Total biaya produksi rPET <i>food grade</i>	Biaya produksi rPET <i>food grade</i> yang variabilitasnya tergantung pada pasokan bahan baku	450 – 1200
Total biaya produksi PET <i>virgin</i>	Biaya produksi PET <i>virgin</i> yang variabilitasnya tergantung pada harga minyak dan resin	900 – 1200

Kendala dan Tantangan Industri Daur Ulang Sampah Plastik PET di Indonesia

Proses daur ulang sampah PET di Indonesia, masih mengalami berbagai kendala dan tantangan, diantaranya: (1) tingkat pengumpulan sampah PET yang rendah; (2) kualitas bahan baku yang tidak konsisten; (3) kapasitas industri daur ulang terbatas; (4) keterbatasan teknologi; (5) kurangnya standar kualitas rPET nasional; (6) rendahnya kolaborasi dan insentif ekonomi; dan (7) preferensi industri terhadap PET *virgin*. Data terakhir menunjukkan bahwa tingkat pengumpulan sampah PET untuk daur ulang di Indonesia hanya sekitar 15-30% (GA Circular, 2020). Proses pemisahannya di sumber pengumpulan (rumah tangga, restoran, kantor) pun masih sangat minim. Sehingga, banyak sampah PET tercampur baur dengan limbah makanan, minyak, dan bahan material non-PET yang akibatnya menurunkan efisiensi daur ulang dan meningkatkan biaya pencucian. Akibat lainnya adalah tidak semua PET dapat digunakan untuk rPET *food-grade* karena keterbatasan pemurnian kontaminan. Jadi, selain kuantitas bahan baku (sampah PET) yang masih rendah, kualitasnya yang buruk dan tidak konsisten juga menyulitkan industri daur ulang sampah PET untuk berkembang baik.

Di sisi proses produksinya pun, industri daur ulang sampah PET di Indonesia terkendala. Kapasitas terpasang nasional masih terbatas hanya sekitar 286.000 ton/tahun padahal timbulan sampah PET jauh lebih tinggi, bahkan lebih dari 800.000 ton/tahun. Sebaran sampahnya

pun luas dan menyulitkan, di mana tidak semua daerah sumber sampah PET memiliki akses ke fasilitas daur ulang PET skala industri. Teknologi daur ulang yang diterapkan juga masih terbatas dengan banyaknya fasilitas daur ulang yang masih bersifat dasar (*low-tech*) dan belum mampu menghasilkan rPET *food-grade* sesuai standar BPOM, SNI, atau sertifikasi internasional (FDA, EFSA). Kalau pun mampu menghasilkan rPET *food-grade*, standar teknis nasional yang tegas untuk produk rPET belum ada, baik untuk packaging, tekstil, atau kemasan pangan, sehingga menyulitkan produsen dalam menjual dan mengembangkan produk berbasis rPET secara luas.

Di sisi inisiatif kolaborasi antar *stakeholders* untuk menguatkan industri daur ulang sampah PET juga masih terkendala. Semangat kemitraan antara produsen kemasan plastik, pemerintah, komunitas pemulung (*waste picker*), dan industri daur ulang belum begitu kuat. Sehingga, insentif ekonomi untuk kebijakan *Extended Producer Responsibility* (EPR) belum bisa berjalan optimal, terbukti dengan banyaknya produsen yang belum tergerak untuk aktif menarik kembali kemasan produk pasca konsumsi. Situasi tersebut semakin buruk ketika preferensi industri terhadap PET *virgin* yang kualitasnya lebih konsisten tidak juga surut, sementara harga PET *virgin* yang fluktuatif kadang-kadang bisa lebih murah dibandingkan rPET akibat adanya subsidi bahan baku fosil. Sungguh, kendala dan tantangan industri daur ulang sampah plastik PET di Indonesia tidaklah ringan.

Pentingnya Kesadaran untuk Tetap Menggalakkan Industri Daur Ulang Sampah Plastik PET di Indonesia

Agar dapat mengetahui pentingnya kesadaran masyarakat untuk tetap menggalakkan industri daur ulang sampah plastik PET, Tabel 5 berikut ini perlu diperhatikan dengan cermat.

Dari perbandingan dampak di atas, jelas daur ulang plastik PET menjadi rPET jauh lebih bernilai dibandingkan dengan membiarkan sampah plastik PET terbuang ke alam. Pengurangan polusi plastik di alam dan pengurangan ketergantungan pada bahan baku PET *virgin* adalah suatu keuntungan yang sangat besar. Meskipun ada emisi CO₂ terkait energi dalam proses daur ulang rPET, emisi CO₂ dari produksi plastik *virgin* jauh lebih tinggi. Oleh karena itu, dari perspektif

pengurangan jejak karbon, daur ulang plastik lebih menguntungkan dibandingkan membiarkan sampah plastik membusuk di alam.

Tabel 5. Perbandingan Dampak Membiarkan Sampah Plastik PET versus Mendaur Ulangnya Menjadi rPET

Dampak	Membiarkan Sampah Plastik PET di Alam	Mendaur ulang Sampah Plastik PET Menjadi rPET
Dampak Lingkungan	Menimbulkan polusi air dan tanah yang merusak ekosistem & <i>biodiversity</i>	Mengurangi produksi plastik baru dan polusi yang ditimbulkannya
Emisi CO ₂	6.000–7.000 kg CO ₂ /ton pada produksi PET <i>virgin</i>	630–990 kg CO ₂ /ton pada produksi rPET dari PET
Konsumsi Energi	6–8 MWh per ton PET <i>virgin</i> yang diproduksi	0,7–1,1 MWh per ton rPET yang diproduksi mekanik
Biaya Ekonomi & Sosial	Biaya produksi PET <i>virgin</i> kadang bisa lebih murah, tergantung fluktuasi harga bahan baku fosil. Tetapi biaya ekonomi & sosial jangka panjang bagi masyarakat sangat besar.	Biaya produksi rPET tidak selalu lebih murah, karena perlu investasi untuk teknologi dan rantai pasok bahan baku. Tetapi biaya ekonomi & sosial jangka panjang bagi masyarakat sangat menguntungkan.
Keberlanjutan jangka panjang	Sangat merugikan masyarakat luas	Sangat menguntungkan masyarakat luas

Meskipun dalam perspektif mikro, perusahaan yang menggunakan atau memproduksi produk berbahan plastik bisa saja memperoleh keuntungan jangka pendek dengan biaya produksi PET *virgin* yang kadang-kadang bisa relatif murah, terutama ketika harga bahan baku fosil sedang turun. Namun dalam perspektif makro dan

jangka panjang, sangat besar biaya ekonomi dan sosial yang harus dibayarkan masyarakat luas akibat produksi terus menerus PET *virgin* yang kemudian dibiarkan terbuang begitu saja ke alam pasca konsumsi. Industri daur ulang plastik PET menjadi rPET selalu memberikan keuntungan ekonomi dan sosial bagi masyarakat luas, baik jangka pendek maupun jangka panjang. Karena, industri daur ulang tidak hanya memberi manfaat lingkungan, tetapi juga dapat menciptakan lapangan kerja dan mengurangi biaya pembersihan jangka panjang yang ditimbulkan oleh sampah plastik yang mencemari alam. Secara keseluruhan, daur ulang PET jauh lebih mendukung keberkelanjutan hidup jangka panjang masyarakat luas daripada terus menerus membuang plastik ke alam. Oleh karena itu, penting bagi setiap individu, baik yang bekerja di sektor publik, sektor swasta maupun masyarakat sipil, untuk terus menerus meningkatkan kesadaran lingkungan dan mendukung upaya menggalakkan industri daur ulang plastik PET di Indonesia.

Penutup

Penerapan konsep ekonomi sirkular (*circular economy*) dalam pengelolaan sampah plastik PET di Indonesia menawarkan solusi strategis terhadap krisis sampah plastik yang kian mengkhawatirkan. Meskipun Indonesia memproduksi sekitar 1,2 juta ton sampah PET per tahun, hanya 20–30% yang berhasil dikumpulkan dan didaur ulang. Hal ini menunjukkan perlunya transformasi sistemik dalam pengelolaan sampah, mulai dari peningkatan sistem pengumpulan dan pemilahan, integrasi sektor informal, hingga penguatan kebijakan *Extended Producer Responsibility* (EPR). Transformasi PET menjadi *recycled PET* (rPET) tidak hanya mengurangi polusi dan dampak lingkungan, tetapi juga menawarkan efisiensi energi dan pengurangan emisi karbon hingga 75–85% dibandingkan produksi PET *virgin*.

Teknologi daur ulang mekanik dan kimia memang telah berkembang, namun tantangan utama masih berupa keterbatasan infrastruktur, kualitas bahan baku, serta volatilitas harga PET *virgin* yang kadang lebih murah dari rPET. Di sini ditunjukkan bahwa keberhasilan implementasi ekonomi sirkular di sektor sampah plastik PET sangat bergantung pada kolaborasi lintas sektor yang meliputi

pemerintah, industri, masyarakat, dan *startup* digital, untuk membangun rantai pasok yang efisien dan transparan. Selain itu, dukungan regulasi yang tegas, insentif fiskal, serta peningkatan kesadaran konsumen menjadi kunci dalam menciptakan ekosistem daur ulang PET yang berkelanjutan di Indonesia. Dengan potensi produksi rPET yang bisa mencapai 9 juta ton per tahun jika sistem pengumpulan bahan baku dan daur ulang dioptimalkan, Indonesia memiliki peluang besar untuk mengurangi ketergantungan terhadap plastik PET *virgin*, menurunkan emisi karbon, serta menciptakan ekonomi hijau yang inklusif dan berkelanjutan.

Daftar Pustaka

- Abedsoltan, F., et al. (2022). Machine learning optimization in chemical recycling of PET via hydrolysis. *Journal of Cleaner Production*, 350, 131407.
- Agus, A., & Sar Manik, R. (2024). Pemanfaatan limbah plastik PET sebagai karbon aktif untuk filtrasi air bersih. *Jurnal Teknologi Lingkungan*, 25(1), 12–21.
- Alifa, N. A., et al. (2024). Material flow analysis untuk sistem daur ulang PET di Jakarta. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 22(2), 145–158.
- Amin, R. A., et al. (2022). Model pengelolaan limbah plastik berbasis ekonomi sirkular di Kota Metro. *Jurnal Rekayasa Lingkungan*, 18(3), 201–210.
- Amirudin, A., Inoue, C., & Grause, G. (2023). Rethinking waste management in Indonesia using public-private partnership framework: A case study of Akhmad Amirudin PET bottle waste management. *Nature Environment and Pollution Technology*, 22(1), 29–38. <https://doi.org/10.46488/NEPT.2023.v22i01.003>
- Amirudin, M., et al. (2023). Penerapan skema deposit-refund untuk peningkatan pengumpulan PET. *Waste Management & Research*, 41(5), 334–342.
- Ardi, R., Nurkamila, S., Citraningrum, D. L., & Zahari, T. N. (2023). Reverse logistics network design for plastic waste management in Jakarta: Robust optimization method. *International Journal of Technology*, 14(7), 1560–1569. <https://doi.org/10.14716/ijtech.v14i7.6681>
- Danone-AQUA. (2023). *Amandina Bumi Nusantara: Membangun ekosistem daur ulang plastik tertutup*. Retrieved from <https://www.danone.co.id>

- Ellen MacArthur Foundation. (2016). *The new plastics economy: Rethinking the future of plastics*. <https://ellenmacarthurfoundation.org>
- Ellen MacArthur Foundation. (2020a). *Circular Economy for Plastics: Opportunities and Challenges*.
- Ellen MacArthur Foundation. (2020b). *The Circular Economy in Detail: Plastic Packaging*. Retrieved from <https://ellenmacarthurfoundation.org>
- Farida, Y. (2025). *Model logistik balik untuk daur ulang PET di Surabaya* [Tesis, Institut Teknologi Sepuluh Nopember].
- Farida, Y., Siswanto, N., & Vanany, I. (2024). Reverse logistics toward a circular economy: Consumer behavioral intention toward polyethylene terephthalate (PET) recycling in Indonesia. *Case Studies in Chemical and Environmental Engineering*, 10, 100807. <https://doi.org/10.1016/j.cscee.2024.100807>
- GA Circular. (2020). *PET Recycling Landscape in Indonesia*. Retrieved from <https://gacircular.com>
- GIZ Indonesia. (2020). *Assessment of Plastic Waste Recycling Value Chain in Indonesia*.
- Gustiawati, A., et al. (2023). Kolaborasi sektor informal dan formal dalam pengelolaan sampah plastik di Indonesia. *Jurnal Pengelolaan Sumber Daya Alam dan Lingkungan*, 13(4), 265–275.
- Jambeck, J. R., et al. (2015). Plastic waste inputs from land into the ocean. *Science*, 347(6223), 768–771.
- Kagawa, S., et al. (2019). Circular Economy in Japan: Policies, Challenges, and Strategies. *Sustainability*, 11(7), 2042.
- Karin, B., et al. (2021). The Circular Economy and PET Recycling: A European Perspective. *Resources, Conservation & Recycling*, 166, 105-115.

- Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (KLHK). (2019). *Peta Jalan Pengurangan Sampah oleh Produsen*. <https://sipsn.menlhk.go.id>
- Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (KLHK). (2023a). *Data sampah plastik Indonesia 2023: Status pengelolaan dan kebijakan nasional*. <https://klhk.go.id>
- Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (KLHK). (2023b). *Data timbulan sampah nasional 2023*. <https://sipsn.menlhk.go.id>
- Kementerian Perindustrian. (2023). *Industri daur ulang plastik perkuat ekonomi sirkular nasional*. <https://m.industry.co.id>
- Keul, H., et al. (2024). Recycled PET for medical applications: Challenges and opportunities. *Polymer Degradation and Stability*, 214, 110401.
- Koordinasi Nasional Penanganan Sampah Laut. (2024). *Taking plastics full circle: Creating a sustainable future in Indonesia*. <https://sampahlaut.id/2024/05/03/taking-plastics-full-circle-creating-a-sustainable-future-in-indonesia/>
- Lebreton, L. C. M., et al. (2017). River plastic emissions to the world's oceans. *Nature Communications*, 8, 15611.
- NAPCOR. (2020). *The Impact of Extended Producer Responsibility (EPR) on PET Recycling in the U.S.* <https://www.napcor.com>
- Plastic Waste Management in Indonesia. (2024). *The challenge of plastic waste in Indonesia: Current status and future outlook*. <https://sampahlaut.id>
- PlasticsEurope. (2022). *Plastics – the Facts 2022*. <https://plasticseurope.org>
- Purwanto, H. (2022). Studi persepsi konsumen terhadap daur ulang plastik di Yogyakarta. *Jurnal Ekonomi Lingkungan*, 9(2), 97–106.

- Rochman, C. M., et al. (2013). Ingested plastic transfers hazardous chemicals to fish and induces hepatic stress. *Scientific Reports*, 3, 3263.
- Siaga Indonesia. (2024). *Bumi Indus Padma Jaya jadi pabrik daur ulang PET lokal pertama berteknologi food grade*. <https://siagaindonesia.id>
- Starkey, R., & Parkin, S. (2020). *Sustainable Development in Practice: Case Studies for Engineers and Scientists*.
- Subekti, T. (2023). Comparative study of EPR implementation for plastic packaging in China, the EU, and Indonesia. *Environmental Policy and Governance*, 33(1), 45–60.
- UNEP. (2018). *Single-use plastics: A roadmap for sustainability*.
- Veolia. (2022). *Recycled PET and circular economy in Asia*. <https://www.veolia.com>
- Welle, F. (2011). Twenty years of PET bottle to bottle recycling—An overview. *Resources, Conservation and Recycling*, 55(11), 865–875.
- World Bank. (2021). *Market Study for Recycled Plastics in Indonesia: Overview of Supply and Demand*. <https://www.worldbank.org>
- WRAP. (2021). *Comparative LCA study of rPET and virgin PET*. <https://wrap.org.uk>
- Yudha, R. A., Suparno, H., & Prasetyo, A. D. (2024). Demands and Material Flow of Recycled Polyethylene Terephthalate (PET) in Indonesia. *ResearchGate*. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.20634.88002>
- Yuniar, D. (2024). Analisis perilaku konsumen terhadap daur ulang PET menggunakan Theory of Planned Behavior. *Jurnal Ilmu Sosial dan Humaniora*, 11(1), 23–34.

Yuniar, D. (2025). *Optimasi sistem reverse logistics pada industri daur ulang PET* [Disertasi, Universitas Indonesia].

Upaya Membenahi Pengelolaan Sampah di Indonesia

Kun Nasython

Pendahuluan

Secara umum orang beranggapan bahwa sampah adalah sesuatu barang atau benda yang sudah tidak berguna bagi dirinya. Sampah merupakan sesuatu yang kotor, bau, jelek dan tidak berguna lagi sehingga secepatnya harus disingkirkan dan dibuang. Persepsi tentang sampah sebagai sesuatu yang tidak berguna, diperkuat oleh pernyataan “buanglah sampah pada tempatnya” yang mengisyaratkan bahwa sampah memang harus dibuang, tidak dianjurkan untuk dimanfaatkan. Sudah menjadi kebiasaan bagi manusia (masyarakat) untuk membuang sampah, apalagi anggota masyarakat telah dibebani untuk membayar retribusi, sehingga dianggap bahwa sampah adalah urusan pemerintah. Bahkan perilaku membuang sampah menjadi tidak terkontrol, masih banyak anggota masyarakat yang membuang sampah secara sembarangan, tidak pada tempat yang telah disediakan (Tobing, 2005).

Sampah sebagai bahan pencemar lingkungan. Sampah yang tidak dikelola dengan baik akan menjadi penyebab gangguan dan ketidakseimbangan lingkungan. Sampah padat yang menumpuk ataupun yang berserakan menimbulkan kesan kotor dan kumuh, sehingga nilai estetika pemukiman dan kawasan di sekitar sampah terlihat sangat rendah. Bila di musim hujan, sampah padat dapat memicu banjir, maka di saat kemarau sampah akan mudah terbakar. Kebakaran sampah, selain menyebabkan pencemaran udara juga menjadi ancaman bagi pemukiman (Koderi, 2018).

Masalah sampah laut di Indonesia adalah salah satu krisis lingkungan paling serius, terutama yang berkaitan dengan sampah plastik yang mencemari ekosistem pesisir dan laut. Indonesia saat ini merupakan penghasil sampah plastik laut terbesar kedua di dunia, setelah Tiongkok (Jambeck et al., 2015), meskipun sudah ada banyak upaya penanganan. Berikut Tabel 2. Data Dukung Sampah Laut di Indonesia tahun 2020 dan 2025.

Tabel 1. Data Dukung Sampah Laut di Indonesia

Target Pengurangan	Tahun	Estimasi Sampah Laut Masuk ke Laut
30%	2020	± 620.000 ton/tahun
70%	2025	(Proyeksi) ~450.000 ton jika tidak ada intervensi

Sumber : ASEAN Regional Action Plan for Combating Marine Debris (2021–2025).

Problem Sampah Laut di Indonesia

Volume Sampah Sangat Besar

- Menurut KLHK, sekitar 620 ribu ton sampah plastik masuk ke laut setiap tahun.
- Sekitar 80% sampah laut berasal dari darat, terutama dari sungai dan pesisir padat penduduk.

Sumber Sampah Laut

- Rumah tangga (sampah plastik sekali pakai, bungkus makanan)
- Aktivitas pariwisata (botol plastik, sedotan, sampah makanan)
- Perikanan & transportasi laut (jaring ikan bekas, *styrofoam*)
- Industri (limbah kemasan, resin plastik)

Kurangnya Infrastruktur Pengelolaan Sampah

- Banyak daerah belum memiliki TPA yang layak.
- Sampah dari kota-kota besar (Jakarta, Surabaya, Makassar) mengalir lewat sungai ke laut.

- Praktik pembuangan langsung ke laut atau sungai masih terjadi, terutama di wilayah pesisir dan kepulauan kecil.

Minimnya Kesadaran dan Penegakan Hukum

- Kesadaran publik tentang dampak sampah laut masih rendah.
- Regulasi seperti Perpres No. 83 Tahun 2018 belum sepenuhnya dijalankan secara konsisten di daerah.
- Lemahnya pengawasan terhadap industri atau kapal yang membuang sampah ke laut.

Penanganan dan Upaya yang Telah Dilakukan

Regulasi dan Strategi Nasional

- Perpres No. 83 Tahun 2018 tentang Penanganan Sampah Laut dengan target pengurangan 70% sampah plastik di laut pada tahun 2025.
- Penyusunan Stranas PSL (Strategi Nasional Penanganan Sampah Laut), dengan lima pilar utama:
 1. Pengendalian sumber darat
 2. Pengendalian sumber laut
 3. Peningkatan penegakan hukum
 4. Pendanaan dan riset
 5. Edukasi dan partisipasi publik

Program Pemerintah & LSM

- Gerakan bersih pantai & laut (*Beach cleanup* oleh komunitas, pemerintah, TNI/Polri).
- Program Indonesia Bebas Sampah Plastik 2040 oleh Kementerian LHK & mitra internasional.
- Proyek "*Closing the Loop*" dari *World Bank*, mendukung pengelolaan sampah di kota pesisir (Denpasar, Makassar, Semarang).

Penguatan Sistem Pengelolaan Sampah Darat

- Perluasan TPS 3R, bank sampah, dan sistem pengangkutan terpilah.

- Proyek *Early Warning System* Sungai Citarum & Ciliwung untuk mencegah aliran sampah ke laut.

Kolaborasi Internasional

- Dukungan dari *UNEP, World Bank, GIZ, USAID, dan Pew Charitable Trust*.
- Inisiatif regional seperti *ASEAN Regional Action Plan for Combating Marine Debris (2021–2025)*.

Kondisi Pengelolaan Sampah Di Indonesia

Angka dan Data

Berikut adalah data dan angka terbaru (periode 2023–awal 2025) mengenai pengelolaan sampah nasional Indonesia, berdasarkan informasi dari situs resmi SIPSN serta pernyataan Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan:

Data Mutakhir Pengelolaan Sampah Nasional

Timbulan Sampah

- Pada tahun 2023, Indonesia menghasilkan sekitar 38,56 juta ton sampah per tahun dari 362 kabupaten/kota. Informasi dapat diakses pada link berikut: [Universitas Gadjah Mada+6SIPSN+6kompas.id+6](#).
- Data 2024 dari 317 kabupaten/kota mencatat timbulan sampah sebesar 34,21 juta ton/tahun. Informasi dapat diakses pada link berikut: [SIPSN](#).
- Data tahun 2022 mencatat sekitar 36 juta ton sampah, dengan 15% diolah dan 13% didaur ulang. Informasi dapat diakses pada link berikut: [bappenas.go.id](#).

Persentase Sampah Dikelola

- Dari data SIPSN 2023, 62,24 % sampah berhasil dikelola, dan 37,76 % belum terkelola. Informasi dapat diakses pada link berikut: [Universitas Gadjah Mada+5SIPSN+5kompas.id+5](#).

- Menjelang akhir 2024, disebutkan 62,27 % sampah dikelola, sisanya 37,73 % belum dikelola. Informasi dapat diakses pada link berikut: kompas.id.
- Namun hasil verifikasi lapangan Kementerian KLHK pada tahun 2025 hanya menunjukkan 9–10 % sampah dikelola dengan baik (sesuai fasilitas daur ulang/*recovery* di TPA). Informasi dapat diakses pada link berikut: [Antara News+1Antara News+1](#).

Persentase daur ulang (*Recycling Rate*)

- Daur ulang nasional diperkirakan hanya mencapai sekitar 22 % dari total sampah plastik. Informasi dapat diakses pada link berikut: kompas.id.

Komposisi Sampah Rumah Tangga

- Pada tahun 2024, sampah rumah tangga menyumbang sekitar 50,8 % dari total sampah nasional (~33,79 juta ton). Informasi dapat diakses pada link berikut: [SIPSN+2GoodStats Data+2SIPSN+2](#).

Proyeksi Masa Depan

- Indonesia diperkirakan menghasilkan 82 juta ton sampah per tahun pada tahun 2045, dengan kapasitas TPA dalam kondisi kritis menjelang 2028–2030. Informasi dapat diakses pada link berikut: [Universitas Gadjah Mada+1Universitas Gadjah Mada+1](#).
- Target pemerintah: mencapai 100 % pengelolaan sampah pada 2029, menutup praktik pembuangan terbuka di 343 TPA. Informasi dapat diakses pada link berikut: [kompas.id+2Antara News+2Asia-Pacific Solidarity+2](#).

Tabel 2. Ringkasan Data Persampahan

Tahun	Timbulan Sampah (juta ton/tahun)	Sampah Dikelola (%)	Sampah Dikelola Baik (%)	Daur Ulang Plastik (%)	Sampah Rumah Tangga (%)
2022	~36	—	—	~13 % (olah)	—
2023	~38,56	~62,24 %	—	—	—
2024	~34,21	—	—	—	50,8 %
2025*	—	—	~9–10 %	~22 %	—

*2025 berdasarkan verifikasi Kementerian, bukan *input* SIPSN

Sumber : KLHK,2024.

Analisis Ringkas

- Volume sampah nasional terus meningkat, namun capaian pengelolaan yang di-*input* sistem jauh lebih tinggi (~60 %) dibanding hasil verifikasi lapangan (~10 %), memperlihatkan kesenjangan aksesibilitas fasilitas dan kualitas pengelolaan.
- Daur ulang plastik masih rendah (~22 %), memberi peluang besar pengembangan ekonomi sirkuler melalui peningkatan 3R dan infrastruktur.
- Sampah rumah tangga menjadi komponen utama, sehingga edukasi domestik sejak awal memilah menjadi strategi penting.
- Ekspansi dan erosi kapasitas TPA menuntut intervensi segera untuk menghindari krisis sampah nasional menjelang 2030.

Rekomendasi & Langkah Lanjutan

- Perlu peningkatan fasilitas TPS 3R dan bank sampah, terutama di luar Jawa.
- Penguatan sistem *monitoring* verifikasi independen untuk menutup gap statistik versus realita lapangan.
- Promosi *take-back systems*, *upcycling*, EPR, dan skema insentif lokal.
- Edukasi massal terhadap warga tentang pemilahan sampah di rumah.



Gambar 1. Gambaran umum sistem pengolahan sampah di Indonesia
Sumber : Hasil Analisa

Permasalahan Pengelolaan Sampah

Berikut adalah beberapa poin penting tentang kondisi pengelolaan sampah di Indonesia:

a. Timbulan Sampah yang Tinggi:

Indonesia memiliki jumlah timbulan sampah yang sangat besar, baik dari rumah tangga maupun industri.

b. Keterbatasan Infrastruktur:

Banyak daerah yang belum memiliki tempat pembuangan sampah yang layak dan memadai, serta fasilitas pengolahan sampah yang memadai.

c. Kurangnya Kesadaran Masyarakat:

Masih banyak masyarakat yang belum memiliki kesadaran untuk memilah dan mengolah sampah dengan benar. Peningkatan kapasitas pemerintah daerah dalam pengelolaan sampah, termasuk penyediaan infrastruktur dan sumber daya manusia, sangat penting. Dengan

berbagai langkah tersebut, diharapkan pengelolaan sampah di Indonesia dapat menjadi lebih efektif dan efisien, serta dapat mengurangi dampak negatif sampah terhadap lingkungan dan kesehatan masyarakat.

Tantangan Utama Pengelolaan Sampah Kota di Indonesia

- **Kurangnya Infrastruktur dan Sumber Daya**

Banyak kota dan kotamadya tidak memiliki peralatan, teknologi, dan tenaga kerja yang dibutuhkan untuk mengumpulkan dan membuang sampah dengan benar. Akibatnya, banyak sampah yang berakhir di tempat pembuangan akhir, menyebabkan bahaya lingkungan dan kesehatan. Selain itu, sumber daya keuangan yang terbatas yang tersedia untuk pemerintah daerah seringkali membuat pengelolaan sampah tidak menjadi prioritas. Akibatnya, fasilitas pengelolaan sampah sering kekurangan dana, dan biaya untuk menerapkan praktik pengelolaan sampah yang benar seringkali terlalu tinggi untuk rumah tangga berpenghasilan rendah dan usaha kecil.

- **Kurangnya Kesadaran Masyarakat**

Banyak orang yang masih belum menyadari pentingnya praktik pengelolaan sampah seperti pemilahan dan daur ulang sampah. Selain itu, masih kurangnya pemahaman tentang pembuangan limbah B3 yang benar. Akibatnya, limbah B3 sering kali tercampur dengan jenis limbah lainnya dan berakhir di tempat pembuangan akhir, sehingga menimbulkan risiko lingkungan dan kesehatan.

- **Pembuangan Ilegal dan Pembakaran Terbuka**

Pembuangan sampah secara ilegal dan pembakaran terbuka, terutama di daerah perkotaan, sering kali disebabkan oleh kurangnya akses terhadap layanan pengelolaan sampah, terutama di lingkungan berpenghasilan rendah.

- **Terbatasnya Ruang Penimbunan Lahan**

Seiring dengan pertumbuhan populasi dan urbanisasi, permintaan akan ruang TPA semakin meningkat. Biaya pembangunan TPA baru seringkali mahal, sehingga menyulitkan pemerintah daerah untuk membangun fasilitas pengelolaan sampah yang baru.

- **Kurangnya Infrastruktur Daur Ulang**

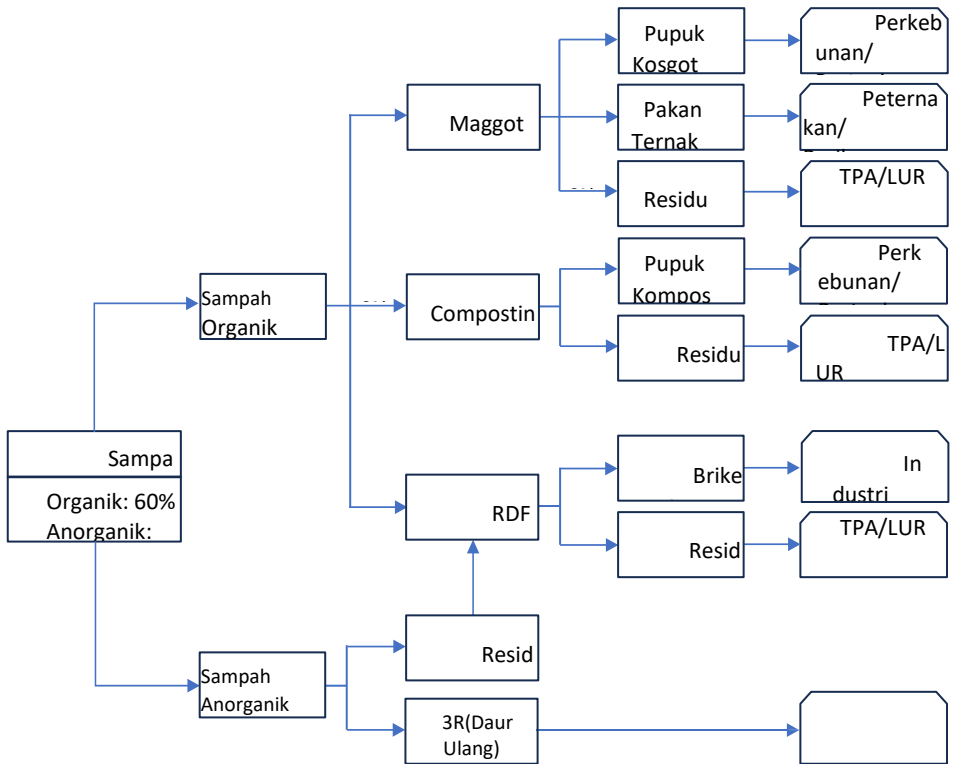
Meskipun beberapa kota telah mulai menerapkan program daur ulang, infrastrukturnya masih belum berkembang, dan pengumpulan serta pengolahan bahan daur ulang sering kali tidak memadai. Selain itu, insentif bagi rumah tangga dan bisnis untuk mendaur ulang juga masih kurang.

Permasalahan persampahan dan upaya penanganan dan usulan penanganan pengelolaan persampahan dapat dilihat pada Tabel 3. Permasalahan dan Rencana Usulan Penanganan Persampahan yang diusulkan dan Gambar 2. Skema Pengolahan sampah.

Tabel 3. Permasalahan dan Rencana Usulan Penanganan Persampahan yang diusulkan

No	Isu & Permasalahan	No	Konsep Penanganan Persampahan	No	Upaya Yang Akan Dilakukan
1	Blm optimalnya pengurangan & penanganan sampah	1	Mengurangi produksi sampah melalui pendekatan 3 R(Reuse, Reduce, Recycle) mulai dari RT sbg penyumbang sampah terbesar sampai ke sampah industry	1	Melakukan perubahan paradigma dari tujuan membuang menjadi memanfaatkan kembali utk mendapatkan keuntungan
2	Blm memadainya ketersediaan Sarpras pengelolaan persampahan terpadu(dari sumber, TPS, &TPA) serta pengangkutan dari hilir ke hulu	2	Pengurangan sampah RT & sampah sejenis dpt dilakukan melalui pembatasan timbulan sampah atau pendaur ulangan sampah	2	Perbaikan dlm system manajemen pengelolaan sampah scr keseluruhan. Utk mencapai keberhasilan tsb perlu didukung oleh factor-faktor input berupa sarparas dan kelembagaan produksi, distribusi, pemasaran, pengolahan dan lainnya
3	Pengelolaan persampahan berorientasi 3R yg blm efektif & terpadu serta sarpras 3R yg berbasis komunitas (permukiman) msh blm tersedia scr memadai dan terdistribusi merata	3	Mengembangkan suatu system pengelolaan sampah yg modern dpt diandalkan & efisien dg teknologi pengelolaan sampah terpadu menuju zero waste yg merupakan teknologi yg ramah lingkungan	3	Mengembangkan Tempat Pengolahan Sampah Terpadu (TPST) dan atau Tempat pemrosesan Akhir (TPA) secara regional
4	Perlu teknologi tepat guna dlm pengelolaan persampahan	4	Teknologi yg diusulkan adalah kombinasi tepat guna yg meliputi teknologi pengomposan, teknologi penanganan plastic, teknologi pembuatan kertas daur ulang		

Sumber : Bappenas,2024



Sumber : Hasil analisa,2024

Gambar 2. Skema Pengelolaan sampah

Pemerintah telah membuat Indeks Kinerja Pengelolaan Sampah (IKPS) yang merupakan instrumen standar penilaian kinerja pengelolaan sampah dari pusat hingga daerah. Penilaian pengelolaan sampah ini penting, mengingat dibutuhkan standar penilaian yang seragam baik untuk kota metropolitan, kota besar, maupun kecil. Satu hal lagi yang menjadi energi positif adalah kebijakan larangan penggunaan kantong plastik di sejumlah daerah. Gerakan larangan ini efektif untuk mendorong kesadaran masyarakat terhadap sampah anorganik. Terlihat, konsumen di minimarket atau pusat perbelanjaan mulai membawa tas belanjaan masing-masing.

Hanya saja, untuk belanja *online*, masih banyak yang menggunakan plastik untuk pembungkus paket. Oleh sebab itu, perlu ada edukasi kepada penjual cara *packaging* atau pemaketan yang bagus dan ramah lingkungan.

Tantangan besar dan utama tentu adalah masalah kebiasaan manusia Indonesia. Sebab, perilaku masyarakat masyarakat kita masih suka membuang sampah sembarangan. Mengubah perilaku orang tentu tidak mudah. Perlu cara atau metode yang persuasif dimulai dari tingkat rukun tetangga (RT) agar tak ada lagi yang membuang sampah sembarangan.

Solusi yang Ditawarkan

Stakeholder pengelolaan sampah di Indonesia meliputi berbagai pihak, termasuk pemerintah, masyarakat, pelaku usaha, akademisi, dan media. Pemerintah memiliki peran sebagai regulator, fasilitator, dan katalisator, memastikan adanya kebijakan, sarana-prasarana, dan gerakan partisipasi yang mendukung pengelolaan sampah. Masyarakat berperan dalam mengurangi timbulan sampah melalui praktek 3R (*Reduce, Reuse, Recycle*) dan mendukung program seperti bank sampah dalam upaya penerapan pola ekonomi sirkuler.

Pelaku usaha berkewajiban mengelola sampah secara mandiri, membayar retribusi, dan mendukung program-program terkait. Akademisi berperan dalam edukasi dan sosialisasi pengelolaan sampah yang tepat, sementara media berfungsi untuk koordinasi dan komunikasi.

Penerapan ekonomi sirkuler dalam pengelolaan sampah bertujuan untuk mengurangi limbah, memaksimalkan pemanfaatan sumber daya, dan menciptakan nilai tambah dari sampah. Tidak hanya berfokus pada pembuangan akhir, tetapi juga pada pengurangan, penggunaan kembali, dan daur ulang (3R). Berikut adalah proses pelaksanaannya secara umum:

Perancangan Sistem (*Design for Circularity*)

- Produk dan kemasan didesain agar mudah didaur ulang atau digunakan kembali.
- Mendorong penggunaan bahan ramah lingkungan dan komponen modular.
- Contoh: Botol plastik yang mudah dibongkar untuk daur ulang.

Pengumpulan dan Pemilahan Sampah

- Pemilahan sampah dari sumbernya (rumah tangga, industri, kantor).
- Pemisahan sampah organik dan anorganik, serta kategori daur ulang lainnya (plastik, kertas, logam, kaca).
- Disediakan bank sampah, TPS 3R, atau skema pengumpulan terpilah.

Pengolahan dan Daur Ulang (*Recycling & Upcycling*)

- Sampah organik → kompos atau energi biogas.
- Sampah anorganik → didaur ulang menjadi bahan baku baru atau produk kreatif (*upcycling*).
- Contoh: Plastik jadi *paving block*, tekstil bekas jadi tas, dll.

Re-manufaktur dan *Reuse*

- Produk lama diperbaiki/diperbaharui agar bisa digunakan kembali.

- Penggunaan suku cadang bekas yang masih layak pakai.
- Contoh: Penggunaan kembali botol kaca, isi ulang sabun atau detergen.

Integrasi dengan Industri

- Industri menggunakan bahan daur ulang sebagai bahan baku.
- Kolaborasi antara produsen dan pengelola sampah untuk menciptakan rantai pasok sirkuler.
- Contoh: Industri tekstil memakai serat daur ulang dari limbah plastik.

Edukasi dan Insentif

- Kampanye edukasi masyarakat tentang pentingnya memilah sampah.
- Pemerintah atau swasta memberi insentif (*reward*) bagi pihak yang mengelola sampah secara sirkuler.
- Contoh: Tukar sampah plastik dengan poin atau uang di bank sampah.

Pemantauan dan Evaluasi

- *Monitoring* sistem pengumpulan, pengolahan, dan daur ulang.
- Evaluasi kinerja program ekonomi sirkuler secara berkala.
- Penyesuaian kebijakan atau teknologi sesuai hasil evaluasi.

Contoh Penerapan Nyata

- Bank Sampah: Masyarakat mengumpulkan dan menyortir sampah terpilah, ditukar dengan uang/tabungan.
- *Loop System* di Industri: Perusahaan seperti *Danone* dan *Unilever* mengumpulkan kembali kemasan bekas produk mereka.
- Kawasan Bebas Sampah: Wilayah dengan sistem pengelolaan mandiri yang terintegrasi dengan ekonomi sirkuler.

Pola Ekonomi Sirkuler pada Pengolahan Sampah

Penerapan pola ekonomi sirkuler pada pengelolaan sampah mencakup berbagai pendekatan dan strategi yang bertujuan untuk memutus siklus “ambil–pakai–buang” dan menggantinya dengan

sistem tertutup (*closed-loop system*) yang lebih berkelanjutan. Berikut adalah beberapa pola ekonomi sirkuler yang umum diterapkan dalam pengelolaan sampah:

Reduce, Reuse, Recycle (3R)

- *Reduce*: Mengurangi produksi sampah sejak awal (misalnya, menghindari kemasan sekali pakai).
- *Reuse*: Menggunakan kembali barang sebelum menjadi sampah (misalnya, botol kaca isi ulang).
- *Recycle*: Mendaur ulang sampah menjadi bahan baku baru (misalnya, sampah plastik jadi bijih plastik).

Daur Ulang Bahan (Material Recycling)

- Mengolah limbah seperti plastik, kertas, logam, dan kaca menjadi produk baru.
- Contoh: Limbah plastik jadi bahan bangunan (*eco-brick*), kertas bekas jadi tisu daur ulang.

Pengolahan Sampah Organik menjadi Kompos atau Energi

- *Composting*: Mengubah sampah dapur dan taman menjadi pupuk alami.
- *Biogas* : Mengubah limbah organik (makanan, kotoran ternak) menjadi gas metana untuk energi.

Upcycling (Kreasi Ulang)

- Sampah dijadikan produk baru bernilai tambah tanpa melalui proses industri berat.
- Contoh: Ban bekas jadi meja, botol plastik jadi pot bunga, kain sisa jadi tas unik.

Re-manufacturing dan Refurbishment

- Barang lama diperbaiki atau diperbaharui agar bisa digunakan kembali.
- Contoh: Elektronik bekas diperbaiki lalu dijual kembali dengan harga lebih murah.

Take-back System (Sistem Pengambilan Kembali)

- Produsen menarik kembali produk/kemasannya setelah dipakai konsumen.
- Contoh: Galon air isi ulang, refill station sabun/cairan pembersih.

Zero Waste Lifestyle & Circular Community

- Masyarakat menerapkan gaya hidup tanpa sampah dan berbagi sumber daya.
- Contoh: Toko curah (*bulk store*) pinjam pakai barang, pakaian bekas (*thrifting*), dll.

Ekonomi Daur Ulang Sosial (Social Circular Economy)

- Melibatkan komunitas lokal dan UMKM dalam pengelolaan dan pemanfaatan sampah.
- Contoh: Bank sampah berbasis warga, koperasi daur ulang.

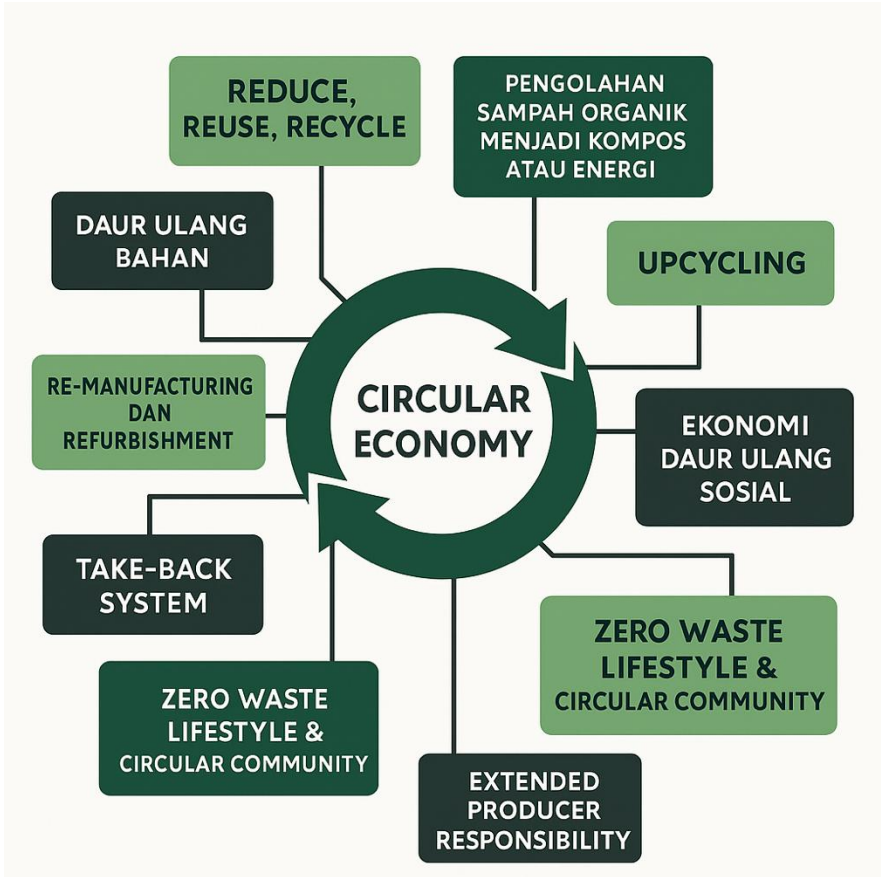
Industrial Symbiosis

- Limbah dari satu industri dimanfaatkan sebagai bahan baku di industri lain.
- Contoh: Limbah abu batu bara digunakan sebagai bahan campuran semen.

Extended Producer Responsibility (EPR)

- Produsen bertanggung jawab atas seluruh siklus hidup produknya, termasuk tahap pasca-konsumsi.
- Contoh: Perusahaan wajib mengumpulkan dan mendaur ulang kemasan produk mereka

Berikut diilustrasikan terkait skematik pola sirkular ekonomi pengelolaan sampah pada gambar 3 di bawah ini.



Gambar 3. Skematik pola sirkulaer ekonomi pengelolaan sampah

Sumber : *World Economic Forum*, 2024

Berikut beberapa contoh kota di Indonesia yang telah menerapkan ekonomi sirkuler dalam pengelolaan sampah secara nyata dan berkelanjutan:

Surabaya

Pola Ekonomi Sirkuler:

- Bank Sampah di seluruh kelurahan.
- Program tukar sampah jadi tiket bus Suroboyo (plastik ditukar dengan layanan transportasi).
- Daur ulang organik melalui komposter dan *biodigester*.

Dampak:

- Volume sampah ke TPA menurun signifikan.
- Peningkatan kesadaran masyarakat soal 3R.

Bandung (dan Kab. Bandung Barat)

Pola Ekonomi Sirkuler:

- Penerapan TPS 3R (*Reduce, Reuse, Recycle*) di banyak wilayah.
- Program Kang Pisman: Kurangi, Pisahkan, Manfaatkan.
- Daur ulang organik skala komunitas.

Dampak:

- Pengelolaan berbasis masyarakat.
- Kolaborasi aktif dengan komunitas dan UMKM.

Denpasar & Kabupaten Badung, Bali

Pola Ekonomi Sirkuler:

- Pengelolaan sampah berbasis desa adat dan banjar.
- Program *waste separation from source* (pemilahan dari rumah).
- Komunitas *eco-brick* dan bank sampah kreatif.

Dampak:

- Desa Padangtegal Ubud menjadi salah satu model “*Zero Waste Village*”.
- Pengurangan sampah plastik signifikan di area wisata.

Malang

Pola Ekonomi Sirkuler:

- Lebih dari 150 bank sampah aktif.
- Kerja sama dengan BUMDes dan UMKM daur ulang.
- Penerapan kompos rumah tangga dan skala komunitas.

Dampak:

- Sampah organik dapat ditangani hingga 60% di sumber.
- Ekonomi lokal tumbuh dari sektor sampah.

Kabupaten Sleman (DIY)

Pola Ekonomi Sirkuler:

- Integrasi edukasi masyarakat, teknologi komposter, dan inovasi bank sampah digital.
- Kolaborasi dengan sekolah, pesantren, dan komunitas.

Dampak:

- Pertumbuhan industri daur ulang kecil.
- Meningkatnya kapasitas pengelolaan sampah berbasis komunitas.

Kota Magelang

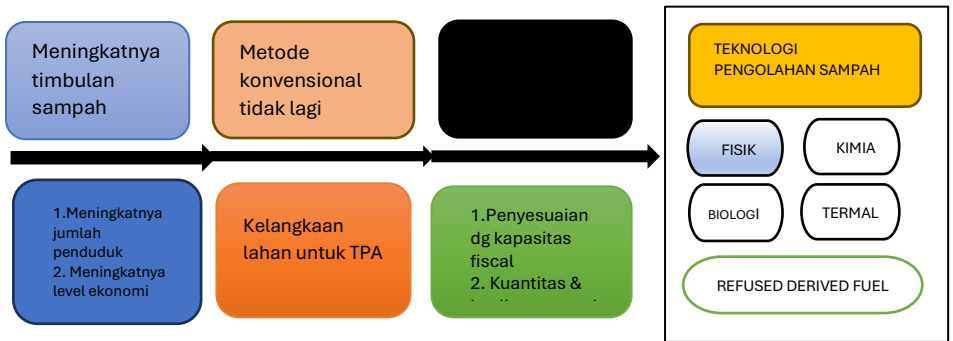
Pola Ekonomi Sirkuler:

- Daur ulang anorganik dan komposting organik di Rumah Kompos.
- Penggunaan produk daur ulang untuk infrastruktur lokal (seperti *paving block* dari plastik).

Dampak:

- Pengurangan sampah ke TPA mencapai lebih dari 30%.

Berikut adalah skema Pengolahan Sampah Berbasis teknologi pada gambar 4. Dan Tabel 2. Alternatif teknologi Pengolahan sampah dan gambar 6. Opsi teknologi Pengolahan sampah. Dan Tabel 4. Data Rata-rata Penambahan Usia TPA



Gambar 4. Skema Indonesia Menuju Pengolahan Sampah Berbasis Teknologi

Sumber : Analisa, 2024

Alternatif Teknologi Pengolahan Persampahan

Opsi Teknologi

- **Landfill**, yaitu landfill yang memenuhi syarat regulasi
- **Landfill Gasifikasi/Methanisasi**, yaitu *landfill* yang disertai proses konservasi gas menjadi energi.
- **Composting**, yaitu pemisahan organik dan *composting* dengan residual dikirim ke *landfill*
- **Refused Derived Fuel (RDF)**, Proses pembuatan RDF dari sampah terdiri atas 4 (empat) tahap utama yaitu proses pemecahan (*crushing process*), proses pengeringan (*drying process*), proses pemisahan dan pemecahan kembali (*shorting and crushing process*), dengan perlu *landfill* untuk residual.
- **Anaerobic Digestion**, yaitu pemisahan organik dan *anaerobic digestion* untuk pembangkit listrik yang residualnya dikirim ke *landfill*.
- **Basic Waste to Energy (WTE)**, dengan *landfill* untuk Ash dan segala sampah yang melebihi kapasitas pabrik

- *Compos dan WTE*, yaitu pemisahan mekanik limbah ke fraksi kompos dan WTE dengan residu dan fraksi dibakar, mengakibatkan 2 aliran pengolahan yaitu kompos dan WTE dengan residu setiap limbah yang melebihi kapasitas pabrik dan *ash* pergi ke *landfill*
- *Modern Incenerator WTE*, yaitu pemisahan mekanik limbah ke fraksi kering dan sebagian kecil organik basah yang dikeringkan secara biologis, baik kemudian digabungkan dan dibakar ke pabrik WTE dengan abu dan setiap limbah yang melebihi kapasitas pabrik akan ke *landfill*
- *Conventional Gasifikasi WTE*, yaitu pemisahan mekanik sampah menjadi fraksi kering dan sebagian kecil organik basah yang dikeringkan secara biologis, baik kemudian digabungkan dengan gasifikasi atau *pyrolized* dengan teknologi baru untuk membuat gas sintetik yang dibakar untuk listrik.

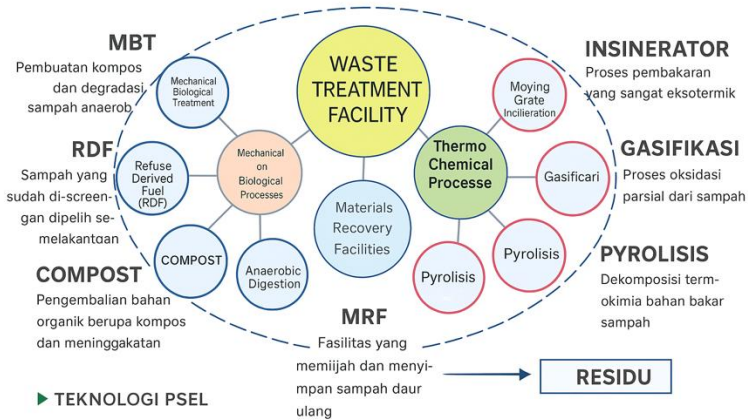
Berikut disampaikan pada Tabel 4, Data Rata-rata Penambahan usia TPA berdasarkan jenis teknologi.

Tabel 4. Data rata-rata Penambahan Usia TPA Berdasarkan Jenis Teknologi

No	Type of technology	Increasing the age of the landfill
1	Landfill	0
2	Landfill gasifikasi/ Methanisasi	2
3	Composting	3
4	Refused Derived Fuel (RDF)	27
5	Anaerobic Digestion	5
6	Basic Waste to Energy (WTE),	29
7	Compos and WTE	31
8	Modern Incenerator WTE	31
9	Conventional Gasifikasi WTE	31

Sumber : McGraw-Hill, 1993

OPSI TEKNOLOGI PENGOLAHAN SAMPAH



Gambar 3. 2 Opsi Teknologi Pengolahan Sampah

Sumber : ERIC-DKTI,2023

Penerapan pola ekonomi sirkular dalam pengelolaan sampah untuk mencapai Nol Sampah Bersih (*Net Zero Waste*) dan dampaknya terhadap kehidupan masyarakat.

Penerapan pola ekonomi sirkular dalam pengelolaan sampah merupakan pendekatan transformatif untuk mencapai *Net Zero Waste*, di mana material didaur ulang, dan diregenerasi, alih-alih dibuang begitu saja. Pendekatan ini memiliki implikasi mendalam bagi keberlanjutan lingkungan dan berdampak signifikan terhadap kehidupan masyarakat.

Penerapan ekonomi sirkuler pada pengolahan sampah dapat membantu mewujudkan *Net Zero Waste* dengan cara:

- **Mengurangi jumlah sampah:**

Dengan menerapkan prinsip *reduce*, *reuse*, dan *recycle*, jumlah sampah yang dihasilkan dapat dikurangi.

- **Mengurangi eksploitasi Sumber daya Alam :**

Ekonomi sirkuler dapat membantu mengurangi kebutuhan akan sumber daya alam dengan cara menggunakan kembali dan mendaur ulang bahan-bahan yang ada.

- **Menciptakan nilai ekonomi:**

Pengolahan sampah dapat menciptakan lapangan kerja dan meningkatkan pendapatan masyarakat melalui penjualan produk daur ulang.

Ekonomi sirkular bertujuan untuk merancang dan mengelola sampah tanpa polusi, menjaga produk dan material tetap dapat digunakan, serta meregenerasi sistem alami. Dalam pengelolaan sampah, hal ini meliputi:

- Mengurangi tumpukkan sampah melalui desain dan perencanaan yang lebih baik.
- Menggunakan kembali material alih-alih membuangnya.
- Mendaur ulang dan meningkatkan kualitas sampah menjadi produk baru.
- Mengompos sampah organik.
- Berinovasi dalam pengelolaan siklus hidup produk (misalnya, perbaikan, pemugaran, model berbagi).

Langkah Menuju *net zero waste* melalui Model Sirkular dapat dideskripsikan dalam tindakan antara lain dengan pemilahan Sampah di sumber, untuk memungkinkan daur ulang dan pengomposan. Pada proses daur ulang di Fasilitas Pemulihan Material (*Material Recovery Facilities/MRF*) pemilahan dan pemulihkan bahan daur ulang dapat dilakukan secara optimal.

Pengomposan/Bio-digesti Sampah organik diubah menjadi kompos atau biogas sebagai tanggung Jawab Produsen yang Diperluas dalam konteks *Extended Producer Responsibility/EPR* yakni konsep pengelolaan sampah yang mewajibkan produsen untuk bertanggung jawab atas dampak lingkungan dari produk mereka sepanjang siklus hidup produk, termasuk setelah produk tersebut menjadi sampah (Membuat produsen bertanggung jawab atas sampah pascakonsumen).

Konteks penerapan EPR sangat bermanfaat untuk mencapai *Net Zero Waste*, karena dapat mengurangi jumlah sampah yang dihasilkan dengan mendorong produsen untuk mendisain produk yang lebih ramah lingkungan. Juga dapat meningkatkan efisiensi penggunaan sumber daya dengan mendorong produsen untuk menggunakan bahan-bahan yang dapat didaur ulang. Manfaat lain adalah meningkatkan efisiensi penggunaan sumber daya, karena EPR dapat menumbuhkan kesadaran produsen tentang dampak lingkungan dari produk mereka.

Contoh penerapan EPR di berbagai negara antara lain :

- Pengelolaan sampah elektronik
Beberapa negara telah menerapkan EPR untuk sampah elektronik, seperti laptop dan ponsel
- Pengelolaan sampah kemasan
Beberapa negara telah menerapkan EPR untuk pengelolaan sampah kemasan, seperti botol plastik dan kaleng.

Dengan menerapkan EPR, produsen dapat berperan aktif dalam mengurangi dampak lingkungan dari produk mereka dan meningkatkan kesadaran tentang pengelolaan sampah yang bertanggung jawab. Prinsip Desain *Net Zero waste* adalah Ramah Lingkungan. Produk dibuat untuk daya tahan yang tinggi, perbaikan, dan penggunaan kembali. Pemerintah daerah disarankan mengadopsi model sirkular di negara lain (misalnya, San Francisco, Ljubljana) sebagai kota yang menerapkan *Zero Waste*

Dampak terhadap Pencapaian Tujuan *Net Zero waste*.

Pendekatan sirkular mendukung *Net Zero waste* dengan:

- Meminimalkan penggunaan TPA dan insinerasi.
- Mengurangi emisi GRK dari pengolahan sampah.
- Mendorong perekonomian lokal melalui pemulihan sumber daya.
- Memperpanjang umur produk dan mengurangi ekstraksi bahan baku.

- Menyelaraskan dengan SDGs seperti konsumsi yang bertanggung jawab (Tujuan 12) dan aksi iklim (Tujuan 13).

Dampak terhadap Kehidupan Masyarakat

Manfaat Lingkungan:

- Kota dan lingkungan alam yang lebih bersih.
- Polusi yang berkurang (udara, air, tanah).
- Ketahanan yang meningkat terhadap perubahan iklim.

Peluang Ekonomi:

- Penciptaan lapangan kerja di industri daur ulang, perbaikan, dan pengomposan.
- Dukungan untuk kewirausahaan hijau (misalnya, fesyen daur ulang, stasiun pengisian ulang).
- Biaya yang lebih rendah seiring waktu melalui model penggunaan kembali dan berbagi.

Pergeseran Sosial dan Budaya:

- Meningkatnya kesadaran publik akan konsumsi berkelanjutan.
- Keterlibatan masyarakat yang lebih kuat (misalnya, pengomposan komunitas, pasar tukar).
- Dampak pendidikan – terutama di kalangan remaja dan sekolah.

Peningkatan Kesehatan:

- Berkurangnya paparan terhadap limbah beracun.
- Sanitasi yang lebih baik melalui sistem pengelolaan sampah yang terorganisir.
- Lebih sedikit wabah penyakit akibat sampah yang tidak terkelola.

Tantangan dan Pertimbangan dalam pelaksanaan *Net Zero waste* sirkuler ekonomi

Tantangan

a. Tantangan Mitigasi

- Kurangnya infrastruktur Investasi di MRF, pusat kompos, dan logistik.
- Perubahan perilaku Edukasi publik, program insentif.
- Sektor persampahan informal Integrasikan pemulung ke dalam sistem formal.
- Penegakan kebijakan Regulasi dan kerangka kepatuhan yang kuat.

b. Tantangan Perubahan Prilaku

- Perubahan perilaku: Mengubah perilaku masyarakat dan industri untuk mengadopsi prinsip ekonomi sirkuler dan mengurangi sampah.
- Infrastruktur: Membangun infrastruktur yang memadai untuk pengelolaan sampah dan daur ulang.
- Biaya: Mengatasi biaya yang terkait dengan implementasi ekonomi sirkuler dan pengelolaan sampah.
- Teknologi: Mengembangkan teknologi yang memadai untuk mendukung ekonomi sirkuler dan pengelolaan sampah.

Pertimbangan

- Keterlibatan semua pihak: Keterlibatan semua pihak termasuk pemerintah, industri dan masyarakat, sangat penting
- Pendidikan dan Kesadaran: Pendidikan dan kesadaran masyarakat tentang pentingnya ekonomi sirkuler dan pengelolaan sampah sangat penting.
- Kebijakan dan regulasi: Kebijakan dan regulasi yang mendukung ekonomi sirkuler dan pengelolaan sampah sangat penting
- Inovasi dan kreativitas: Inovasi dan kreativitas dalam mengembangkan solusi untuk mengurangi sampah dan meningkatkan efisiensi penggunaan sumber daya sangat penting.

Contoh Implementasi *Net Zero waste* ekonomi sirkuler di Dunia Nyata

- Swedia : Pemulihan energi dari sampah dan tingkat daur ulang yang tinggi.
- Jepang (Kamikatsu) : Mencapai tingkat pengalihan sampah hampir 80%.
- Indonesia (Bali) : Percontohan pusat sampah sirkular berbasis komunitas.

Contoh penerapan Net Zero waste ekonomi sirkuler di Indonesia :

- Program pengurangan sampah plastik: Pemerintah Indonesia telah meluncurkan program pengurangan sampah plastik, seperti larangan penggunaan kantong plastik sekali pakai.
- Industri daur ulang: Indonesia memiliki industri daur ulang yang berkembang, seperti daur ulang plastik, kertas, dan logam.

Pengelolaan sampah berbasis masyarakat:

Beberapa daerah di Indonesia telah menerapkan pengelolaan sampah berbasis masyarakat, seperti bank sampah dan *composting*.

Dampak pada kehidupan masyarakat Indonesia:

- Meningkatkan kesadaran lingkungan: Penerapan ekonomi sirkuler dapat meningkatkan kesadaran masyarakat tentang pentingnya menjaga lingkungan dan mengurangi sampah.
- Meningkatkan kualitas hidup: Dengan mengurangi jumlah sampah dan meningkatkan efisiensi penggunaan sumber daya, kualitas hidup masyarakat dapat meningkat.
- Menciptakan peluang ekonomi: Ekonomi sirkuler dapat menciptakan peluang ekonomi baru bagi masyarakat, seperti industri daur ulang dan pengelolaan sampah.
- Mengurangi dampak lingkungan: Penerapan ekonomi sirkuler dapat mengurangi dampak lingkungan yang negatif, seperti polusi udara dan air, serta mengurangi emisi gas rumah kaca.

Dengan menerapkan ekonomi sirkuler pada pengolahan sampah, Indonesia dapat mewujudkan *Net Zero Waste* dan meningkatkan kualitas hidup masyarakat.

Solusi:

Dengan memahami tantangan dan pertimbangan dalam pelaksanaan *Net Zero Waste* dan ekonomi sirkuler, kita dapat mengembangkan solusi yang efektif untuk mencapai tujuan tersebut yang antara lain sebagai berikut:

- Kerja sama antara pemerintah, industri, dan masyarakat sangat penting untuk mencapai *Net Zero Waste*.
- Pendidikan dan pelatihan: Pendidikan dan pelatihan tentang ekonomi sirkuler dan pengelolaan sampah sangat penting.
- Inovasi teknologi: Inovasi teknologi dapat membantu meningkatkan efisiensi penggunaan sumber daya dan mengurangi sampah.
- Kebijakan yang mendukung: Kebijakan yang mendukung ekonomi sirkuler dan pengelolaan sampah sangat penting untuk mencapai *Net Zero Waste*.

Penutup

- Pengolahan sampah dengan paradigma lama “Kumpul-Angkut-Buang” sudah harus ditinggalkan dan harus berganti menjadi “Kumpul- Angkut – Proses – Buang (sebagai Residu). Selain itu, pengelolaan sampah juga harus dilakukan secara terpadu. Langkah awal untuk ini dilakukan Kementerian LHK dengan cara melarang *open dumping*. Artinya, sampah yang semula hanya dibuang saja (tanpa diolah) sehingga membuat penumpukan, kini harus diolah terlebih dulu. Pengelolaan sampah di tempat pembuangan sampah (TPS) terpadu, didorong untuk kreatif. Antara lain, dengan mengubah sampah menjadi energi melalui *incenerator* atau *Refuse-Derived Fuel*. Bukan hanya energi, sampah juga dipilah dan diolah kembali menjadi bahan baku produk lain.
- Masyarakat berperan dalam mengurangi timbulan sampah melalui praktik 3R (*Reduce, Reuse, Recycle*) dan mendukung program seperti bank sampah dalam upaya penerapan pola ekonomi sirkuler. Pelaku usaha berkewajiban mengelola sampah secara mandiri, membayar retribusi, dan mendukung program terkait.

- Penerapan pola ekonomi sirkuler pada pengelolaan sampah merupakan langkah yang penting untuk mewujudkan konsep *Net Zero Waste*, yaitu mencapai nol sampah yang berakhir di tempat pembuangan akhir
- Dalam mengimplementasikan *Net Zero Waste*, penting untuk melibatkan partisipasi aktif masyarakat, pendidikan tentang pengelolaan sampah, dan dukungan pemerintah serta kebijakan yang mendukung. Kolaborasi antara sektor publik, swasta, dan masyarakat sipil akan membantu mencapai pencapaian *Net Zero Waste* yang berdampak positif pada kehidupan masyarakat.
- Pengelolaan sampah berbasis ekonomi sirkular bukan sekadar solusi teknis, melainkan transformasi sosial dan budaya. Hal ini memungkinkan tercapainya tujuan *Net Zero Waste* sekaligus menciptakan lapangan kerja yang lebih ramah lingkungan, komunitas yang lebih sehat, dan masa depan yang lebih berkelanjutan. Pemerintah, pelaku bisnis, dan warga negara harus berkolaborasi untuk merancang ulang sistem yang selaras dengan alam, bukan melawannya.

Daftar Pustaka

- Abedsoltan, F., et al. (2022). Machine learning optimization in chemical recycling of PET via hydrolysis. *Journal of Cleaner Production*, 350, 131407. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.131407>
- Ellen MacArthur Foundation. (2015). *Towards the circular economy: Economic and business rationale for an accelerated transition*. Ellen MacArthur Foundation.
- Ellen MacArthur Foundation. (n.d.). *Topics – Circular economy: Introduction/overview of three CE principles and their application in design-to-waste elimination*. <https://ellenmacarthurfoundation.org/topics>
- Future Earth. (2024, May 6). *Navigating zero waste & circular economy – Emphasizes transdisciplinary approaches*. <https://futureearth.org/2024/05/06>
- George, T. (1993). *Integrated solid waste management*. McGraw-Hill.
- Indeks Kualitas Lingkungan Hidup (IKLH). (2022). *Indeks kualitas lingkungan hidup*. Direktorat Jenderal Pengendalian Pencemaran dan Kerusakan Lingkungan, Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan.
- Kementerian Desa, Pembangunan Daerah Tertinggal, dan Transmigrasi. (2021). *Panduan dana desa 2022*.
- Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan. (2016). *Kebijakan pengelolaan sampah berbasis 3R di Indonesia*.
- Koderi. (2018). *Model pengelolaan TPA wisata edukasi* (Disertasi doktor, Program Doktor Ilmu Lingkungan, Universitas Brawijaya).
- Oo, M., et al. (2024). Global MSW management and circular economy to achieve net zero emissions by 2030/2050, with targets and

- policy insights. *Journal of Environmental Management*, 361, 120567. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2024.120567>
- Peraturan Presiden Republik Indonesia Nomor 83 Tahun 2018 tentang Penanganan Sampah Laut.
- Peraturan Presiden Republik Indonesia Nomor 97 Tahun 2017 tentang Pengelolaan Sampah Rumah Tangga dan Sampah Sejenis Sampah Rumah Tangga (JAKSTRANAS).
- Sistem Informasi Pengelolaan Sampah Nasional (SIPSN). (2023). *Sistem informasi pengelolaan sampah nasional*. Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan.
- SpringerLink. (n.d.). *Circular economy & waste reduction technologies – Explores advanced recycling/upcycling tech including AI sorting*. <https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-031-9221-3>
- Tobing, I. S. L. (2005). Dampak sampah terhadap kesehatan lingkungan dan manusia. Makalah Lokakarya *Aspek Lingkungan dan Legalitas Pembuangan Sampah*, ITC, Jakarta.
- Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 18 Tahun 2008 tentang Pengelolaan Sampah.
- United Nations Environment Programme (UNEP) & World Economic Forum. (2024). *Global waste management outlook 2024 – Quantifies scenarios: Circular model could cut MSW from 4.5 to <2 billion tons by 2050*.
- Waste4Change. (n.d.). *Jurnal penelitian dan artikel tentang bank sampah & TPS-3R*. <https://waste4change.com>
- World Bank. (2012). *What a waste: A global review of solid waste management*. World Bank.
- World Bank. (2018). *What a waste 2.0: A global snapshot of solid waste management to 2050*. World Bank.

World Bank. (2021). *Plastic waste discharges from rivers and coastlines in Indonesia*. Marine Plastics Series, East Asia and Pacific Region. World Bank.

World Economic Forum. (2020). *Insight report: Global Plastic Action Partnership – Indonesia National Plastic Action Partnership*. World Economic Forum.

WRAP (UK). (n.d.). *Frameworks for circularity in food, textiles, plastics with a net zero lens*. <https://www.wrap.ngo/taking-action/climate-change/circular-economy>

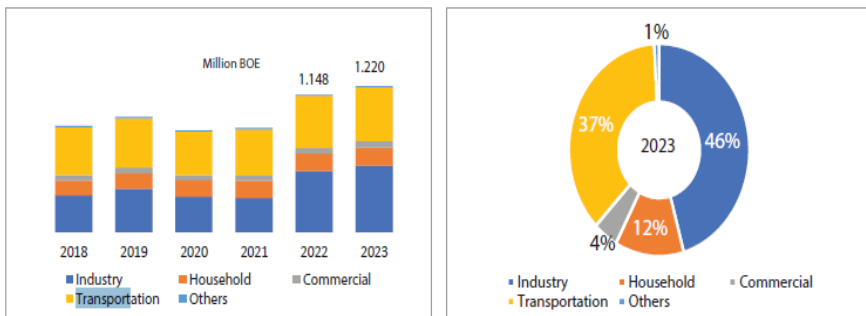
Zero Waste Scotland. (n.d.). *Circular economy case studies – Real-world municipal and business case studies in circular transformation*. <https://www.zerowastescotland.org.uk/resources/circular-economy-case-study>

Memetakan Tantangan dalam Pengembangan Kendaraan Listrik di Indonesia

Ade Asmi

Pendahuluan

Transportasi merupakan salah satu bagian penting dalam kehidupan masyarakat. Masalahnya, konsumsi energi di sektor transportasi tergolong sangat besar. Berdasarkan *Handbook of Energy & Economic 2023*, sektor transportasi menjadi sektor terbesar kedua dalam hal konsumsi energi nasional setelah sektor industri (lihat Gambar 1). Pada tahun 2023, persentase konsumsi energi sektor industri adalah sebesar 45,60%, transportasi 36,74%, rumah tangga 12,35%, komersial 4,44%, dan sektor lainnya 0,87%.



Gambar 1. Konsumsi Energi Nasional
(Sumber: *Handbook of Energy & Economic 2023*)

Selain mengonsumsi energi sangat besar, transportasi juga menghasilkan emisi gas rumah kaca sangat besar. Menurut *Institute for Essential Service Reform* (IESR, 2023), pergerakan transportasi darat mendominasi emisi gas rumah kaca dengan persentase sebesar 67% hingga 84,3% dari total pergerakan. Karena emisi gas rumah kaca

itu buruk bagi perubahan iklim, berdasarkan Keputusan Menteri Perhubungan Nomor 8 Tahun 2023 tentang Penetapan Aksi Mitigasi Perubahan Iklim Sektor Transportasi, pemerintah berkomitmen untuk menurunkan emisi gas rumah kaca di sektor transportasi. Komitmen itu merupakan tindak lanjut dukungan pada Perjanjian Paris (*Paris Agreement*) yang diratifikasi Indonesia, di mana aksi pengurangan emisi gas rumah kaca untuk mengatasi perubahan iklim menjadi target kontribusi nasional yang dinamakan *Nationally Determined Contribution* (NDC). Target yang ditetapkan Indonesia adalah 31,82% pengurangan emisi dengan upaya nasional tersendiri (tanpa syarat) dan 43,2% pengurangan emisi jika mendapatkan dukungan internasional (bersyarat). Salah satu aksi nyata dari komitmen itu adalah pengembangan kendaraan listrik (*electric vehicle*).

Jadi, perkembangan yang melatar belakangi munculnya kendaraan listrik di Indonesia terutama didorong oleh kondisi buruk perubahan iklim dan polusi udara akibat emisi gas rumah kaca yang ditimbulkan oleh kendaraan berbahan bakar fosil. Faktor pendorong lainnya adalah masalah ketergantungan pada energi fosil, di mana krisis energi dan fluktuasi harga minyak mendorong pencarian energi alternatif dan terkait dengan hal itu adalah pengembangan kendaraan listrik. Selain kedua faktor tersebut di atas, faktor potensi ekonomi tidak kalah penting, di mana Indonesia memiliki potensi besar dalam pengembangan kendaraan listrik karena cadangan nikel yang melimpah sebagai bahan baku utama baterai.

Dalam hal regulasi, pemerintah telah mengeluarkan berbagai peraturan untuk mendorong percepatan program kendaraan listrik. Pembangunan infrastruktur pendukung seperti Stasiun Pengisian Kendaraan Listrik Umum (SPKLU) mulai dilakukan, meskipun belum merata di seluruh wilayah penting Indonesia. Sementara itu, kesadaran masyarakat terhadap perubahan iklim dan degradasi kualitas lingkungan hidup juga meningkat, sehingga minatnya pada kendaraan listrik meningkat pula sebagaimana terlihat dari adanya peningkatan penjualan dan permintaan kendaraan listrik meskipun belum pesat. Di sisi lain,

pengembangan teknologi baterai, motor listrik, dan komponen lainnya terus dilakukan untuk meningkatkan performa dan efisiensi kendaraan listrik.

Fenomena perkembangan kendaraan listrik di Indonesia tersebut menunjukkan tren positif sebagai upaya mengurangi ketergantungan pada bahan bakar fosil dan dampak negatifnya terhadap lingkungan hidup dan alam sekitarnya. Pada saat ini, pemerintah memang telah mendorong pertumbuhan kendaraan listrik melalui berbagai regulasi dan insentif. Sementara pada saat yang bersamaan, minat masyarakat juga sedikit demi sedikit mulai meningkat seiring dengan kesadaran akan manfaat kendaraan listrik. Akan tetapi, terdapat beberapa tantangan seperti infrastruktur pengisian daya yang belum merata dan harga kendaraan listrik yang relatif mahal masih perlu diatasi. Tulisan singkat ini bertujuan untuk melakukan pemetaan tantangan yang dihadapi Indonesia dalam pengembangan kendaraan listrik agar ke depan bisa dilakukan upaya-upaya untuk mengatasinya di mana perlu.

Kebijakan untuk Menciptakan Ekosistem Kendaraan Listrik

Payung hukum kebijakan sangat diperlukan untuk mendasari pengembangan kendaraan listrik (*electric vehicle*) di Indonesia. Untuk itu, pemerintah menetapkan Peraturan Presiden (Perpres) Nomor 55 Tahun 2019 tentang Percepatan Program Kendaraan Bermotor Listrik Berbasis Baterai (*Battery Electric Vehicle*) untuk Transportasi Jalan. Pertimbangan yang memuat maksud dan tujuan dari ditetapkannya Peraturan Presiden itu adalah sebagai berikut:

- a) Peningkatan efisiensi energi, ketahanan energi, dan konservasi energi sektor transportasi, dan terwujudnya energi bersih, kualitas udara bersih dan ramah lingkungan, serta komitmen Indonesia menurunkan emisi gas rumah kaca;
- b) Memberikan arah, landasan, dan kepastian hukum dalam pelaksanaan percepatan program kendaraan bermotor listrik berbasis baterai (*Battery Electric Vehicle*) untuk transportasi jalan; dan,

- c) Mendorong penguasaan teknologi industri dan rancang bangun kendaraan serta menjadikan Indonesia sebagai basis produksi dan ekspor kendaraan bermotor.

Payung hukum kebijakan yang tertuang dalam Keputusan Presiden di atas diturunkan menjadi kebijakan operasional berupa peraturan-peraturan yang dikeluarkan kementerian terkait. Kementerian Perhubungan yang terkait langsung dengan kebijakan Transportasi menerbitkan kebijakan operasional berupa peraturan-peraturan yang menopang percepatan program Kendaraan Bermotor Listrik Berbasis Baterai (*Battery Electric Vehicle*) sebagaimana dapat dilihat di Tabel 1 berikut ini.

Tabel 1. Kebijakan Operasional Kementerian Perhubungan

No	Peraturan	Substansi
1	Peraturan Menteri Perhubungan No. 65 tahun 2020	Konversi sepeda motor dengan penggerak motor bakar menjadi sepeda motor listrik berbasis baterai.
2	Peraturan Menteri Perhubungan NO. 86 tahun 2020	Perubahan atas peraturan Menteri Perhubungan No. PM 44 tahun 2020 tentang pengujian tipe fisik kendaraan bermotor dengan motor penggerak menggunakan motor Listrik.
3	Peraturan Menteri Perhubungan No. 87 tahun 2020	Pengujian tipe fisik kendaraan bermotor listrik berbasis baterai (KBLBB).

Selain kebijakan operasional Kementerian Perhubungan di atas, upaya untuk melaksanakan kebijakan juga didukung oleh kementerian-kementerian lain terkait, lembaga negara dan lembaga pemerintahan terkait, dan Pemerintah Daerah (Pemda). Tanpa dukungan institusi-institusi tersebut, tak mungkin percepatan program itu terlaksana. Pada Tabel 2 berikut ini disajikan peraturan-peraturan yang diterbitkan oleh kementerian-kementerian selain Kementerian

Perhubungan untuk mendukung percepatan program Kendaraan Bermotor Listrik Berbasis Baterai (KBLBB) atau *Battery Electric Vehicle* (BEV) di Indonesia.

Tabel 2. Dukungan Kebijakan Operasional Kementerian Lain

No	Peraturan	Substansi
1	Peraturan Menteri Keuangan No. 76 tahun 2012 tentang Perubahan atas Peraturan Menteri Keuangan Nomor 176/PMK. 011/2009.	Pembebasan Bea Masuk atas impor mesin serta barang dan bahan untuk pembangunan atau pengembangan industri dalam rangka penanaman modal.
2	Peraturan Menteri ESDM Nomor 13 Tahun 2020	Penyediaan infrastruktur pengisian listrik untuk kendaraan bermotor listrik berbasis baterai.
3	Peraturan Menteri Perindustrian Nomor 27 Tahun 2020	Spesifikasi, peta jalan pengembangan dan ketentuan penghitungan Tingkat Komponen Dalam Negeri (TKDN) KBLBB.
4	Peraturan Menteri Perindustrian Nomor 28 Tahun 2020	Kendaraan Bermotor Listrik Berbasis Baterai (KBLBB) dalam keadaan terurai lengkap dan keadaan terurai tidak lengkap.
5	Peraturan Menteri Keuangan Nomor 72 Tahun 2020	Standar Biaya Masukan (SBM) tahun anggaran 2020.
6	Peraturan Menteri Perdagangan No. 59 tahun 2020	Ketentuan impor barang komplementer, barang untuk keperluan <i>test</i> pasar, dan pelayanan purna jual.
7	Peraturan Menteri Keuangan No.130 Tahun 2020	Pemberian fasilitas pengurangan Pajak Penghasilan Badan.

No	Peraturan	Substansi
8	Peraturan Menteri Keuangan No. 12 tahun 2020	Bea masuk ditanggung pemerintah sektor industri tertentu tahun anggaran 2020.
9	Peraturan Menteri Dalam Negeri Nomor 1 Tahun 2021	Penghitungan dasar pengenaan Pajak Kendaraan Bermotor dan Bea Balik Nama kendaraan bermotor tahun 2021.

Adapun dukungan kebijakan operasional dari lembaga negara dan lembaga pemerintahan terkait bisa diperiksa pada Tabel 3 berikut.

Tabel 3. Dukungan Kebijakan Lembaga Negara dan Pemerintahan

No	Peraturan	Substansi
1	Keputusan Korps Lalu Lintas Polri Nomor 5 Tahun 2020	Standarisasi spesifikasi teknis materiil Tanda Nomor Kendaraan Bermotor (TNKB) dan Tanda Coba Kendaraan Bermotor (TCKB) plat nomor khusus KBLBB.
2	Peraturan Bank Indonesia Nomor 22/13/PBI/2020 (Perubahan kedua Peraturan BI Nomor 20/8/PBI/2018)	Rasio <i>Loan to Value</i> (LTV) untuk kredit properti, <i>rasio Financing to Value</i> (FTV) untuk pembiayaan properti, dan uang muka untuk kredit atau pembiayaan kendaraan bermotor.
3	Surat Keputusan Kepala Eksekutif Pengawas Perbankan, Otoritas Jasa Keuangan Nomor S-14/D.03/2020	Dukungan perbankan dalam percepatan program Kendaraan Bermotor Listrik Berbasis Baterai, di antaranya penyediaan dana kepada debitur dengan tujuan pembelian KBLBB dan industri hulu KBLBB, penyediaan dana dalam rangka produksi KBLBB beserta infrastrukturnya, penilaian kualitas kredit untuk pembelian KBLBB dan atau

No	Peraturan	Substansi
		pengembangan industri hulu KBLBB untuk perorangan atau badan usaha.
5	Peraturan Badan Koordinasi Penanaman Modal Nomor 7 Tahun 2020 (Perubahan kedua Peraturan BKPM Nomor 8 tahun 2019)	Rincian bidang usaha dan jenis produksi industri pionir yang dapat diberikan fasilitas pengurangan Pajak Penghasilan Badan serta tata cara pemberian fasilitas pengurangan Pajak Penghasilan Badan.

Sedangkan dukungan beberapa Pemda yang telah menerbitkan peraturan terkait kendaraan listrik dapat dilihat pada Tabel 4 berikut.

Tabel 4. Peraturan Pemerintah Daerah terkait Kendaraan Listrik

No	Peraturan	Substansi
1	Peraturan Daerah Provinsi Jawa Barat No. 9 Tahun 2019	Perubahan atas Peraturan Provinsi Jawa Barat No. 13 Tahun 2011 tentang Pajak Daerah.
2	Peraturan Gubernur Bali No. 48 tahun 2019	Penggunaan Kendaraan Bermotor Listrik Berbasis Baterai.
3	Peraturan Gubernur DKI Jakarta Nomor 3 Tahun 2020	Insentif Pajak Bea Balik Nama Kendaraan Bermotor Listrik Berbasis Baterai untuk Transportasi Jalan.
4	Peraturan Gubernur DIY No. 27 Tahun 2020	Penghitungan dasar pengenaan Pajak Kendaraan Bermotor dan Bea Balik Nama.
5	Peraturan Gubernur Jawa Timur No. 16 Tahun 2020	Penghitungan dasar pengenaan pajak dan Bea Balik Nama Kendaraan Bermotor tahun 2020.

No	Peraturan	Substansi
6	Peraturan Gubernur Kaltim No. 20 Tahun 2020	Penghitungan dasar pengenaan Pajak Kendaraan Bermotor dan Bea Balik Nama.
7	Peraturan Gubernur Banten No. 61 Tahun 2020	Penghitungan dasar pengenaan Pajak Kendaraan Bermotor dan Bea Balik Nama tahun 2020.
8	Peraturan Gubernur Sulawesi Selatan No. 18 Tahun 2020	Penghitungan dasar pengenaan Pajak Kendaraan Bermotor dan Bea Balik Nama kendaraan Provinsi Sulawesi Selatan
9	Peraturan Gubernur Nusa Tenggara Barat Nomor 21 Tahun 2020	Penghitungan dasar pengenaan Pajak Kendaraan Bermotor dan Bea Balik Nama tahun 2020.
10	Peraturan Gubernur Jawa Tengah Nomor 53 Tahun 2020	Penghitungan dasar pengenaan pajak dan Bea Balik Nama kendaraan bermotor tahun 2020 dan tahun sebelumnya.

Dari gambaran tentang kebijakan terkait kendaraan listrik di atas, terlihat jelas bagaimana pemerintah berupaya menciptakan ekosistem kendaraan listrik yang berkelanjutan. Pemerintah mulai membangun ekosistem kendaraan listrik tersebut dengan menggunakan sendiri kendaraan dinas listrik di lingkungan pemerintahan, karena kendaraan dinas dapat dianggarkan langsung dari anggaran belanja pemerintah. Direktorat Jenderal Perhubungan Darat, Kementerian Perhubungan Republik Indonesia, melakukan simulasi pergeseran kebutuhan kendaraan operasional roda empat dan roda dua untuk Pemerintah Pusat, Pemerintah Daerah, TNI, dan POLRI dari kendaraan jenis ICE (*Internal Combustion Engine*) ke BEV (*Battery Electric Vehicle*), dari tahun 2021 ke tahun 2030, sebagaimana dapat diperiksa pada Gambar 2. Permintaan jenis kendaraan BEV direncanakan akan naik dari tahun ke tahun hingga mencapai 132.983 untuk kendaraan roda empat dan 398.530 untuk kendaraan roda dua. Simulasi ini dilakukan untuk memicu akselerasi pertumbuhan ekosistem kendaraan listrik,

sehingga diharapkan muncul investor-investor yang mendukung sarana maupun prasarana kebutuhan kendaraan listrik.



Gambar 2. Kebutuhan Kendaraan Dinas Listrik Pemerintah
(Sumber: Kementerian Perhubungan Republik Indonesia Direktorat Jenderal Perhubungan Darat 2021)

Peta Tantangan Pengembangan Kendaraan Listrik

Pengembangan kendaraan listrik (*electric vehicle*) ternyata tidak mudah. Begitu pula halnya dengan pengembangan kendaraan listrik di Indonesia. Kendala umumnya bersumber dari belum matangnya ekosistem kendaraan listrik yang terbangun, baik karena belum dipahaminya kebijakan yang mendukung implementasi maupun karena belum terciptanya suasana ekonomi yang mendukung investasi. Berikut ini diuraikan tantangan-tantangan yang harus dihadapi Indonesia ke depan dalam pengembangan kendaraan listrik.

a. Kurangnya Pemahaman Tentang Kebijakan yang Diberlakukan untuk Mendukung Implementasi

Berbagai pemangku kepentingan, baik di lingkungan pemerintah (pemerintah pusat dan pemerintah daerah) maupun pelaku industri (produsen) dan konsumen masih belum sepenuhnya mengetahui atau

memahami peraturan-peraturan pendukung implementasi kebijakan pengembangan kendaraan listrik. Jelas, hal ini menghambat pelaksanaan kebijakan dan peraturan-peraturan operasional yang sebenarnya dimaksudkan untuk membantu mengembangkan ekosistem kendaraan listrik dan mendorong tumbuhnya pasar Kendaraan Bermotor Listrik Berbasis Baterai (KBLBB) atau *Battery Electric Vehicle* (BEV).

b. Harga Kendaraan Bermotor Listrik Berbasis Baterai (KBLBB) atau *Battery Electric Vehicle* (BEV) dan Total Biaya Kepemilikan atau Total Cost of Ownership untuk BEV (TCO BEV) Lebih Mahal daripada Harga Kendaraan *Internal Combustion Engine* (ICEV)

Total Cost of Ownership Kendaraan Bermotor Listrik Berbasis Baterai atau *Battery Electric Vehicle* (TCO BEV), secara umum didefinisikan sebagai semua biaya langsung dan tidak langsung yang berkaitan dengan kepemilikan BEV selama siklus hidupnya, lebih mahal daripada kepemilikan kendaraan bermotor berbahan bakar bensin (ICEV). Memang harga Kendaraan Bermotor Listrik Berbasis Baterai atau *Battery Electric Vehicle* (KBLBB atau BEV) masih jauh lebih mahal dari kendaraan berbahan bakar bensin atau *Internal Combustion Engine* (ICEV). Namun dengan insentif yang tepat, seperti pengurangan pajak pertambahan nilai barang mewah (PPnBM), bea balik nama kendaraan bermotor (BBNKB), dan pajak kendaraan bermotor (PKB), TCO BEV bisa menjadi lebih bersaing dengan atau bahkan lebih rendah dari ICEV.

Biaya kepemilikan (TCO) sangat bergantung pada biaya penggantian baterai dan daur ulang atau penggunaan kembali baterai. Menurunkan pajak (misalnya PPnBM) yang dikombinasikan dengan beberapa subsidi, sementara harga bahan bakar bensin yang semakin tinggi, dapat menggeser TCO *Plug-in Hybrid Electric Vehicle* (PHEV) dan BEV menuju pada biaya yang berdaya saing lebih tinggi dibandingkan dengan ICEV. Di awal implementasi kebijakan, pengaturan subsidi dapat difokuskan terlebih dahulu pada kendaraan

umum seperti taksi, bus dan mobil pengantar barang (persewaan kendaraan).

Saat ini, harga kendaraan listrik memang masih relatif mahal dibandingkan kendaraan konvensional berbahan bakar bensin, sehingga menjadi penghalang bagi sebagian konsumen untuk mengadopsi kendaraan ramah lingkungan ini. Beberapa faktor yang menyebabkan harga kendaraan listrik menjadi mahal antara lain adalah biaya produksinya yang tinggi, terutama pada baterai, serta pajak dan bea masuk yang belum sepenuhnya mendukung. Selain itu, infrastruktur pengisian daya yang terbatas dan persepsi konsumen tentang harga jual kembali (*resale value*) juga turut memengaruhi harga kendaraan listrik. Dikarenakan harga kendaraan listrik masih jauh lebih mahal daripada kendaraan konvensional berbahan bakar bensin, maka masyarakat memerlukan dukungan kebijakan insentif yang lebih agresif untuk menekan harga kendaraan listrik agar terjangkau masyarakat.

c. Belum terbangunnya ekosistem kendaraan listrik (EV) yang memadai untuk mengatasi masalah infrastruktur *charging* daya yang terbatas

Infrastruktur *charging* daya dengan tarif yang sesuai merupakan bagian dari ekosistem kendaraan listrik (EV). Ekosistem ini tidak hanya berarti stasiun *charging* dan *outlet* penggantian baterai tetapi juga bangunan rantai pasokan lokal secara keseluruhan untuk industri kendaraan listrik (EV), mulai dari industri manufaktur, *outlet* penjualan, bisnis pemeliharaan, serta daur ulang dan pembuangan baterai yang ramah lingkungan. Termasuk juga di dalam ekosistem ini pengembangan bengkel konversi *Internal Combustion Engine* (ICE) ke kendaraan listrik berbasis baterai (BEV) dan pasar *secondhand* kendaraan listrik. Hal penting lainnya yang harus dipertimbangkan pemerintah adalah dalam kaitannya dengan diversifikasi usaha, pengalihan tenaga kerja dan peningkatan kapasitas mereka pada situasi maraknya transisi dari ICE ke BEV.

Keterbatasan jumlah Stasiun Pengisian Kendaraan Listrik Umum (SPKLU) dan belum meratanya distribusi SPKLU menjadi kendala utama dalam adopsi kendaraan listrik. Jumlah titik *charging* publik sangat penting untuk memperluas jangkauan pengemudi kendaraan listrik berbasis baterai (BEV) sehingga dapat mengemudi jarak jauh. Sedangkan titik *charging* pribadi juga merupakan kebutuhan yang tak kalah penting bagi pemilik BEV, karena kendaraan biasanya diparkir untuk waktu yang lama dalam kesehariannya. Upaya-upaya untuk mengatasi keterbatasan jumlah dan distribusi SPKLU perlu menjadi prioritas pemerintah dalam membangun ekosistem kendaraan listrik (EV).

d. Ketersediaan Model Kendaraan Listrik di Pasar yang Masih Terbatas Sedangkan Produksi Kendaraan Listrik dalam Negeri (lokal) Belum Tumbuh

Meskipun peta jalan industri kendaraan listrik (EV) sudah dibuat dan tampak ambisius, sampai saat ini belum ada produsen lokal yang dengan kekuatan finansialnya serius berinvestasi untuk memproduksi kendaraan listrik berbasis baterai (BEV) roda empat, sementara ketersediaan model-model BEV yang ditawarkan di pasar pun masih terbatas. Produsen lokal masih kesulitan mengambil keputusan untuk berinvestasi, karena permintaan pasar secara keseluruhan masih rendah sehingga peningkatan penjualan belum begitu menjanjikan. Beberapa platform *ride-hailing* memang telah menjalin kerja sama dengan perusahaan kendaraan listrik roda dua, seperti misalnya Grab dengan Kymco dan Gojek dengan Gesits dan Viar. Namun kenyataannya, dukungan kuat permodalan dari investor untuk membangun fasilitas produksi kendaraan listrik dalam negeri (lokal) belum tampak jelas. Selain produksi, penyediaan layanan purna jual dan penunjang perawatan kendaraan listrik (EV) yang mudah diakses juga penting dibangun untuk meningkatkan kepercayaan konsumen penggunaanya.

Daya tahan baterai yang belum memuaskan dan waktu pengisian baterai yang relatif lama

Performa baterai dan waktu pengisian baterai masih menjadi perhatian serius, meskipun terus mengalami peningkatan. Permasalahan utama dalam pengisian baterai kendaraan listrik (EV) di Indonesia memang bersumber pada keterbatasan jumlah dan distribusi infrastruktur Stasiun Pengisian Kendaraan Listrik Umum (SPKLU). Namun di samping itu, waktu pengisian yang relatif lama dan biaya pengisian yang mahal, bisa jadi lebih mahal dibandingkan dengan mengisi bensin, menjadi masalah yang juga mendapatkan perhatian masyarakat. Performa baterai pun dipandang belum memuaskan. Timbul kekhawatiran tentang jangkauan berkendara dengan baterai yang terpasang, apalagi jika jumlah dan distribusi fasilitas SPKLU masih terbatas, belum sampai daerah-daerah di luar kota besar. Masalah ini menjadi tantangan serius yang harus segera diatasi.

e. Terdapat Masalah dalam Produksi Baterai yang Ramah Lingkungan dan Berkelanjutan

Masyarakat merasakan kekhawatiran pula dengan durasi waktu pakai baterai, biaya penggantian baterai, dan potensi masalah lingkungan terkait limbah baterai. Produksi dan pembuangan baterai memiliki dampak lingkungan yang perlu dikelola dengan hati-hati. Ketika masa pakai baterai sudah habis, biasanya antara 6 sampai 10 tahun tergantung jumlah siklus pengisian yang dijalannya, baterai bekas akan menjadi limbah. Limbah baterai merupakan bahan berbahaya dan merusak lingkungan. Karena, limbah baterai mengandung logam berat dan zat berbahaya seperti merkuri, mangan, timbal, nikel, dan litium yang dapat mencemari air dan tanah serta dapat membahayakan tubuh manusia.

Salah satu pilihan pendekatan untuk mengatasi masalah baterai bekas adalah dengan memrakondisinya agar bisa digunakan kembali dalam aplikasi “kehidupan kedua”. Di akhir masa pakai pertamanya, banyak baterai masih dapat mempertahankan performanya sekitar 75–80% dari kapasitas aslinya setelah rekondisi. Baterai rekondisi dapat difungsikan dalam aplikasi yang tidak terlalu tinggi tuntutan

performanya seperti untuk *energy storage* dan menara BTS (*Base Transceiver Station*). Pilihan pendekatan lainnya adalah daur ulang. Namun daur ulang baterai Lithium-ion (Li-ion) kendaraan listrik (EV) masih dalam tahap awal pengembangan dan hanya sedikit sekali jumlah pabrik daur ulang yang mampu melakukannya di seluruh dunia.

Oleh karena limbah baterai kendaraan listrik (EV) merupakan bahan berbahaya dan merusak lingkungan, pemerintah perlu menyiapkan regulasi dan penataan sistem *monitoring, verification and enforcement* (MVE) yang baik, agar limbah baterai lithium dari kendaraan listrik (EV) tidak menjadi masalah baru nantinya. Jadi selain perlu mengembangkan industri baterai lokal untuk mengurangi ketergantungan impor, pengelolaan limbah baterai dengan sistem perekondisian dan daur ulang yang efisien perlu pula dikembangkan. Tanpa pengelolaan limbah yang memadai, niat awal pengembangan industri kendaraan listrik (EV) untuk mengatasi persoalan lingkungan hidup menjadi tidak efektif.

f. Kurangnya Kesadaran dan Pengetahuan Konsumen

Secara umum, konsumen menginginkan kendaraan yang harganya terjangkau, aman, nyaman, dan dapat diandalkan untuk perjalanan serta memenuhi banyak kebutuhan praktis. Untuk semua alasan itu, konsumen umumnya akan melakukan pencarian informasi yang panjang sebelum mengambil keputusan terbaik dalam memilih kendaraan. Kurangnya kesadaran dan pengetahuan konsumen tentang keunggulan kendaraan listrik berbasis baterai (BEV), insentif yang diberikan, dan fitur yang tersedia menjadi hambatan dalam adopsi BEV. Oleh karena itu, dibutuhkan lebih banyak publikasi proyek percontohan penggunaan kendaraan listrik (EV) seperti penggunaannya sebagai taksi dan lokasi *charging* publik EV, dikombinasikan dengan kampanye dan promosi yang menekankan manfaat adopsi EV.

g. Kurangnya Edukasi dan Sosialisasi Kendaraan Listrik

Masyarakat pada umumnya belum memiliki pemahaman komprehensif tentang manfaat kendaraan listrik (EV), seperti dampak positif bagi pengurangan emisi gas rumah kaca dan biaya operasional yang bisa lebih rendah, dan tentang cara penggunaannya terutama terkait baterai yang terpasang. Sering ada kekhawatiran terhadap jarak tempuh kendaraan listrik (EV), ketersediaan infrastruktur pengisian daya baterai, dan durasi waktu yang diperlukan dalam pengisian baterai. Di tengah perilaku masyarakat yang sudah terbiasa dengan kendaraan berbahan bakar fosil, keraguan sering kali muncul dari persepsi mereka bahwa harga kendaraan listrik (EV) masih mahal. Untuk mengatasi tantangan ini, diperlukan sosialisasi dan kampanye edukatif yang lebih agresif agar dapat meningkatkan pemahaman masyarakat tentang kendaraan listrik (EV) serta mengatasi kekhawatiran dan keraguan mereka.

Penutup

Indonesia memiliki komitmen berkontribusi untuk mengatasi degradasi kualitas lingkungan hidup yang salah satu aksinya adalah pengembangan kendaraan listrik (EV). Alasan yang melatarbelakanginya adalah kondisi buruk perubahan iklim dan polusi udara akibat emisi gas rumah kaca yang ditimbulkan oleh kendaraan berbahan bakar fosil, terlalu kuatnya ketergantungan pada energi fosil, dan potensi besar Indonesia dalam pengembangan kendaraan listrik karena cadangan nikel yang melimpah sebagai bahan baku utama baterai. Untuk merealisasikannya, pemerintah telah berusaha menciptakan ekosistem kendaraan listrik (EV) di Indonesia dengan menetapkan kebijakan dan memberlakukan kebijakan operasional yang dituangkan dalam peraturan-peraturan kementerian terkait, lembaga negara dan lembaga pemerintah terkait, dan Pemerintah Daerah.

Namun muncul beberapa kendala dalam pelaksanaan pengembangan kendaraan listrik (EV). Ini merupakan tantangan yang harus dihadapi dan diatasi oleh semua pemangku kepentingan kendaraan listrik (EV) di Indonesia. Pemetaan tantangan menunjukkan

bahwa Indonesia perlu meningkatkan pemahaman masyarakat tentang kebijakan yang diberlakukan untuk mendukung implementasi, meningkatkan penerapan kebijakan insentif yang lebih agresif untuk menekan harga kendaraan listrik (BEV) agar terjangkau masyarakat, mengatasi keterbatasan jumlah dan distribusi Stasiun Pengisian Kendaraan Listrik Umum (SPKLU), memperkuat ekosistem dukungan permodalan untuk membangun fasilitas produksi kendaraan listrik dalam negeri (lokal) dan fasilitas purna jualnya, mengatasi kekhawatiran terhadap performa daya tahan baterai dan waktu pengisian baterai, mengurangi ketergantungan impor baterai dan membangun pengelolaan limbah baterai dengan sistem perekondisian dan daur ulang yang efisien, dan mengintensifkan sosialisasi dan kampanye edukatif agar dapat meningkatkan kesadaran dan pemahaman masyarakat tentang manfaat kendaraan listrik (EV) serta mengatasi kekhawatiran dan keraguan mereka. Kerja sama antara pemerintah, sektor swasta, dan pemangku kepentingan lainnya menjadi kunci untuk mengatasi tantangan transisi menuju kendaraan listrik. Upaya berkelanjutan akan memastikan proses transisi berjalan lancar dan memberi manfaat optimal.

Daftar Pustaka

- Bank Indonesia. (2020). *Peraturan Bank Indonesia Nomor 22/13/PBI/2020 tentang Perubahan Kedua atas Peraturan Bank Indonesia Nomor 20/8/PBI/2018 tentang Rasio Loan To Value (LTV) untuk Kredit Properti, Rasio Financing To Value (FTV) untuk Pembiayaan Properti, dan Uang Muka untuk Kredit atau Pembiayaan Kendaraan Bermotor.*
- BKPM. (2020). *Peraturan Badan Koordinasi Penanaman Modal No. 7 Tahun 2020 tentang Perubahan Kedua atas Peraturan BKPM No. 8 Tahun 2019 tentang Rincian Bidang Usaha dan Jenis Produksi Industri Pionir serta Tata Cara Pemberian Fasilitas Pengurangan Pajak Penghasilan Badan.*
- Gubernur Bali. (2019). *Peraturan Gubernur Bali Nomor 48 Tahun 2019 tentang Penggunaan Kendaraan Bermotor Listrik Berbasis Baterai.*
- Gubernur Banten. (2020). *Peraturan Gubernur Banten Nomor 61 Tahun 2020 tentang Penghitungan Dasar Pengenaan Pajak Kendaraan Bermotor dan Bea Balik Nama Kendaraan Bermotor Tahun 2020.*
- Gubernur DKI Jakarta. (2020). *Peraturan Gubernur DKI Jakarta Nomor 3 Tahun 2020 tentang Insentif Pajak Bea Balik Nama Kendaraan Bermotor atas Kendaraan Bermotor Listrik Berbasis Baterai (Battery Electric Vehicle) untuk Transportasi Jalan.*
- Gubernur DIY. (2020). *Peraturan Gubernur Daerah Istimewa Yogyakarta Nomor 27 Tahun 2020 tentang Penghitungan Dasar Pengenaan Pajak Kendaraan Bermotor dan Bea Balik Nama Kendaraan Bermotor.*
- Gubernur Jawa Tengah. (2020). *Peraturan Gubernur Jawa Tengah Nomor 53 Tahun 2020 tentang Penghitungan Dasar Pengenaan Pajak Kendaraan Bermotor dan Bea Balik Nama Kendaraan Bermotor Tahun 2020 dan Pembuatan Sebelum Tahun 2020.*

Gubernur Jawa Timur. (2020). *Peraturan Gubernur Jawa Timur Nomor 16 Tahun 2020 tentang Penghitungan Dasar Pengenaan Pajak Kendaraan Bermotor dan Bea Balik Nama Kendaraan Bermotor Tahun 2020*.

Gubernur Kalimantan Timur. (2020). *Peraturan Gubernur Kalimantan Timur Nomor 20 Tahun 2020 tentang Penghitungan Dasar Pengenaan Pajak Kendaraan Bermotor dan Bea Balik Nama Kendaraan Bermotor*.

Gubernur Nusa Tenggara Barat. (2020). *Peraturan Gubernur Nusa Tenggara Barat Nomor 21 Tahun 2020 tentang Penghitungan Dasar Pengenaan Pajak Kendaraan Bermotor dan Bea Balik Nama Kendaraan Bermotor Tahun 2020*.

Gubernur Sulawesi Selatan. (2020). *Peraturan Gubernur Sulawesi Selatan Nomor 18 Tahun 2020 tentang Penghitungan Dasar Pengenaan Pajak Kendaraan Bermotor dan Bea Balik Nama Kendaraan Bermotor*.

IESR. (2023). *Dissemination on Indonesia's transportation decarbonisation roadmap: Emission reduction projection and policy intervention in modal share and electric vehicle*. Institute for Essential Services Reform.

Kementerian Dalam Negeri. (2021). *Peraturan Menteri Dalam Negeri Nomor 1 Tahun 2021 tentang Penghitungan Dasar Pengenaan Pajak Kendaraan Bermotor dan Bea Balik Nama Kendaraan Bermotor Tahun 2021*.

Kementerian ESDM. (2020). *Peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral Nomor 13 Tahun 2020 tentang Penyediaan Infrastruktur Pengisian Listrik untuk Kendaraan Bermotor Listrik Berbasis Baterai*.

Kementerian Keuangan. (2012). *Peraturan Menteri Keuangan Nomor 76/PMK.011/2012 tentang Perubahan atas Peraturan Menteri Keuangan Nomor 176/PMK.011/2009 tentang Pembebasan Bea*

Masuk atas Impor Mesin serta Barang dan Bahan untuk Pembangunan atau Pengembangan Industri dalam Rangka Penanaman Modal.

Kementerian Keuangan. (2020a). *Peraturan Menteri Keuangan Nomor 12/PMK.020/2020 tentang Bea Masuk Ditanggung Pemerintah Sektor Industri Tertentu Tahun Anggaran 2020.*

Kementerian Keuangan. (2020b). *Peraturan Menteri Keuangan Nomor 72 Tahun 2020 tentang Standar Biaya Masukan Tahun Anggaran 2020.*

Kementerian Keuangan. (2020c). *Peraturan Menteri Keuangan Nomor 130/PMK.010/2020 tentang Pemberian Fasilitas Pengurangan Pajak Penghasilan Badan.*

Kementerian Perdagangan. (2020). *Peraturan Menteri Perdagangan Nomor 59 Tahun 2020 tentang Perubahan atas Peraturan Menteri Perdagangan Nomor 118/M-DAG/PER/12/2015 tentang Ketentuan Impor Barang Komplementer, Barang untuk Keperluan Test Pasar dan Pelayanan Purna Jual.*

Kementerian Perhubungan. (2020a). *Peraturan Menteri Perhubungan Nomor 65 Tahun 2020 tentang Konversi Sepeda Motor dengan Penggerak Motor Bakar menjadi Sepeda Motor Listrik Berbasis Baterai.*

Kementerian Perhubungan. (2020b). *Peraturan Menteri Perhubungan Nomor 86 Tahun 2020 tentang Perubahan atas Peraturan Menteri Perhubungan Nomor 44 Tahun 2020 tentang Pengujian Tipe Fisik Kendaraan Bermotor dengan Motor Penggerak Menggunakan Motor Listrik.*

Kementerian Perhubungan. (2020c). *Peraturan Menteri Perhubungan Nomor 87 Tahun 2020 tentang Pengujian Tipe Fisik Kendaraan Bermotor Listrik Berbasis Baterai.*

Kementerian Perhubungan. (2023). *Keputusan Menteri Perhubungan Nomor 8 Tahun 2023 tentang Penetapan Aksi Mitigasi Perubahan Iklim Sektor Transportasi untuk Pencapaian Target Kontribusi yang Ditetapkan Secara Nasional.*

Kementerian Perindustrian. (2020a). *Peraturan Menteri Perindustrian Nomor 27 Tahun 2020 tentang Spesifikasi, Peta Jalan Pengembangan, dan Ketentuan Penghitungan Tingkat Komponen Dalam Negeri Kendaraan Bermotor Listrik Berbasis Baterai.*

Kementerian Perindustrian. (2020b). *Peraturan Menteri Perindustrian Nomor 28 Tahun 2020 tentang Kendaraan Bermotor Listrik Berbasis Baterai dalam Keadaan Terurai Lengkap dan Keadaan Terurai Tidak Lengkap.*

Korps Lalu Lintas POLRI. (2020). *Keputusan Korps Lalu Lintas Polri Nomor 5 Tahun 2020 tentang Standarisasi Spesifikasi Teknis Materiil Tanda Nomor Kendaraan Bermotor (TNKB) dan Tanda Coba Kendaraan Bermotor (TCKB) Roda Empat/Lebih dan Roda Dua/Tiga.*

Otoritas Jasa Keuangan. (2020). *Surat Keputusan Kepala Eksekutif Pengawas Perbankan OJK Nomor S-14/D.03/2020 tentang Dukungan Perbankan dalam Penerapan Program Percepatan Kendaraan Bermotor Listrik Berbasis Baterai (KBLBB).*

Pemerintah Provinsi Jawa Barat. (2019). *Peraturan Daerah Provinsi Jawa Barat Nomor 9 Tahun 2019 tentang Perubahan atas Peraturan Daerah Provinsi Jawa Barat Nomor 13 Tahun 2011 tentang Pajak Daerah.*

Presiden Republik Indonesia. (2019). *Peraturan Presiden Nomor 55 Tahun 2019 tentang Percepatan Program Kendaraan Bermotor Listrik Berbasis Baterai (Battery Electric Vehicle) untuk Transportasi Jalan.*

Produksi Peptida Bioaktif Menggunakan Teknik Fermentasi

Hendry Noer Fadlillah

Pendahuluan

Lembaga kesehatan dunia (World Health Organization, WHO) melaporkan bahwa penyakit tidak menular (PTM) berada dalam fase yang sangat mengkhawatirkan. PTM menjadi pemicu utama terhadap kenaikan angka kematian global (WHO, 2021). Penyakit jantung, kanker, pernafasan kronis, dan diabetes merupakan jenis PTM yang dilaporkan menjadi penyebab tingkat kematian tertinggi di berbagai belahan dunia (WHO, 2021).

Terdapat beberapa faktor yang meningkatkan risiko PTM, diantaranya adalah merokok, kurang aktivitas fisik, konsumsi alkohol berlebihan, dan pola makan tidak sehat (WHO, 2021). Perbaikan pola hidup, termasuk pola makan dapat membantu dalam menurunkan risiko PTM. Mengonsumsi pangan yang menyehatkan sangat penting untuk mendukung kesehatan.

Pola makan yang baik telah direkomendasikan melalui konsep gizi seimbang atau dalam beberapa kesempatan sering dipromosikan dengan konsep Beragam, Bergizi, Seimbang, dan Aman (B2SA). Pangan yang menyehatkan, selain dapat memenuhi kebutuhan gizi, juga dapat membantu dalam memenuhi fungsi-fungsi tertentu, seperti menurunkan risiko penyakit jantung, meningkatkan kesehatan saluran pencernaan, atau lainnya. Banyak pangan yang mengandung komponen bioaktif yang dapat menurunkan risiko munculnya PTM (Alvarez-leite, 2025).

Proses pengolahan juga dapat menentukan mutu pangan, termasuk dari segi manfaatnya bagi kesehatan. Fermentasi merupakan salah satu proses pengolahan pangan yang dapat meningkatkan nilai pangan, termasuk dari segi kesehatan. Selama fermentasi, aktivitas mikroba mampu memperbaiki bioavailabilitas sejumlah zat gizi dan komponen bioaktif. Bahkan beberapa jenis bakteri asam laktat (BAL) yang terlibat dalam fermentasi memiliki kemampuan sebagai pro biotik, yang mampu hidup melewati saluran pencernaan dan memberikan manfaat kesehatan bagi inangnya.

Salah satu peran fermentasi yang cukup banyak menarik perhatian para peneliti dalam beberapa waktu terakhir, adalah terkait kemampuannya memecah protein menjadi peptida. Beberapa peptida yang dihasilkan tersebut dilaporkan memiliki fungsi kesehatan, seperti antioksidan, anti hipertensi, anti diabetes, dan lainnya.

Kandungan peptida bioaktif pada produk pangan fermentasi dapat membantu menurunkan risiko PTM. Apalagi produk pangan fermentasi sudah sangat populer di Indonesia. Bahkan sejumlah penelitian telah melaporkan potensi pangan fermentasi lokal sebagai sumber peptida bioaktif, diantaranya pada tempe (Tamam *et al.*, 2019), rusip (Kurnianto *et al.*, 2023), bekasam (Putranto *et al.*, 2023), dadih (Utami Wirawati *et al.*, 2020), dan sari kedelai (Fadlillah *et al.*, 2025).

Potensi fermentasi dalam menghasilkan peptida bioaktif dapat meningkatkan manfaat dan fungsi pangan, serta dapat diaplikasikan sebagai bagian strategi dalam mengurangi risiko penyakit jantung, hipertensi, diabetes, dan lainnya. Pemanfaatan pangan fermentasi lokal sebagai sumber peptida bioaktif untuk menurunkan risiko PTM tentu akan lebih efektif, karena banyak pangan fermentasi yang sudah menjadi bagian menu sehari-hari. Selain itu, biaya pencegahan juga akan lebih murah, dibandingkan biaya yang diperlukan untuk mengobati jika telah menderita PTM.

Peptida Bioaktif

Peptida bioaktif merupakan fragmen protein dengan rantai pendek yang terdiri beberapa asam amino yang memiliki fungsi bagi kesehatan (Fadlillah *et al.*, 2021; Sánchez & Vázquez, 2017). Jumlah asam amino pada peptida bioaktif berkisar antara 2 hingga 20 dengan berat molekul di bawah 6000 Da (Cruz-Casas *et al.*, 2021). Protein merupakan zat gizi makro, terdiri dari polipeptida yang tersusun dari banyak asam amino yang dihubungkan oleh ikatan peptida. Protein dapat dihidrolisis menjadi asam amino tunggal serta dua atau lebih asam amino yang masih terhubung dengan ikatan peptida. Menariknya, manfaat peptida bioaktif belum muncul ketika masih terikat dalam bentuk polipeptida atau protein. Manfaat bioaktifnya baru terbentuk setelah dalam bentuk peptidanya. Selain itu, tidak semua peptida memiliki sifat bioaktif. Sifat bioaktif peptida ditentukan oleh beberapa faktor, diantaranya adalah jenis, jumlah, urutan, dan posisi asam amino penyusunnya. Peptida dapat memiliki sifat bioaktif yang berbeda walau jenis dan jumlah asam aminonya sama, tetapi urutan dan posisinya berbeda. Beberapa sifat bioaktif peptida yang memiliki peranan dalam menurunkan risiko PTM meliputi antioksidan, ACE inhibitor, anti diabetes, anti inflamasi, peningkat sistem imun, dan lainnya:

1.1 Sumber Peptida Bioaktif

Bahan pangan yang mengandung protein pada dasarnya dapat menjadi sumber peptida bioaktif, baik yang berasal dari hewani maupun nabati. Selama ini, pangan hewani menjadi sumber protein dengan kualitas yang baik, termasuk dari segi komposisi asam aminonya. Namun demikian, pangan nabati semakin mendapat perhatian untuk mendapatkan protein alternatif yang lebih murah dan berkelanjutan (Cruz-Casas *et al.*, 2021).

Pada pangan hewani, susu dan produk turunannya adalah sumber peptida bioaktif yang sering dilaporkan pada banyak penelitian

(Akbarian *et al.*, 2022; Tonolo *et al.*, 2020). Begitupun pada produk daging, dimana Gallego *et al.* (2018) membandingkan peptida bioaktif pada produk sosis fermentasi. Menariknya, setiap sosis fermentasi memiliki karakter peptida bioaktif yang unik. Sebagian produk sosis memiliki peptida dengan penghambatan ACE tinggi, sementara beberapa lainnya peptida dengan aktivitas antioksidan yang lebih tinggi (Gallego *et al.*, 2018). Telur yang merupakan protein hewani yang baik, juga dapat menjadi sumber peptida bioaktif yang penting untuk mendukung kesehatan (Liao *et al.*, 2018).

Produk perikanan juga dapat menjadi sumber peptida yang baik. Hidrolisat protein dari ikan tuna dilaporkan mengandung peptida dengan aktivitas penghambatan DPP-IV (Huang *et al.*, 2012). Begitupun dengan produk ikan teri (*anchovy*) yang berpotensi menghasilkan sejumlah peptida bioaktif dengan beberapa manfaat kesehatan (Kurnianto *et al.*, 2023). Jenis ikan yang lain juga memiliki peluang untuk dikembangkan lebih lanjut sebagai sumber peptida bioaktif.

Seiring dengan semakin berkembangnya tren pangan berbasis nabati (*plant-based foods*), pemanfaatan protein yang berasal dari tanaman juga meningkat pesat, termasuk sebagai sumber peptida bioaktif. Pangan berbasis kacang-kacangan, seperti kedelai, merupakan sumber protein yang banyak dilaporkan kandungan peptida bioaktifnya (Chatterjee *et al.*, 2018; Lammi *et al.*, 2018; Singh *et al.*, 2015). Peptida bioaktif juga teridentifikasi pada produk berbasis sereal, seperti sorgum, gandum, beras, dan jagung (Cavazos & Gonzalez de Mejia, 2013). Dengan banyaknya sumber peptida bioaktif dari protein nabati, maka konsumen dapat lebih leluasa untuk menentukan jenis pangan yang akan dikonsumsi. Peptida bioaktif nabati ini juga dapat menjadi alternatif pada konsumen vegetarian.

Proses pengolahan sangat menentukan jumlah peptida bioaktif pada produk pangan. Germinasi dan fermentasi adalah teknik yang

bisa digunakan untuk meningkatkan kandungan peptida bioaktif pada pangan sumber protein.

1.2 Manfaat Kesehatan Peptida Bioaktif

Antioksidan

Salah satu fungsi peptida yang cukup banyak dilaporkan adalah sebagai antioksidan. Senyawa ini dapat menurunkan risiko negatif yang ditimbulkan dari reaksi oksidasi. Terdapat beberapa mekanisme bagi antioksidan dalam menghambat reaksi berantai radikal bebas, diantaranya melalui donor hidrogen, transfer elektron, mengkelat senyawa prooksidan, atau dengan mengaktifkan sistem antioksidan indigenous di dalam tubuh (Fadlillah et al., 2021).

Sejumlah senyawa peptida dilaporkan memiliki aktivitas sebagai antioksidan. Fadlillah et al. (2025) berhasil mengidentifikasi senyawa peptida antioksidan yang terbentuk dari fermentasi sari kedelai yang diproduksi dari kedelai germinasi, diantaranya adalah GKHQQEEENEGGSI, VNPESQQGSPR, IGINAENNQRN, dan FVDAQPQQKEEG. Peptida yang dihasilkan tersebut berasal dari hidrolisis protein kedelai yang terjadi selama proses germinasi dan fermentasi. Peptida lain yang juga dilaporkan memiliki aktivitas antioksidan adalah VGPWQK (Chai et al., 2021); YQLD, FSDIPNPIGSEN, FSDIPNPIGSE, YFYP (Zhao et al., 2021); VENAACCTTNEECCEKK, VEGGAACCTTGGECCCEKK (Shi et al., 2021); dan ARHPHPHLSFM, AVYPYQR, NPYVPR, KVLVPVEK (Tonolo et al., 2020). Selain peptida yang disebutkan tersebut, masih banyak peptida lain yang juga dilaporkan memiliki fungsi antioksidan, baik secara *in vitro* maupun *in vivo*.

Peptida yang memiliki fungsi antioksidan umumnya mengandung asam amino yang memiliki kemampuan dalam mendonorkan hidrogen, melakukan transfer elektron, ataupun mengkelat ion logam. Peptida-peptida tersebut biasanya mengandung

asam amino dengan gugus aromatik, sulfihidril (-SH), dan atau yang mengandung alanin dan leusin pada N atau C - terminal (Fadlillah et al., 2023).

Selain melalui penghambatan reaksi oksidasi, mekanisme antioksidan peptida juga bisa melalui aktivasi sistem antioksidan internal di dalam tubuh. Sebagai contoh IGINAENNQRN yang teridentifikasi sebagai peptida antioksidan pada penelitian Fadlillah et al. (2025), yang tidak mengandung asam amino aromatik ataupun gugus sulfihidril. Selain itu juga tidak mengandung asam amino alanin dan leusin pada N ataupun C-terminal. Tetapi peptida tersebut mampu mengaktifasi Keap1/Nrf2 yang merupakan sinyal bagi tubuh untuk memproduksi enzim-enzim antioksidan seperti glutathione reduktase dan superoksida dismutase (Fadlillah et al., 2025; Tonolo et al., 2020)

ACE Inhibitor

Peran peptida bioaktif untuk menurunkan risiko hipertensi juga dilaporkan oleh beberapa penelitian (Martinez-villaluenga et al., 2012; Mora et al., 2018; Rubak et al., 2020). Sejumlah peptida memiliki kemampuan sebagai penghambat enzim ACE (*Angiotensin I Converting Enzyme*). Aktivitas penghambatan enzim angiotensin I-converting enzyme (ACE) telah banyak diteliti dalam beberapa waktu terakhir (Mora et al., 2018). ACE merupakan enzim dipeptidil karboksipeptidase yang berperan dalam sistem renin–angiotensin (RAS). Enzim ini mengubah angiotensin-I menjadi angiotensin-II yang bersifat vasokonstriktor (menyempitkan pembuluh darah), dengan cara memotong dua asam amino sekaligus. Proses ini juga secara bersamaan menonaktifkan bradikinin, yaitu senyawa yang bersifat vasodilator (melebarkan pembuluh darah) (Mora et al., 2018; Rubak et al., 2019).

Penghambatan ACE berperan menjaga keseimbangan antara efek vasokonstriktif angiotensin-II dengan efek vasodilator dari

bradykinin (Rubak et al., 2019). Peptida dengan kemampuan penghambatan ACE dilaporkan memiliki kemampuan dalam mencegah pembentukan angiotensin-II, sehingga dapat menurunkan tekanan darah (Mora et al., 2018). Beberapa jenis peptida yang memiliki sifat sebagai penghambat ACEI misalnya adalah VVPPF (Utami Wirawati et al., 2020); ARHPHPLSFM (Rubak et al., 2020); NIFRPFAPEL dan AALEAPRILNL (Li et al., 2022), serta NCW (Xue et al., 2024).

Peptida dengan potensi penghambat ACE biasanya mengandung asam amino hidrofobik pada ujung C-terminal. Selain itu, asam amino aromatik dan alifatik, terutama yang berada di C/N terminal, juga berpeluang memiliki aktivitas penghambat ACE (Rubak et al., 2019).

Anti Diabetes

Peptida bioaktif yang berasal dari berbagai sumber pangan telah dilaporkan memiliki aktivitas antidiabetes melalui beberapa mekanisme, diantaranya dengan menghambat enzim pemecah karbohidrat, seperti α -amilase dan α -glukosidase. Selain itu, sejumlah peptida juga dapat menghambat enzim DPP-IV (dipeptidil peptidase IV), yang berperan dalam menonaktifkan hormon inkretin. Inkretin membantu merangsang pelepasan insulin, sehingga penghambatan DPP-IV dapat meningkatkan efektivitas insulin (Antony & Vijayan, 2021). Mekanisme lainnya adalah dengan meningkatkan sekresi insulin dari pankreas, mengontrol rasa kenyang (*satiety*), serta mengurangi penyerapan glukosa dari usus, yang secara langsung menurunkan kenaikan kadar gula darah setelah makan (Antony & Vijayan, 2021).

Peptida yang telah dilaporkan memiliki fungsi dalam menurunkan risiko diabetes antara lain yang berasal dari protein kedelai. Peptida tersebut berasal dari protein kedelai, dan secara *in vivo* mampu memperbaiki fungsi hormon insulin serta mengontrol kadar gula darah (Lu et al., 2012). Laporan lainnya menunjukkan

berasal dari ikan tuna memiliki aktivitas penghambatan DPP-IV secara *in vitro* (Huang et al., 2012).

Asam amino hidrofobik, seperti alanin, glisin, isoleusin, leusin, fenilalanin, prolin, metionin, triptofan, dan valin sering ditemukan dalam peptida penghambat DPP-IV. Hal ini dikarenakan situs aktif enzim DPP-IV memiliki gugus hidrofobik, sehingga interaksi dengan peptida hidrofobik menjadi efektif untuk penghambatan. Selain itu, residu asam amino prolin di bagian N-terminal seringkali menjadi indikator kuat aktivitas penghambatan DPP-IV. Peptida yang mengandung prolin lebih tahan terhadap pencernaan gastrointestinal, sehingga bisa bertahan lebih lama dalam tubuh (Antony & Vijayan, 2021).

Sementara itu untuk penghambatan α -amilase, biasanya melibatkan peptida yang mengandung asam amino aromatik dengan berat molekul besar seperti fenilalanin, triptofan, tirosin, dan arginin. Untuk enzim α -glukosidase, peptida yang efektif menghambatnya dicirikan dengan kandungan asam amino hidroksil atau basa di N-terminal. Prolin di tengah peptida, serta alanin dan metionin di C-terminal, juga dapat meningkatkan aktivitas penghambatan (Antony & Vijayan, 2021).

Imunomodulator

Peptida imunomodulator (*immunomodulatory peptides*) yang memiliki fungsi mempengaruhi sistem imun juga banyak menjadi topik penelitian (Pavlicevic et al., 2022). Agak berbeda dengan peptida bioaktif lainnya, *immunomodulatory peptides* lebih bersifat kompleks dan dapat mencakup berbagai senyawa dengan mekanisme yang berbeda-beda. Peptida ini dapat mempengaruhi sistem imun dengan cara yang beragam, baik melalui sistem imun adaptif maupun bawaan atau bahkan kombinasi keduanya (Pavlicevic et al., 2022). Mekanisme kerja dari peptida imunomodulator dapat melalui efek proliferasi atau

antiproliferatif, proinflamasi atau anti inflamasi, maupun sitoprotektif atau sitotoksik pada berbagai tingkatan sel (Pavlicevic *et al.*, 2022).

Contoh beberapa peptida yang memiliki sifat imunomodulator adalah NSVFRALPVDV^{ANAYR}, GIAASPFLQSAAFQLR, LLPPFHQASSLLR, dan TPMGGFLGALSSLSATK. Peptida-peptida tersebut dilaporkan mampu mempengaruhi produksi nitric oxide, pelepasan sitokin proinflamasi seperti TNF- α , IL-6, dan IL-1 β yang dianalisis pada sel makrofag yang dirangsang dengan LPS (lipopolisakarida) (Wen *et al.*, 2021).

1.3 Produksi Peptida Bioaktif

Peptida bioaktif dapat dihasilkan melalui teknik pengolahan pangan. Setiap teknik memiliki keunggulan dan kelemahan masing-masing, serta bisa dikombinasikan antara satu teknik dengan teknik lainnya.

Secara umum, peptida dapat dilakukan dengan dua cara, yakni sintesis dan hidrolisis. Pada metode sintesis, peptida diproduksi dari asam amino – asam amino yang kemudian direaksikan untuk menghasilkan peptida. Sebaliknya, dengan metode hidrolisis peptida diperoleh dari pemecahan protein menjadi senyawa-senyawa yang lebih kecil dalam bentuk peptida.

Sintesis peptida dapat dilakukan secara kimia dengan dua pendekatan utama, yakni sintesis fase larut atau sintesis fase padat. Asam amino digunakan sebagai bahan baku utama untuk menyusun peptida yang diinginkan. Keunggulan dari metode ini adalah dapat menghasilkan peptida yang seragam dalam jumlah yang lebih cepat. Kelemahannya adalah terkait diperlukannya bahan baku asam amino yang cukup banyak untuk produksi massal, serta adanya isu keamanan terkait residu yang ditinggalkan, baik untuk lingkungan maupun kesehatan (Akbarian *et al.*, 2022).

Hidrolisis secara *enzimatis* dengan menggunakan protease adalah salah satu metode yang dapat dilakukan untuk menghasilkan peptida. Jenis peptida yang dihasilkan akan sangat bergantung dengan protease yang digunakan. Sumber protease bisa berasal dari saluran pencernaan, mikroba, hewan, ataupun bahan nabati. Salah satu keunggulan hidrolisis menggunakan enzim adalah jenis peptida yang dihasilkan akan lebih terkontrol dan seragam, sesuai dengan jenis enzim yang digunakan. Tantangannya adalah biaya penggunaan enzim cukup mahal dan memerlukan kondisi terkontrol agar enzim dapat beraktivitas secara optimal dalam memecah protein menjadi peptida. Penurunan aktivitas enzim akan menurunkan produktivitas dalam menghasilkan peptida.

Aktivitas proteolisis untuk menghasilkan peptida juga dapat dilakukan melalui germinasi. Selama germinasi terjadi aktivitas enzim protease yang dilakukan untuk menghidrolisis protein, yang beberapa diantaranya menghasilkan peptida dengan fungsi tertentu. Sari kedelai yang dibuat dari kedelai germinasi memiliki aktivitas antioksidan yang lebih tinggi, dibandingkan sari kedelai dari kedelai non germinasi (Fadlillah *et al.*, 2023). Selain karena konversi isoflavon glukosida menjadi bentuk aglikonnya, hal tersebut juga didukung oleh produksi peptida bioaktif yang memiliki aktivitas antioksidan (Fadlillah *et al.*, 2025). Dalam penelitian lainnya, germinasi koro pedang (*jack bean*) dapat menghasilkan peptida dengan aktivitas penghambatan DPP-IV (Agustia *et al.*, 2023). Germinasi lupin menghasilkan selama 7 hari juga dilaporkan menghasilkan peptida bioaktif dan meningkatkan aktivitas anti inflamasi. Peptida dengan gugus hidrofobik pada N-terminal, seperti LAIPINNPGKL, ISGGAPSVDLILDKNDAVWR, LAIPINNPGKFYDFYPSRT, IIEFQSKPNTLILP and LSEGDLVIPAGHPL berkontribusi besar terhadap peningkatan aktivitas anti inflamasi tersebut (Guzmán-Ortiz *et al.*, 2024).

Metode lain yang cukup populer untuk memproduksi peptida bioaktif adalah dengan menggunakan fermentasi. Selama fermentasi terdapat aktivitas enzim protease mikroba yang menghidrolisis protein menjadi peptida (Fadlillah *et al.*, 2025). Jenis peptida yang dihasilkan sangat bergantung pada jenis mikroba beserta enzim protease yang dimilikinya (Peres Fabbri *et al.*, 2024).

Untuk meningkatkan produksi peptida bioaktif, bisa dilakukan kombinasi antara beberapa metode produksi peptida. Fadlillah *et al.* (2023) mengombinasikan antara germinasi dengan fermentasi menggunakan bakteri asam laktat (BAL) untuk meningkatkan aktivitas antioksidan sari kedelai. Kombinasi antara germinasi dan fermentasi terbukti menghasilkan aktivitas antioksidan yang lebih tinggi, dibandingkan hanya dengan menggunakan germinasi ataupun fermentasi.

Teknologi Fermentasi

Fermentasi merupakan salah satu teknologi pengolahan pangan tertua telah digunakan oleh berbagai belahan dunia, dan bahkan telah menjadi bagian dari budaya dari kehidupan manusia, seperti tempe di Indonesia, kimchi di Korea, miso di Jepang, serta keju dan roti di Eropa. Teknik ini dapat memberikan beberapa manfaat, seperti meningkatkan umur simpan, memperbaiki sifat sensori produk pangan, meningkatkan nilai gizi dan bioavailabilitas komponen bioaktif.

Proses yang melibatkan mikroba ini sangat dipengaruhi oleh beberapa faktor, yang secara garis besar dibagi menjadi faktor intrinsik dan ekstrinsik. Faktor intrinsik melibatkan substrat atau bahan pangan yang akan difermentasi, seperti kandungan nutrisi, pH, aktivitas air (*water activity*, a_w), potensial redoks, dan keberadaan senyawa anti mikroba. Sementara itu, faktor ekstrinsik terkait pengaruh lingkungan yang dapat mempengaruhi pertumbuhan mikroba, seperti suhu, *relative humidity*, dan komposisi udara lingkungan. Setiap mikroba

memiliki kondisi optimal masing-masing, sehingga seringkali memerlukan riset mendalam untuk menemukan kondisi fermentasi terbaik.

Berdasarkan cara inokulasi mikroba, terdapat beberapa teknik fermentasi yang seringkali diaplikasikan dalam kehidupan sehari-hari. Pertama adalah teknik fermentasi spontan, di mana fermentasi terjadi tanpa penambahan kultur starter. Mikroba yang terlibat dalam fermentasi berasal dari lingkungan, dan biasanya banyak terjadi pada produk-produk fermentasi tradisional, seperti pada proses pembuatan dadih (susu kerbau fermentasi) atau pembuatan kimchi tradisional. Mikroba yang terlibat dalam fermentasi spontan ini umumnya terdiri dari banyak jenis.

Teknik fermentasi kedua adalah dengan penambahan kultur starter. Dengan menggunakan teknik ini, mikroba yang terlibat dalam fermentasi lebih terkontrol dengan *strain* yang telah diketahui.

Fermentasi juga bisa dilakukan dengan metode *backslopping*. Pada metode ini, produk fermentasi sebelumnya digunakan sebagai starter untuk fermentasi berikutnya. Oleh sebab itu, produk fermentasi yang digunakan sebagai starter harus mengandung mikroba hidup. Hanya saja, hasil fermentasi dari metode ini seringkali tidak konsisten dan mudah terkontaminasi.

Salah satu mikroba yang sering terlibat pada fermentasi pangan adalah bakteri asam laktat (BAL) (Nuraida, 2015). BAL merupakan bakteri gram positif, tidak membentuk spora, anaerob fakultatif, dan menghasilkan asam laktat dalam metabolisme karbohidratnya. Selain BAL, fermentasi juga bisa melibatkan kapang dan khamir.

Produksi peptida bioaktif dengan teknik fermentasi telah banyak dilakukan dan dilaporkan pada berbagai penelitian, seperti yang terlihat pada Tabel 1. Keuntungan produksi peptida dengan

fermentasi adalah melibatkan sejumlah enzim protease yang dimiliki oleh mikroba, sehingga hasilnya lebih bervariasi. Secara umum, teknik ini juga lebih murah dibandingkan dengan penggunaan enzim murni untuk hidrolisis. Selain peptida bioaktif, fermentasi juga bisa memberikan pengaruh positif lainnya, seperti meningkatkan bioavailabilitas zat gizi dan komponen bioaktif. Hal ini dikarenakan, enzim yang terlibat bukan hanya protease, tetapi juga berbagai enzim lain yang dimiliki oleh mikroba. Mikroba juga dapat memperpanjang umur simpan dan memperbaiki mutu sensori produk pangan.

Tabel 1 Beberapa hasil penelitian kandungan peptida bioaktif pada produk pangan fermentasi*

Pangan	Peptida	Fungsi	Referensi
Dadih	GM	Antioksidan	(Zain <i>et al.</i> , 2023)
Keju	APFPE	Penghambat DPP-IV	(Helal & Tagliazucchi, 2023)
Natto	KL dan LR	Penghambat DPP-IV	(Sato <i>et al.</i> , 2018)
Sari kedelai germinasi yang difermentasi	GKHQEEENE GGS I, VNPESQQGSPR, IGINAENNQRN, dan FVDAQPQQKEEG	Antioksidan	(Fadlillah <i>et al.</i> , 2025)
Susu fermentasi	ARHPHPHLSFM, DELQDKIHFP,	Penghambat ACE	(Rubak <i>et al.</i> , 2020)

Pangan	Peptida	Fungsi	Referensi
	DKIHPF, dan DKIHPFAQ		
Tempe	IGDLLK, PIEVPAK, IGEPGVGK, PLVLYKRVE	Penghambatan ACE	(Sitanggang <i>et al.</i> , 2020)

**Peptida bioaktif yang dihasilkan bisa berbeda antar jenis produk, tergantung pada substrat, metode fermentasi, mikroba yang terlibat, dan faktor lainnya.*

Keterangan: A = alanin; D = asam aspartat; E = asam glutamat; F = fenilalanin; G = glisin; I = isoleusin; K = lisin; L = leusin, M = metionin; N = asparagin; P = prolin; Q = glutamin; R = arginin; S = serin; T: threonin; V = valin; W = triptofan; Y = tirosin.

Tantangan dan Peluang

Indonesia merupakan negara yang memiliki kekayaan pangan fermentasi cukup banyak. Nuraida (2015) mengungkapkan bahwa banyak makanan fermentasi khas Indonesia yang memiliki potensi untuk mendukung kesehatan. Sebagai contoh, tempe yang merupakan produk khas Indonesia yang berpotensi sebagai sumber antioksidan dan membantu menurunkan kolesterol darah (Astawan *et al.*, 2025). Sementara itu, dadih yang berasal dari Sumatera Barat, juga dilaporkan memiliki potensi untuk meningkatkan sistem imun (Kodariah *et al.*, 2019). Laporan lain menunjukkan pemanfaatan oncom sebagai sumber antioksidan dalam mendukung pengembangan pangan fungsional (Surya & Romulo, 2023). Kurnianto *et al.* (2023) juga melaporkan mengenai peluang rusip, produk fermentasi ikan khas Indonesia, yang dapat mengandung senyawa anti diabetes, anti hipertensi, dan antioksidan.

Peptida memiliki peranan penting dalam meningkatkan manfaat produk fermentasi khas Indonesia. Sitanggang *et al.* (2020) berhasil mengidentifikasi sejumlah peptida bioaktif yang memiliki potensi sebagai antioksidan, anti kanker, anti hipertensi, peningkat sistem imun, dan lainnya pada tempe. Begitupun dengan Kurnianto *et al.* (2023) yang mengidentifikasi peptida-peptida potensial secara bioinformatika pada rusip. Peptida baru, yakni Gly-Met, dengan sifat antioksidan juga berhasil diidentifikasi pada dadih (Zain *et al.*, 2023).

Pangan fermentasi khas Indonesia dapat membantu dalam menurunkan risiko PTM. Namun demikian, penelitian secara ilmiah masih perlu terus dilakukan untuk memastikan manfaat yang diberikan.

Saat ini, pangan fermentasi lokal masih banyak diproduksi oleh usaha kecil menengah. Permasalahan dalam sanitasi dan higiene masih sering ditemui, oleh sebab itu diperlukan peranan dari berbagai pihak dalam mendukung perbaikan sarana dan prasarana. Kegiatan edukasi yang berkesinambungan juga menjadi kunci dalam pengembangan pangan fermentasi khas Indonesia, baik untuk produsen maupun konsumen.

Edukasi kepada produsen terutama terkait dengan perbaikan mutu dan keamanan pangan, termasuk dalam menerapkan praktik sanitasi dan higiene yang baik. Selain itu, edukasi dan pelatihan untuk meningkatkan mutu dan kemasan produk juga penting dilakukan, agar produk fermentasi lokal memiliki nilai jual yang menguntungkan secara ekonomi.

Di sisi lain, edukasi terhadap konsumen juga sangat penting, terutama terkait dengan manfaat produk pangan fermentasi khas Indonesia. Konsumen perlu lebih menghargai produk fermentasi lokal dan mengonsumsinya sesuai dengan prinsip gizi seimbang. Saat ini,

gaya hidup generasi muda semakin bergeser dan mulai meninggalkan pangan lokal, termasuk pangan fermentasi. Promosi disertai dengan bukti ilmiah mengenai manfaatnya dapat menjadi strategi untuk kembali mempopulerkan pangan fermentasi lokal. Pemanfaatan media-media yang dekat dengan generasi muda, seperti media sosial, dapat menjadi sarana untuk mempopulerkan pangan khas Indonesia. Peluang pangan fermentasi tradisional dengan fungsi kesehatan tertentu sangat cerah, seiring dengan semakin sadarnya masyarakat terhadap pengaruh pangan bagi kesehatan.

Pemerintah memiliki tanggung jawab besar untuk menjaga dan mengembangkan pangan fermentasi lokal. Kerja sama dengan produsen dan konsumen, serta didukung oleh pihak terkait lainnya sangat penting agar pangan fermentasi lokal semakin populer dan mendukung status kesehatan masyarakat. Regulasi harus disusun secara ilmiah dan menjamin bisnis pangan fermentasi lokal berjalan dengan penuh tanggung jawab dan adil. Kegiatan pembinaan dan edukasi, baik untuk produsen dan konsumen, harus disusun dan dilaksanakan secara efektif dan produktif. Dengan kerja sama dan dukungan berbagai pihak, pangan fermentasi lokal akan dapat berkembang semakin baik dan memberikan manfaat positif bagi kesehatan masyarakat.

Penutup

Penyakit Tidak Menular (PTM) menjadi tantangan serius bagi kesehatan. Berbagai upaya perlu dilakukan untuk menurunkan risiko PTM, diantaranya dengan mengonsumsi pangan yang menyehatkan.

Komponen pangan yang dapat berperan mendukung kesehatan dan menurunkan risiko PTM adalah peptida bioaktif. Senyawa ini merupakan fragmen protein berukuran kecil yang terdiri dari beberapa jenis asam amino. Peptida bioaktif pada produk pangan dapat berperan sebagai antioksidan, anti hipertensi, anti diabetes,

peningkat sistem imun, dan lainnya. Tidak semua peptida memiliki sifat bioaktif. Sifat bioaktif peptida sangat ditentukan oleh jenis, jumlah, urutan, dan posisi asam amino penyusunnya.

Pangan kaya protein dapat menjadi sumber peptida bioaktif. Terdapat beberapa metode untuk memproduksi peptida, baik melalui sintesis maupun hidrolisis. Fermentasi merupakan salah satu metode yang sering digunakan untuk menghasilkan peptida bioaktif. Keuntungan dari metode fermentasi adalah murah dan lebih mudah dikontrol. Selain itu fermentasi juga dapat memperbaiki mutu sensori dan memperpanjang umur simpan produk pangan, serta meningkatkan bioavailabilitas zat gizi dan komponen bioaktif lainnya.

Indonesia kaya akan pangan fermentasi lokal dengan berbagai manfaat kesehatan. Namun demikian, diperlukan berbagai upaya untuk meningkatkan mutu dan keamanannya, termasuk dukungan penelitian dalam pengembangan produk dan pembuktian manfaat kesehatannya secara ilmiah. Beberapa produk tradisional khas Indonesia, seperti tempe dan dadih, telah terbukti mengandung peptida bioaktif dengan fungsi kesehatan tertentu. Pemanfaatan pangan fermentasi lokal berpotensi untuk menurunkan risiko PTM dan meningkatkan status kesehatan masyarakat.

Daftar Pustaka

- Agustia, F. C., Murdiati, A., Supriyadi, & Indrati, R. (2023). Production of Dipeptidyl Peptidase-IV Inhibitory Peptides from Germinated Jack Bean [*Canavalia ensiformis* (L.) DC.] Flour. *Preventive Nutrition and Food Science*, 28(2), 149–159.
<https://doi.org/10.3746/pnf.2023.28.2.149>
- Akbarian, M., Khani, A., Eghbalpour, S., & Uversky, V. N. (2022). Bioactive Peptides: Synthesis, Sources, Applications, and Proposed Mechanisms of Action. *International Journal of Molecular Sciences*, 23(3). <https://doi.org/10.3390/ijms23031445>
- Alvarez-leite, J. I. (2025). The Role of Bioactive Compounds in Human Health and Disease. *Nutrients*, 17(1170), 1–5.
<https://doi.org/https://doi.org/10.3390/nu17071170>
- Antony, P., & Vijayan, R. (2021). Bioactive peptides as potential nutraceuticals for diabetes therapy: A comprehensive review. *International Journal of Molecular Sciences*, 22(16).
<https://doi.org/10.3390/ijms22169059>
- Astawan, M., Abdurrasyid, Z., Novita, R. R., Damayanti, A. F., Saraswati, S., Wresdiyati, T., Saithong, P., Chitisankul, W. T., & Putri, S. P. (2025). Exploring the hypoglycemic potential of fresh, *semangit*, and *bosok tempe*: A comparative metabolite profile. *Narra J*, 5(2), e2327. <http://doi.org/10.52225/narra.v5i2.2327>
- Cavazos, A., & Gonzalez de Mejia, E. (2013). Identification of Bioactive Peptides from Cereal Storage Proteins and Their Potential Role in Prevention of Chronic Diseases. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 12(4), 364–380.
<https://doi.org/10.1111/1541-4337.12017>
- Chai, T. T., Xiao, J., Mohana Dass, S., Teoh, J. Y., Ee, K. Y., Ng, W. J., & Wong, F. C. (2021). Identification of antioxidant peptides derived from tropical jackfruit seed and investigation of the stability profiles.

- Food Chemistry*, 340, 127876.
<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.127876>
- Chatterjee, C., Gleddie, S., & Xiao, C.-W. (2018). Soybean bioactive peptides and their functional properties. *Nutrients*, 10, 8–11.
<https://doi.org/10.3390/nu10091211>
- Cruz-Casas, D. E., Aguilar, C. N., Ascacio-Valdés, J. A., Rodríguez-Herrera, R., Chávez-González, M. L., & Flores-Gallegos, A. C. (2021). Enzymatic hydrolysis and microbial fermentation: The most favorable biotechnological methods for the release of bioactive peptides. *Food Chemistry: Molecular Sciences*, 3, 1–12.
<https://doi.org/10.1016/j.fochms.2021.100047>
- Fadlillah, H. N., Nuraida, L., Sitanggang, A. B., & Palupi, N. S. (2021). Production of antioxidants through lactic acid fermentation: current developments and outlook. *The Annals of the University Dunarea de Jos of Galati Fascicle VI – Food Technology*, 45(2), 203–228.
<https://doi.org/https://doi.org/10.35219/foodtechnology.2021.2.13>
- Fadlillah, H. N., Nuraida, L., Sitanggang, A. B., & Palupi, N. S. (2023). Combination of germination and fermentation to improve antioxidant activity of soymilk. *Journal of Food and Nutrition Research*, 62(4), 335–345.
<https://www.vup.sk/en/index.php?mainID=2&navID=34&version=2&volume=0&article=2330>
- Fadlillah, H. N., Nuraida, L., Sitanggang, A. B., & Palupi, N. S. (2025). Antioxidant peptides produced by *Pediococcus acidilactici* YKP4 and *Lacticaseibacillus rhamnosus* BD2 in fermented soymilk made from germinated soybeans. *International Journal of Food Science and Technology*, 60(1), vvae002
<https://doi.org/10.1093/ijfood/vvae002>
- Gallego, M., Mora, L., Escudero, E., & Toldrá, F. (2018). Bioactive peptides and free amino acids profiles in different types of European

- dry-fermented sausages. *International Journal of Food Microbiology*, 276, 71–78. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2018.04.009>
- Guzmán-Ortiz, F. A., Peñas, E., Frias, J., Castro-Rosas, J., & Martínez-Villaluenga, C. (2024). How germination time affects protein hydrolysis of lupins during gastroduodenal digestion and generation of resistant bioactive peptides. *Food Chemistry*, 433(March 2023). <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2023.137343>
- Helal, A., & Tagliazucchi, D. (2023). Peptidomics Profile, Bioactive Peptides Identification and Biological Activities of Six Different Cheese Varieties. *Biology*, 12(1). <https://doi.org/10.3390/biology12010078>
- Huang, S. L., Jao, C. L., Ho, K. P., & Hsu, K. C. (2012). Dipeptidyl-peptidase IV inhibitory activity of peptides derived from tuna cooking juice hydrolysates. *Peptides*, 35(1), 114–121. <https://doi.org/10.1016/j.peptides.2012.03.006>
- Kodariah, R., Armal, H. L., Wibowo, H., & Yasmon, A. (2019). The effect of dadih in BALB/c mice on pro-inflammatory and anti-inflammatory cytokine productions. *Journal of Thee Medical Sciences (Berkala Ilmu Kedokteran)*, 51(04), 292–300. <https://doi.org/10.19106/medsci005104201902>
- Kurnianto, M. A., Syahbanu, F., Hamidatun, H., Yushinta, & Sanjaya, A. (2023). Prediction and Mapping of Potential Bioactive Peptides from Traditional Fermented Anchovy (Rusip) using Bioinformatics Approaches. *Squalen Bulletin of Marine and Fisheries Postharvest and Biotechnology*, 18(2), 93–105. <https://doi.org/10.15578/squalen.725>
- Lammi, C., Bollati, C., Ferruzza, S., Ranaldi, G., Sambuy, Y., & Arnoldi, A. (2018). Soybean-and lupin-derived peptides inhibit DPP-IV activity on in situ human intestinal Caco-2 cells and ex vivo human serum. *Nutrients*, 10(8), 1–11. <https://doi.org/10.3390/nu10081082>

- Li, S., Du, G., Shi, J., Zhang, L., Yue, T., & Yuan, Y. (2022). Preparation of antihypertensive peptides from quinoa via fermentation with *Lactobacillus paracasei*. *EFood*, 3(3).
<https://doi.org/10.1002/efd2.20>
- Liao, W., Jahandideh, F., Fan, H., Son, M., & Wu, J. (2018). Egg Protein-Derived Bioactive Peptides: Preparation, Efficacy, and Absorption. In *Advances in Food and Nutrition Research* (1st ed., Vol. 85). Elsevier Inc. <https://doi.org/10.1016/bs.afnr.2018.02.001>
- Lu, J., Zeng, Y., Hou, W., Zhang, S., Li, L., Luo, X., Xi, W., Chen, Z., & Xiang, M. (2012). The soybean peptide aglycin regulates glucose homeostasis in type 2 diabetic mice via IR/IRS1 pathway. *Journal of Nutritional Biochemistry*, 23(11), 1449–1457.
<https://doi.org/10.1016/j.jnutbio.2011.09.007>
- Martinez-villaluenga, C., Torino, M. I., Mart, V., Arroyo, R., Garcia-mora, P., Pedrola, I. E., Vidal-valverde, C., Rodriguez, J. M., & Frias, J. (2012). Multifunctional properties of soy milk fermented by *Enterococcus faecium* strains isolated from raw soy milk. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 60, 10235–10244.
<https://doi.org/10.1021/jf302751m>
- Mora, L., Gallego, M., & Toldrá, F. (2018). ACEI-inhibitory peptides naturally generated in meat and meat products and their health relevance. *Nutrients*, 10(9), 1–12.
<https://doi.org/10.3390/nu10091259>
- Nuraida, L. (2015). A review: Health promoting lactic acid bacteria in traditional Indonesian fermented foods. *Food Science and Human Wellness*, 4(2), 47–55. <https://doi.org/10.1016/j.fshw.2015.06.001>
- Pavlicevic, M., Marmiroli, N., & Maestri, E. (2022). Immunomodulatory peptides—A promising source for novel functional food production and drug discovery. *Peptides*, 148, 170696.
<https://doi.org/10.1016/j.peptides.2021.170696>

- Peres Fabbri, L., Cavallero, A., Vidotto, F., & Gabriele, M. (2024). Bioactive Peptides from Fermented Foods: Production Approaches, Sources, and Potential Health Benefits. *Foods*, 13(21). <https://doi.org/10.3390/foods13213369>
- Putranto, W. S., Gumilar, J., Wulandari, E., Pratama, A., & Mamangkey, J. (2023). Production Of Antimicrobial And Bioactive Peptides From Bakasam Using *Enterococcus Faecium* 1.15 As A Starter. *International Journal of Science, Technology & Management*, 4(6), 1718–1724. https://scholar.google.com/citations?view_op=view_citation&hl=en&user=xE-hOB8AAAAJ&pagesize=100&citation_for_view=xE-hOB8AAAAJ:GnPB-g6toBAC
- Rubak, Y. T., Nuraida, L., Iswantini, D., & Prangdimurti, E. (2019). Production of antihypertensive bioactive peptides in fermented food by lactic acid bacteria - a review. *Carpathian Journal of Food Science and Technology*, 11(4), 29–44. <https://doi.org/10.34302/2019.11.4.3>
- Rubak, Y. T., Nuraida, L., Iswantini, D., & Prangdimurti, E. (2020). Angiotensin-I-converting enzyme inhibitory peptides in milk fermented by indigenous lactic acid bacteria. *Veterinary World*, 13(2), 345–353. <https://doi.org/10.14202/vetworld.2020.345-353>
- Sánchez, A., & Vázquez, A. (2017). Bioactive peptides : A review. *Food Quality and Safety*, 1, 29–46. <https://doi.org/10.1093/fqs/fyx006>
- Sato, K., Miyasaka, S., Tsuji, A., & Tachi, H. (2018). Isolation and characterization of peptides with dipeptidyl peptidase IV (DPPIV) inhibitory activity from natto using DPPIV from *Aspergillus oryzae*. *Food Chemistry*, 261, 51–56. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.04.029>
- Shi, H., Hu, X., Zheng, H., Li, C., Sun, L., Guo, Z., Huang, W., Yu, R., Song, L., & Zhu, J. (2021). Two novel antioxidant peptides derived from *Arca subcrenata* against oxidative stress and extend lifespan in

- Caenorhabditis elegans. *Journal of Functional Foods*, 81, 104462. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2021.104462>
- Singh, B. P., Vij, S., Hati, S., & Singh, D. (2015). *Antimicrobial activity of bioactive peptides derived from fermentation of soy milk by Lactobacillus plantarum C2 against common foodborne pathogens*. December, 91–99. <https://doi.org/10.5958/2321-712X.2015.00008.3>
- Sitanggang, A. B., Lesmana, M., & Budijanto, S. (2020). Membrane-based preparative methods and bioactivities mapping of tempe-based peptides. *Food Chemistry*, 329, 1–10. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.127193>
- Surya, R., & Romulo, A. (2023). Antioxidant profile of red oncom, an Indonesian traditional fermented soyfood. *Food Research*, 7(4), 204–210. [https://doi.org/10.26656/fr.2017.7\(4\).650](https://doi.org/10.26656/fr.2017.7(4).650)
- Tamam, B., Syah, D., Suhartono, T., Kusuma, W. A., Tachibana, S., & Lioe, H. N. (2019). Proteomic study of bioactive peptides from tempe. *Journal of Bioscience and Bioengineering*, 128(2), 241–248. <https://doi.org/10.1016/j.jbiosc.2019.01.019>
- Tonolo, F., Folda, A., Cesaro, L., Scalcon, V., Marin, O., Ferro, S., Bindoli, A., & Rigobello, M. P. (2020). Milk-derived bioactive peptides exhibit antioxidant activity through the Keap1-Nrf2 signaling pathway. *Journal of Functional Foods*, 64(November 2019), 103696. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2019.103696>
- Utami Wirawati, C., Eva Nirmagustina, D., & Widodo, Y. R. (2020). Antihypertensive Peptides Produced By Indigenous Lactic Acid Bacteria From Dadih Origin. *Pakistan Journal of Biotechnology*, 17(2), 85–91. <https://doi.org/10.34016/pjbt.2020.17.2.85>
- Wen, L., Huang, L., Li, Y., Feng, Y., Zhang, Z., Xu, Z., Chen, M. L., & Cheng, Y. (2021). New peptides with immunomodulatory activity identified from rice proteins through peptidomic and in silico

- analysis. *Food Chemistry*, 364(January), 130357.
<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2021.130357>
- WHO. (2021). *Non-communicable diseases*. Public Health: An Action Guide to Improving Health.
<https://doi.org/10.1093/acprof:oso/9780199238934.003.15>
- Xue, W., Zhao, W., Wu, S., & Yu, Z. (2024). Underlying anti-hypertensive mechanism of the *Mizuhopecten yessoensis* derived peptide NCW in spontaneously hypertensive rats via widely targeted kidney metabolomics. *Food Science and Human Wellness*, 13(1), 472–481. <https://doi.org/10.26599/FSHW.2022.9250041>
- Zain, W. N. H., Mirdhayati, I., Yokoyama, I., Komiya, Y., Nagasao, J., & Arihara, K. (2023). Antioxidative peptide generated in goat milk dadih (Indonesian fermented milk). *Milk Science*, 72(2), 24–32.
- Zhao, X., Cui, Y. J., Bai, S. S., Yang, Z. J., Miao-Cai, Megrous, S., Aziz, T., Sarwar, A., Li, D., & Yang, Z. N. (2021). Antioxidant activity of novel casein-derived peptides with microbial proteases as characterized Via Keap1-Nrf2 Pathway in HepG2 cells. *Journal of Microbiology and Biotechnology*, 31(8), 1163–1174.
<https://doi.org/10.4014/jmb.2104.04013>

TEMA 3

MASYARAKAT, BUDAYA, DAN IDENTITAS BANGSA



Membongkar Budaya Feodalistis di Masyarakat Indonesia Modern

Gunardi Endro

Pendahuluan

Pada umumnya, korupsi selalu dipercaya sebagai biang kerusakan masyarakat. Korupsi yang secara paradigmatis dipahami sebagai penyalahgunaan amanah memang potensial akan menggerus kepercayaan warga dan antar warga masyarakat. Sehingga, ancaman disintegrasi masyarakat pun menjadi nyata. Namun korupsi bukanlah pokok pangkal segalanya. Justru pemegang amanah masyarakatlah yang seharusnya dijadikan pokok pangkal atau akar masalah kerusakan. Ketika pemegang amanah mendapatkan amanahnya melalui proses natural penempatan posisi hierarkis dirinya di dalam masyarakat dan posisi itu dipercaya tidak bisa sewaktu-waktu dipermasalahkan, maka rasa bertanggungjawab dan pertanggungjawabannya sering kali terabaikan sehingga penyalahgunaan amanah pun rentan terjadi. Penempatan hierarkis posisi pemegang amanah di masyarakat seperti itu merupakan ciri khas budaya feodalistis.

Feodalisme merupakan sistem kemasyarakatan yang memiliki struktur politik berdasarkan patronase, formasi sosial sangat hierarkis, dan moda produksi kebutuhan ekonomi yang mengandalkan eksploitasi tanah kekuasaan untuk pertanian. Secara etimologis kata feodalisme sendiri berasal dari rumpun kata ‘feu’, ‘feud’, ‘feudal’, ‘fief’, ‘feudum’ dan ‘feudalis’ (Latin) yang berkaitan dengan tanah yang dikuasai dari hasil perseteruan (Klein, 1971; Skeat, 1888). Meskipun kata feodalisme baru diperkenalkan ahli hukum Eropa di abad 16 untuk mendeskripsikan sistem kemasyarakatan Abad Pertengahan (800-1600 M), sistem feodal sebenarnya sudah mulai berlaku di sekitar abad

8-9 (Cramer in Page, 2003; Lange in Kurian, 2011; Murphy Jr. in Carlisle, 2005).

Sebagai organisasi politik, kekuasaan tertinggi berada pada seseorang yang dipercaya memiliki kekuatan besar (raja) dengan pengikut-pengikut kesatria yang secara personal bersumpah setia kepadanya, sukarela menjanjikan pelayanan militer, dan sebagai imbalannya mendapatkan perlindungan beserta sebidang tanah sebagai wilayah kekuasaan. Bangsawan pengikut raja tersebut kemudian bisa memiliki pengikut-pengikut di bawahnya dan di ujung rangkaian pengikut adalah petani-petani yang mengolah tanah di wilayah kekuasaan untuk memenuhi kebutuhan ekonomi masyarakat. Petani berkewajiban untuk memberikan sebagian hasil produksinya kepada bangsawan tuan tanah yang melindunginya dalam bentuk bagi hasil atau biaya sewa, sedangkan para bangsawan berkewajiban memberikan upeti atau sejenisnya kepada raja junjungannya. Formasi hierarkis seperti itu bersifat personal, diadik dan resiprokal, sehingga ruang sosial cenderung mendominasi sementara ruang publik terabaikan.

Sistem feodal menanggung beban yang semakin berat ketika populasi tumbuh sedangkan tanah di wilayah kekuasaan sudah sangat terbatas untuk memproduksi kebutuhan ekonomi. Organisasi politik feodal terancam dari tekanan internal akibat pergolakan struktur bawah organisasi dan dari tekanan eksternal akibat perseteruan ekspansi wilayah dengan organisasi politik feodal lainnya. Akhirnya, aspek politik feodalisme runtuh dengan berdirinya negara modern atau kekuasaan publik. Sementara itu, produktivitas pertanian di tengah tumbuhnya populasi dengan modal produksi yang hanya berorientasi untuk memenuhi kebutuhan hidup (subsisten) mengalami penurunan. Kemampuan dan motivasi untuk meningkatkan produktivitas melalui spesialisasi, investasi, dan penggalakan inovasi tidak muncul, karena modal produksi belum diorientasikan untuk memenuhi kebutuhan pasar (Brenner in Durlauf & Blume, 1998). Oleh karena itu, aspek ekonomi feodalisme pun pada akhirnya runtuh ketika sistem kapitalisme pasar semakin bebas dipraktikkan di masyarakat disertai

dengan munculnya gelombang industrialisasi. Petani semakin termotivasi untuk menjual hasil pertaniannya ke pasar, sedangkan para bangsawan beralih peran menjadi pedagang demi akumulasi kapital.

Fenomena runtuhnya aspek politik dan aspek ekonomi feodalisme terjadi pula di masyarakat Indonesia. Berdirinya Negara Kesatuan Republik Indonesia yang menggabungkan seluruh wilayah kerajaan-kerajaan saat kemerdekaan 17 Agustus 1945 dan berlakunya sistem ekonomi pasar meluruhkan kedua aspek feodalisme di masyarakat. Yang masih sulit luruh adalah aspek sosial feodalisme, karena formasi hierarkis selalu hadir di dalam tatanan sosial baik di organisasi besar maupun organisasi kecil. Aspek sosial ini menyelinap ke dalam dan menjadi bagian dari budaya masyarakat, meskipun Indonesia sudah memasuki era modern. Melalui pendekatan fenomenologis dan refleksi kritis, di sini akan diuraikan hasil penyelidikan terkait bagaimana budaya feodalistis mewujud dalam bentuk sakralisasi posisi, apa saja dampak yang ditimbulkannya, dan bagaimana strategi untuk mengatasinya.

Sakralisasi Posisi sebagai Bentuk Budaya Feodalistis di Masyarakat

Aspek sosial feodalisme berupa formasi hierarkis, bisa sangat kuat bercokol di masyarakat yang secara historis pernah dicengkeram sistem feodal. Hakekatnya, formasi hierarkis dibentuk oleh posisi-posisi dan relasi yang menjadi penghubung antar posisi. Seseorang mendapatkan suatu posisi dengan cara menghadirkan relasi kesetiaan dengan posisi lainnya. Setiap posisi di dalam formasi hierarkis dijanjikan hak untuk mendapatkan keamanan dan kenyamanan tetapi juga dituntut kewajiban untuk menunjukkan kesetiaan pada posisi di atasnya. Relasi diadik seperti ini bersifat eksklusif, artinya mengeksklusi siapa pun dan apa pun di luar rangkaian relasi. Oleh karena itu, dominasi perspektif terkait adanya kenyamanan dari kepemilikan posisi dan sebaliknya ketidaknyamanan tanpa posisi membuat warga masyarakat memiliki aspirasi berlebihan pada posisi.

Di masyarakat *religious*, doa dipanjatkan warga untuk mendapatkan posisi dengan anggapan bahwa posisi adalah anugerah dari Tuhan. Upaya untuk mendapatkannya memang wajib dilakukan, tetapi upaya itu dimaknai lebih sebagai bagaimana menghadirkan relasi (koneksi) saja. Justifikasi posisi sebagai anugerah Tuhan dan kenyamanan yang menyertai posisi membuat masyarakat cenderung melakukan sakralisasi posisi dan memiliki preferensi pada *status quo* tatanan sosial hierarkis.

Formasi sosial hierarkis tidak mesti berasal dari tatanan posisi struktural di dalam organisasi, tetapi bisa juga berasal dari tatanan jejaring posisi fungsional (profesional) di masyarakat. Seseorang yang memiliki profesi atau posisi fungsional tertentu di masyarakat berada pada posisi yang lebih tinggi dibandingkan orang-orang lain atas dasar keahliannya, sehingga dia mendapatkan privilese atau hak istimewa diskresi yang membawa kenyamanan. Relasi di dalam tatanan jejaring posisi fungsional maupun tatanan posisi struktural bergantung pada kepercayaan (*trust*) antar warga dengan posisinya masing-masing. Namun relasi kepercayaan itu, sebagaimana halnya dengan posisi yang direlasikan, selalu dijustifikasi sebagai anugerah Tuhan. Sakralisasi relasi kepercayaan antar warga dengan posisinya masing-masing merupakan implikasi logis dari sakralisasi posisi, baik posisi fungsional maupun posisi struktural.

Budaya feodalistis yang mewujud dalam bentuk sakralisasi posisi berbeda kontras dengan budaya yang mementingkan apresiasi pada fungsi dari posisi (budaya profesional) dan budaya yang mementingkan apresiasi pada hasil fungsional dari posisi (budaya akumulasi hasil). Di dalam budaya feodalistis, warga berupaya maksimal untuk mengejar posisi, jabatan, pangkat ataupun status relasional di masyarakat, karena termotivasi oleh kenyamanan diskresi yang melekat padanya. Adapun di dalam budaya profesional, orang berupaya maksimal untuk kompeten berperan fungsional (profesional) di masyarakat, karena hanya melalui itu hidupnya bermakna. Sedangkan di dalam budaya akumulasi hasil, orang berupaya maksimal walaupun mengandung risiko untuk mengejar hasil kerja

kerasnya di masyarakat, karena percaya bahwa hanya melalui akumulasi hasil tersebut kemakmuran dan kenyamanan akan diperoleh. Dalam arti tertentu, budaya profesional cenderung mensakralisasi profesi atau fungsi, sedangkan budaya akumulasi hasil mensakralisasi kemakmuran. Perbandingan paradigmatik ketiga jenis budaya dirangkum pada tabel 1 berikut.

Tabel 1. Perbandingan Paradigmatik Tiga Jenis Budaya

Fokus Masalah	Budaya Feodalistis	Budaya Profesional	Budaya Akumulasi Hasil
Apresiasi & intensi	Posisi (status)	Fungsi (profesi)	Hasil materiil (uang)
Atensi & justifikasi	Relasi (koneksi)	Kompetensi	Pengambilan risiko
Struktur yang berlaku	Struktur hierarkis	Struktur fungsional	Struktur modal
Pemelihara struktur	Birokrasi	Meritokrasi	Kepedulian sosial
Ruang & ekspresi	Sosial & kesopanan	Publik & legitimasi	Privat & transaksi
Orientasi perubahan	<i>Status quo</i>	Perubahan aktif	Perubahan pasif (<i>luck</i>)
Alasan orientasi	Menjaga keteraturan	Kemajuan (<i>progress</i>)	Kemakmuran
Perangkat persuasi	Imajinasi & intuisi	Penegasan	Promosi
Gejala fenomenal	KKN	Kesombongan	Materialistis

Meskipun warga berbudaya feodalistis bisa saja berupaya meningkatkan kompetensi dan bekerja keras dengan mengambil risiko, namun perhatian utamanya cenderung tertuju pada relevansi, keterkoneksi dan relasi dengan mana dia mendapatkan posisi (status) yang diinginkan. Gejala yang umumnya teridentifikasi di masyarakat yang masih dicengkeram budaya feodalistis adalah

kurangnya apresiasi terhadap kompetensi dan sistem meritokrasi, serta kekhawatiran berlebihan ketika dihadapkan pada pengambilan risiko. Tidak heran di dalam masyarakat seperti itu, kewirausahaan (*entrepreneurship*) kurang begitu berkembang. Jika ada warga yang dianggap fenomenal mendapatkan kesuksesan hidup, warga-warga lain cenderung mencari pembenaran berdasarkan latar belakang relasional yang diperolehnya dari orang tua, lembaga pendidikannya, pejabat yang dikenalnya, dan lain sebagainya. Afirmasi, pemakluman dan kepuasan didapatkan warga-warga tersebut ketika justifikasi relasional ditemukan. Mentalitas seperti ini semakin menguatkan budaya feodalistis di masyarakat.

Karakteristik penting lain dari budaya feodalistis merupakan implikasi logis dari struktur hierarkis, sakralisasi posisi, dan orientasi untuk mempertahankan *status quo* melalui persuasi yang sifatnya imajinatif dan intuitif (bukan rasional), yaitu lemahnya daya kritis warga-warganya. Bukan berarti bahwa fakultas kognitif rasio atau nalar (akal sehat) mereka tidak difungsikan. Melainkan bahwa rasio lebih diintensifkan fungsinya untuk *memorizing* (mengingat dan menghapal), memahami dan menerapkan pemahamannya, atau dalam kategori pembelajaran taksonomi Bloom (Anderson et. al., 2001), berada pada pemikiran tingkat rendah (*Low Order Thinking*). Rendahnya tingkat pemikiran mengakibatkan warga berbudaya feodalistis kesulitan dalam mengambil jarak dan bersikap objektif terhadap objek pemikirannya, sehingga apa pun yang dipikirkan dan dipercayainya cenderung melekat kuat menjadi milik yang akan mati-matian dipertahankannya. Demikian pula posisinya dalam struktur hierarkis feodal akan dianggap sebagai milik yang melekat padanya beserta privilese atau hak istimewa diskresi yang membawa kenyamanan. Akibatnya, sakralisasi posisi mengandung potensi konflik kepentingan antara kepentingan pribadi terkait hak istimewa diskresi dan kepentingan sosial terkait kewajiban untuk setia kepada posisi di atasnya. Potensi konflik kepentingan seperti inilah yang membuat sakralisasi posisi di masyarakat modern rentan jatuh pada perbuatan korupsi, kolusi dan nepotisme.

Dampaknya pada Korupsi, Kolusi dan Nepotisme

Modernitas, sebagaimana lazimnya dipahami, merupakan gerakan yang bermula di Eropa Barat dan berjaln erat dengan gerakan intelektual “pencerahan (*enlightenment*)” sehingga ide-ide tentang rasionalitas, pengembangan sains, universalitas, dan kemajuan (*progress*) materiil diinstitusionalisasikan (Ohana, 2019). Gerakan itu memiliki karakter ideologis yang sangat menonjol, yaitu individualisme, ekonomisme, dan instrumentalisme (Endro & Meilasari-Sugiana, 2024). Bersamaan dengan itu, berkembang pula prinsip-prinsip kesetaraan martabat manusia (*egalitarianisme*), hak asasi manusia, demokrasi dan ruang publik sebagai basis untuk proses legitimasi posisi di masyarakat. Pembentukan negara modern menggantikan organisasi politik feodal. Dengan kata lain, relasi triadik warga-warga dan institusi dalam formasi *egalitarian modern* menggantikan relasi diadik antar posisi dalam formasi hierarkis feodal sebelumnya. Pada konteks relasi triadik warga-warga dan institusi dalam formasi *egalitarian modern*, istilah ‘korupsi’ mendapatkan makna orisinalnya. Misalnya, pemberian hadiah dari seorang warga ke warga lain yang posisinya merepresentasikan insitusi, dengan maksud untuk mendapatkan perlakuan istimewa, bisa dikategorikan sebagai salah satu varian korupsi dan merupakan suatu perbuatan yang tercela. Sebaliknya, pemberian sejenis pada relasi diadik, dari warga posisi bawah kepada posisi di atasnya dalam formasi hierarkis feodal, merupakan perbuatan lumrah yang umumnya disebut upeti dan bukan suatu perbuatan yang tercela.

Di dalam relasi triadik warga-warga dan institusi dalam formasi *egalitarian modern*, setiap warga mendapatkan posisi tertentu yang melekat padanya amanah institusional untuk ditunaikan demi kebaikan bersama (*common good*). Korupsi terjadi ketika pemegang posisi institusional menyalahgunakan amanah demi kepentingan pribadi tertentu, sehingga kebaikan bersama tidak terwujud. Di sini, pengertian korupsi tidak dibatasi hanya sebagai perbuatan tercela yang dilakukan pejabat publik, melainkan perbuatan tercela yang

potensial dilakukan oleh siapa pun di dalam institusi apa pun yang perannya dilegitimasi publik. Kecurangan manajer suatu perusahaan swasta (institusi swasta) yang perannya nyata dalam memproduksi dan memenuhi barang kebutuhan masyarakat (publik), misalnya, bisa dikategorikan sebagai perbuatan korupsi. Bahkan seorang atlet yang menggunakan doping untuk memenangkan perlombaan, menyalahgunakan amanah institusi perlombaan olahraga yang disukai masyarakat (publik), bisa dikategorikan sebagai pelaku korupsi. Korupsi pada dasarnya merusak proses dan tujuan institusi (Miller, 2023), atau singkatnya ‘membusukkan’ institusi dari dalam. Karena institusi rusak, perannya untuk mewujudkan kebaikan bersama, termasuk kebaikan bersama yang menjadi tujuan institusi publik dan institusi kemanusiaan, menjadi rusak juga. Ketika korupsi dilakukan seorang warga institusi, kebebasan warga lainnya direndahkan, martabatnya sebagai manusia direndahkan, sehingga bisa disimpulkan bahwa pada tingkatan tertentu korupsi melanggar hak asasi manusia (Endro & Meilasari-Sugiana, 2023). Jadi, lebih dari sekedar persoalan pelanggaran hukum, korupsi merupakan suatu perbuatan yang secara hakiki tidak bermoral.

Sakralisasi posisi yang diwariskan dari relasi diadik dalam formasi hierarkis feodal era sebelumnya membawa potensi korupsi ketika ditempatkan pada relasi triadik dalam formasi egalitarian modern. Karena, sifat eksklusif rangkaian relasi diadik dalam formasi hierarkis feodal akan membuat siapa pun dan apa pun di luar rangkaian relasi cenderung diperlakukan sebagai objek eksploitasi untuk kepentingan posisi-posisi di dalam rangkaian relasi. Di sinilah awal dari bibit korupsi warisan feodalisme yang tumbuh berkembang dalam bentuk sakralisasi posisi. Konflik kepentingan yang dikandung sakralisasi posisi bergeser ketika ditempatkan pada relasi triadik modern, yaitu dari kepentingan pribadi (terkait hak istimewa posisi) *versus* kepentingan sosial (terkait kewajiban untuk setia kepada posisi di atasnya), menjadi kepentingan pribadi (terkait hak institusional posisi yang sifatnya duniawi) *versus* kepentingan institusi (terkait kewajiban institusional posisi yang dianggapnya sakral). Akibatnya,

meskipun posisi diperoleh melalui proses demokratis legitimasi publik, pencapaian pada posisi beserta hak istimewanya dianggap sebagai anugerah (ganjaran) Tuhan yang pantas dirayakan di dunia sedangkan akuntabilitas terkait kewajiban fungsionalnya dianggap sebagai urusan sakral hubungan pemegang posisi dengan Tuhan. Hal demikian sungguh-sungguh menjadi kewajiban ketika sakralisasi posisi sudah secara luas turun-temurun dipercayai atau mencengkeram sebagai bagian budaya masyarakat.

Tentu saja korupsi bukanlah keniscayaan logis dari sakralisasi posisi pada konteks relasi triadik dalam formasi egalitarian modern. Jika pemegang posisi institusional memiliki kesadaran spiritual untuk memenuhi kewajiban ilahiah penegakan keadilan di dalam institusi, maka korupsi tidak akan terjadi. Kesadaran spiritual Jawa “*memayu hayuning bawana, ambrasta dur angkoro*” (menciptakan kedamaian dunia, memberantas segala kejahatan), misalnya, membentuk mentalitas pemegang posisi institusional jauh dari niat untuk korupsi. Namun kesadaran spiritual seperti itu tampaknya tidak tumbuh subur di tengah gelombang modernisasi yang karakter ideologinya ekonomisme, instrumentalisme dan pengejaran kemajuan (*progress*) materiil. Oleh karena itu, kecenderungan umum di kalangan pemegang posisi institusional adalah merayakan hak istimewa diskresinya dan menyembunyikan niat terkait kewajiban fungsional yang harus ditunaikannya. Masyarakat memaklumi ketika pemegang posisi institusional merayakan hak istimewa diskresinya, kemudian mendoakannya agar memiliki kesadaran untuk memenuhi kewajiban fungsional demi kebaikan bersama. Sikap pasif eufemistik masyarakat terhadap kewajiban fungsional menumbuhkan suasana kondusif bagi pemegang posisi institusional untuk korupsi. Akhirnya, sakralisasi posisi rentan mengembalikan rangkaian relasi diadik antar posisi institusional untuk maksud melakukan korupsi. Kolusi berlangsung ketika posisi-posisi di dalam rangkaian itu bersama-sama melakukan korupsi, sedangkan nepotisme terjadi ketika suatu posisi meluaskan rangkaian relasi diadiknya. Korupsi, kolusi dan nepotisme (KKN) jelas merupakan rangkaian yang secara hakiki tidak bermoral.

Dampaknya pada Ketidakmandirian dan Kelemahan Meritokrasi

Di masyarakat modern yang masih dicengkeram budaya feodalistis sakralisasi posisi, pendidikan moral bukannya absen melainkan justru merebak kuat seolah-olah hanya melalui pendidikan moral saja masyarakat bisa bebas dari korupsi, kolusi dan nepotisme (KKN). Kenyataannya, korupsi, kolusi dan nepotisme (KKN) masih tetap berlangsung di tengah kuatnya pendidikan moral melalui pembelajaran agama, Pancasila, kewarganegaraan, dan lain sebagainya. Pendidikan moral yang bertujuan untuk menanamkan standar moral ke setiap warga masyarakat bisa jadi efektif meningkatkan kepemilikan pengetahuan dan keterampilan (kemampuan) untuk berbuat baik dan bermoral. Namun ‘tahu’ dan ‘mampu’ berbuat baik tidaklah niscaya ‘mau’ berbuat baik. Kepemilikan standar moral tidak menjamin hidup yang bermoral. Bahkan dalam ekosistem pendidikan moral seperti itu kekerasan normatif antar warga tidak jarang terjadi, yaitu memaksakan standar moral kepada warga lain demi kepemilikan standar yang diinginkan. Kepemilikan standar moral, sebagaimana kepemilikan kapital, seakan-akan berimplikasi pada kekuasaan yang boleh diterapkan untuk menekan warga lain yang belum memiliki standar moral. Hidup warga lebih diorientasikan pada akumulasi kepemilikan standar moral daripada kemandirian (kecukupan) dalam hidup bermoral, karena kepemilikan standar moral memberikan suatu ‘posisi’ kekuasaan. Jadi, dominasi wacana kepemilikan standar moral seolah-olah menyandera kemandirian dalam hidup bermoral. Hal demikian sebenarnya berlaku untuk kepemilikan apa pun dan kemandirian dalam hal apa pun.

Hidup yang lebih diorientasikan pada posisi daripada fungsi, kepemilikan daripada kemandirian, membuat warga bergantung pada eksternalitas di luar dirinya, pada sesuatu yang dimilikinya atau ingin dimilikinya. Lokus kendali diri warga berada di luar dirinya (*external locus of control*). Di masyarakat berbudaya sakralisasi posisi, kepemilikan suatu posisi di dalam struktur hierarkis posisi kekuasaan

cenderung menanggukkan kemandirian untuk menjalankan fungsi dari posisi itu. Posisi bawahan cenderung menunggu perintah atasannya, sedangkan posisi atasan cenderung menunggu tekanan eksternal yang menuntutnya menjalankan fungsi dari posisi yang dimilikinya. Sikap reaktif-represif lebih dominan daripada sikap proaktif-preventif. Strategi berbasis pemenuhan standar (*compliance-based strategy*) lebih dikedepankan daripada strategi berbasis integritas dan keunggulan diri (*integrity-based strategy*) dalam menghadapi situasi yang tidak menentu (Paine, 1994). Ketidakmandirian dengan sikap reaktif-represif rentan jatuh pada kemalasan ketika situasi aman, medioker ketika situasi tidak menantang, dan kepanikan ketika situasi mengancam. Dorongan untuk mengikuti tren populer sesaat lebih kuat daripada berusaha autentik dan menjadi perintis tren (*trendsetter*). Risiko cenderung dihindari (*risk averse*) dan daya kreatif tidak tertantang untuk dikembangkan, sehingga kewirausahaan (*entrepreneurship*) tidak begitu tumbuh. Pesona materiil dunia modern memang menggugah keinginan warga untuk memilikinya, tetapi bukan dengan kerja keras dan mengambil risiko, melainkan dengan mengandalkan atau mengejar posisi yang menjanjikan kekuasaan diskresi. Tak heran, pemegang posisi seperti itu berlaku seperti makelar yang maunya mendapatkan komisi dari hasil kerja keras pihak lain.

Orientasi berlebihan pada posisi di masyarakat berbudaya sakralisasi posisi membuat warganya cenderung mengabsolutkan atau mengeksklusifkan wewenang, privilese atau hak istimewa diskresi yang melekat pada posisi. Fungsi, peran, dan kewajiban pemegang posisi disubordinasikan pada eksklusivitas wewenang pemegang posisi. Akibatnya jelas melambatkan fungsi dan melemahkan meritokrasi. Perekrutan calon untuk menempati suatu posisi maupun evaluasi kinerja suatu posisi digantungkan pada wewenang atau hak istimewa diskresi pemegang posisi rekruter dan *evaluator*, meskipun bisa saja berlaku prosedur standar yang telah disepakati sebelumnya. Kriterianya cenderung memberikan bobot lebih pada kepemilikan koneksi dengan pemegang posisi-posisi dan

pemeliharaan harmoni antar posisi daripada kompetensi calon dan kualitas fungsionalnya. Eksklusivitas wewenang sering kali dijadikan alasan untuk memblokir intervensi meskipun wewenang itu tidak diterapkan untuk menjalankan fungsi sebagaimana mestinya. Kemacetan fungsional institusi secara keseluruhan tidak jarang dipertaruhkan akibat eksklusivitas wewenang ini. Tidak jarang pula kemacetan fungsional institusi dikaburkan melalui manipulasi informasi (kepalsuan) atau pengabaian transparansi. Manipulasi emosi pun adakalanya dilakukan oleh pemegang posisi bawah, misalnya dengan mengeksploitasi kemiskinannya, untuk mendapatkan privilese tertentu walaupun kurang kompeten. Jelas bahwa sakralisasi posisi cenderung menafikan meritokrasi.

Dampaknya pada Kesulitan Bekerjasama dan Berkolaborasi

Fenomena ketidakmandirian warga di masyarakat berbudaya sakralisasi posisi menandakan lemahnya fungsi rasio dan daya kritis sebagai penggerak peradaban. Intensitas fungsional rasio lebih diorientasikan pada nilai ekstrinsiknya dalam proses memercayai (*a process of believing*) daripada nilai intrinsiknya dalam proses berpikir yang sesungguhnya (*the real thinking process*). Fungsi rasio terjebak dalam pemikiran tingkat rendah (*Low Order Thinking*) dalam kategori pembelajaran taksonomi Bloom. Subordinasi rasio pada fakultas peneguh kepercayaan yang melekat dalam diri individu warga, membuatnya kurang mampu mengambil jarak dan bersikap objektif terhadap objek pemikirannya. Sifat obsesif warga terhadap apa yang secara pribadi dipikirkannya sebagai sesuatu yang penting menghalangi tercapainya resolusi konflik antar warga. Kepentingan subjektif dianggap segala-galanya dan memperjuangkan kepentingan subjektif selalu dianggap kewajiban. Kemelekatan diri pada kepentingan materiil maupun kepentingan non-materiil sangat kuat. Akibatnya, konflik antar warga cenderung jatuh menjadi konflik abadi yang tidak sehat. Jika sama sekali tidak bisa dihindari, konflik seperti itu berubah menjadi kekerasan fisik dan/atau psikologis. Sulit sekali mengubah konflik yang tidak sehat seperti itu menjadi suatu kompetisi,

konflik yang sehat, karena kompetisi menyaratkan objektivitas terhadap apa yang dipertengorkan atau diperebutkan.

Dalam suatu kompetisi, seorang warga atau peserta kompetisi selalu termotivasi untuk mengalahkan kompetitornya sebagai bukti kesuksesan (Knight & Dubro, 1984; Levi, 2014). Kompetitor yang kalah tidak akan sakit hati karena apa yang dikompetisikan sudah sama-sama diobjektivikasi oleh semua peserta kompetisi. Aturan berkompetisi pun sudah sama-sama disepakati untuk menjaga keadilan dalam prosesnya. Menang-kalah tidak dijadikan persoalan yang terlalu pribadi. Kekalahan dianggap sebagai penundaan kemenangan yang bisa diupayakan di sesi kompetisi selanjutnya. Kalaupun tidak ada lagi sesi kompetisi selanjutnya, kekalahan tidak akan menimbulkan dendam kesumat terhadap pemenangnya. Hal ini berbeda dengan warga berbudaya sakralisasi posisi yang tidak mampu bersikap objektif terhadap kepentingan materiil maupun non-materiil yang dikompetisikan. Baginya, kompetisi adalah perang hidup-mati yang harus dimenangkannya walaupun dengan cara curang. Sikap destruktif yang disertai rasa penuh curiga menafikan kompetisi yang adil. Padahal kompetisi yang adil bisa dipersepsi peserta-pesertanya sebagai suatu bentuk kerja sama yang tujuannya untuk menemukan keunggulan tertinggi. Jika bentuk kerja sama seperti itu ada di dalam kerangka pikir (*mindset*) peserta-pesertanya, maka keunggulan tertinggi tersebut akan sangat bermanfaat bagi kemajuan peradaban masyarakat.

Kompetisi sebagai suatu bentuk kerja sama hanya tepat diberlakukan jika kerja satu peserta tidak bergantung (*independent*) atau bebas dari kerja peserta lainnya, sedangkan kerja sama sesungguhnya yang dikenal sebagai kooperasi (*cooperation*) akan tepat jika kerja satu peserta saling bergantung (*interdependent*) dengan kerja peserta lainnya. Syarat terbangunnya kooperasi adalah adanya kepercayaan (*trust*) antar kooperator (peserta kooperasi). Sedangkan kepercayaan sendiri biasanya tumbuh melalui komunikasi yang intensif antar kooperator. Oleh karena itu, suasana psikologis yang aman bagi setiap kooperator untuk mengungkapkan ide dan opini

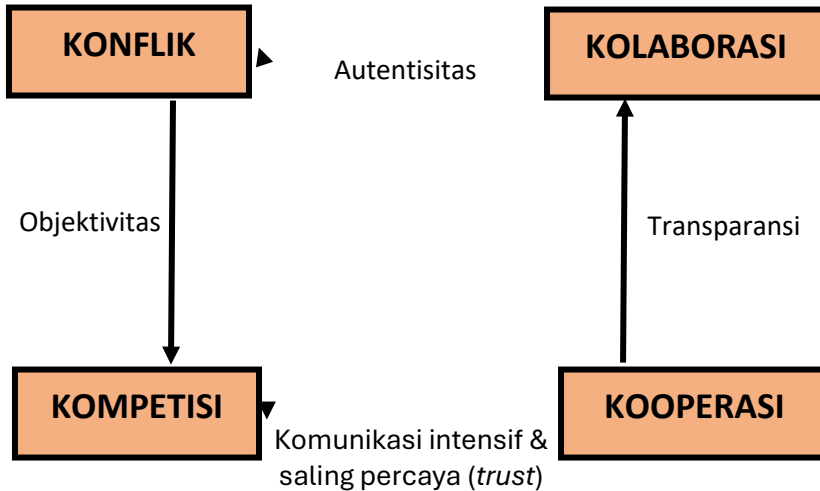
kritisnya, suasana yang memotivasi komunikasi efektif antar kooperator, menjadi sangat penting untuk membangun kooperasi. Dalam kooperasi, resolusi konflik antar kooperator umumnya berupa kompromi, di mana masing-masing merelakan sebagian kepentingannya tidak terakomodasi. Kooperasi akan sukses jika keputusan kolektif yang diambil merupakan keputusan terbaik untuk mencapai tujuan bersama, sedangkan keputusan yang benar-benar terbaik umumnya diperoleh dari kompetisi antar ide atau opini kritis yang diungkapkan setiap kooperator. Hal demikian tentunya sulit dilakukan warga berbudaya sakralisasi posisi, karena dominasi kepentingan subjektifnya menimbulkan rasa curiga berlebihan yang menghambat efektivitas komunikasi dan kepercayaan antar kooperator. Padahal tanpa kooperasi antar warganya, masyarakat tak mungkin mengalami kemajuan peradaban.

Bentuk kerja sama yang paling menjanjikan kemajuan peradaban dikenal sebagai kolaborasi. Dalam kolaborasi, hubungan antar kolaborator (peserta kolaborasi) sudah sedemikian erat bagaikan hubungan antar sahabat, sehingga konflik yang timbul bukannya dihindari ataupun buru-buru dicari jalan kompromisnya melainkan dikelola untuk menghasilkan resolusi yang kreatif dan inovatif. Melalui mekanisme dialektis, tesis versus antitesis menghasilkan sintesis yang mengakomodasi keunggulan tesis dan keunggulan antitesis, dialog kritis antar kolaborator sangat potensial memberi jalan bagi penemuan keputusan inovatif yang memuaskan semua pihak. Syarat terbangunnya kolaborasi adalah adanya transparansi yang menjamin kepercayaan yang sangat tinggi antar kolaborator. Sedangkan transparansi akan selalu tersedia jika masalah apa pun selalu disampaikan, apa yang disampaikan selalu benar, serta apa yang diklaim benar selalu terbuka terhadap kritik untuk memastikan kesalingpahaman (Endro, 2015). Dalam suasana transparan, komunikasi yang berlangsung antar kolaborator bisa berupa komunikasi mendalam di mana kritik tidak hanya boleh dilakukan terhadap apa yang diungkapkan tetapi juga terhadap apa yang melandasi substansi yang diungkapkan (Endro, 2022). Kritik seperti itu

jamak dilakukan antar kolaborator (antar sahabat). Selain memfasilitasi penemuan keputusan inovatif, komunikasi mendalam juga memungkinkan kolaborator untuk memperbaiki diri sebagai individu dan memotivasinya untuk bersikap autentik di dalam perjumpaannya di waktu mendatang dengan individu lain. Persyaratan kolaborasi sebagaimana diuraikan di atas akan sulit dipenuhi warga berbudaya sakralisasi posisi, karena kecenderungan warganya sangat kuat untuk mengaburkan informasi dan mengabaikan transparansi. Siklus transformasi konflik, kompetisi, kooperasi dan kolaborasi beserta persyaratannya di Gambar 1 mengilustrasikan bagaimana kesulitan akan dialami warga masyarakat berbudaya sakralisasi posisi untuk berkerjasama dan berkolaborasi.

Masyarakat modern yang masih dicengkeram budaya feodalistis sakralisasi posisi sudah tentu akan gagal menjalani siklus dengan sebenar-benarnya. Karena, warganya sejak awal kurang mampu mengambil jarak objektif terhadap kepentingannya sehingga cenderung terus-menerus terjebak dalam konflik yang tidak sehat. Di bidang politik maupun ekonomi, kompetisi, kooperasi dan kolaborasi bisa saja secara formal dijalani warganya, namun ketiganya cenderung hanya dianggap sebagai instrumen taktik dan strategi untuk mendapatkan kesempatan pemenuhan kepentingan subjektifnya. Klaim bahwa kompetisi, kooperasi dan kolaborasi diorientasikan untuk kebaikan bersama (*common good*) cenderung tidak autentik, semu, penuh kepalsuan dan kebohongan. Hal serupa bisa juga terjadi di bidang-bidang lainnya. Di bidang sains dan teknologi, kurangnya objektivitas berpengaruh buruk pada ekosistem pengembangannya karena objektivitas merupakan syarat hakiki sains: tidak ada objektivitas, tidak ada pula sains. Akibatnya, pengembangan sains menjadi lebih bersifat prosedural-formal saja, mengikuti metode ilmiah standar yang berlaku global, demi pencapaian target yang telah ditetapkan daripada fokus pada esensi persoalan yang mau diungkap. Kooperasi dan kolaborasi pun cenderung hanya diperlakukan sebagai sarana taktis dan strategis pencapaian target. Lebih daripada itu, korupsi, kolusi dan nepotisme tidak jarang pula terjadi di dalam

pengembangan sains dan teknologi. Kesemuanya merupakan persoalan serius yang butuh solusi tepat.



Gambar 1. Siklus Konflik, Kompetisi, Kooperasi dan Kolaborasi

Desakralisasi Posisi untuk Membongkar Budaya Feodalistis di Masyarakat

Jika aspek politik feodalisme sudah diruntuhkan oleh berdirinya kekuasaan publik (negara), aspek ekonominya sudah diruntuhkan oleh meluasnya sistem kapitalisme pasar, maka aspek sosialnya yang menjelma menjadi budaya sakralisasi posisi harus diruntuhkan pula. Berhubung runtuhnya suatu budaya hanya bisa berlangsung evolutif, strategi perubahan budaya yang berorientasi pada desakralisasi posisi perlu diupayakan. Dalam hal ini, sistem pendidikan nasional diharapkan perannya sebagai motor penggerak utama, karena desakralisasi posisi hanya mungkin efektif melalui peningkatan peran rasio (nalar) agen-agen perubahan masa mendatang. Fungsi rasio yang sebelumnya terbatas untuk pemikiran tingkat rendah (*Low Order Thinking*), diorientasikan hanya pada nilai

ekstrinsiknya dalam proses memercayai, harus ditingkatkan untuk pemikiran tingkat tinggi (*High Order Thinking*) yang terorientasi pada nilai intrinsiknya sendiri dalam proses berpikir yang sesungguhnya. Pada pemikiran tingkat tinggi (*High Order Thinking*), fungsi kritis rasio berperan di dalam menganalisis pemahaman, mengevaluasi-kritis pemahaman, dan menciptakan pemahaman baru yang lebih tepat (Anderson *et al.*, 2001). Dengan demikian, sistem pendidikan nasional diharapkan perannya untuk menanamkan kebiasaan berpikir kritis (*critical thinking*), dialog kritis, refleksi dan refleksi diri di kalangan agen-agen perubahan masa mendatang.

Fungsi kritis rasio pertama yang paling primitif adalah melakukan ‘negasi’ terhadap ‘posisi’. Tanpa negasi, tak mungkin mengambil jarak terhadap posisi, sehingga posisi menjadi kepemilikan subjektif pemiliknya, melekat erat pada pemiliknya, serta tidak memungkinkan untuk dianalisis, dievaluasi dan dipahami dengan tepat. Tanpa negasi, posisi juga menjadi lembam dan tak tergoyahkan, sehingga sulit digerakkan atau dituntut perwujudan fungsinya. Dengan kata lain, fungsi negasi dari rasio adalah mengobjektivikasi posisi agar supaya pemahaman terhadapnya bisa dikontestasikan dan fungsinya bisa dipertanggungjawabkan. Melalui fungsi negasi rasio, konflik tak sehat yang terjadi akibat kepemilikan subjektif posisi bisa ditransformasikan menjadi kompetisi antar warga yang sama-sama berupaya memahami posisi dan fungsinya dengan tepat. Posisi yang sebelumnya dianggap sakral berubah menjadi sesuatu yang bisa dikritik, diperdebatkan, dikompetisikan, dan dituntut pertanggungjawaban terkait fungsinya. Fungsi negasi rasio yang membawa objektivitas berperan juga untuk memastikan tegaknya keadilan dalam penerapan tatanan peraturan kompetisi, agar makna kompetisi dalam kehidupan bersama terjaga.

Fungsi kritis rasio kedua adalah meluaskan ruang dialog interpersonal bagi semua pemegang posisi agar efektif membangun relasi kooperasi atau relasi triadik institusional di dalam kooperasi (kerja sama). Ketika spesialisasi di masyarakat dipandang semakin atraktif untuk meningkatkan produktivitas, upaya untuk membangun

relasi kooperasi di antara posisi-posisi spesialis semakin luas dilakukan. Ruang dialog interpersonal memfasilitasi masing-masing pemegang posisi untuk mengonstruksi pemahaman atas isu-isu yang diterimanya atau akan disampaikan, sehingga tumbuh kepercayaan (*trust*) antar posisi dan terbangun jaringan relasi antar posisi. Melalui analisis, evaluasi kritis, konstruksi dan rekonstruksi pemahaman, rasio kritis mempersoalkan ketepatan pemahaman bukan hanya tentang posisi dan relasi yang terbangun, melainkan juga tentang fungsi dari setiap posisi bagi pencapaian tujuan bersama (tujuan institusi). Dengan kata lain, rasio kritis memperluas ruang dialog interpersonal menjadi ruang dialog institusional untuk membangun relasi kooperasi atau relasi triadik institusional di dalam kooperasi. Dalam arti yang luas, rasio kritis meluaskan ruang sosial menjadi ruang publik. Posisi tidak lagi sakral karena justifikasinya bukan lagi sebagai anugerah Tuhan, melainkan berdasarkan pada efektivitas fungsinya bagi pencapaian tujuan bersama (tujuan institusi). Peraturan kooperasi yang dibuat untuk mengorientasikan fungsi pada pencapaian tujuan bersama, diinternalisasi oleh setiap pemegang posisi sebagai prinsip normatif dan diintegrasikan sebagai bagian dari sistem kepercayaan moralnya.

Fungsi kritis rasio ketiga adalah meluaskan ruang dialog intrapersonal pemegang posisi agar efektif membangun integritas dirinya pada posisi dan fungsi institusionalnya bagi pencapaian tujuan bersama (tujuan institusi). Ruang dialog intrapersonal memfasilitasi pemegang posisi untuk mengelola prinsip-prinsip normatif bagian sistem kepercayaan moralnya demi pembangunan integritas dirinya. Melalui analisis, evaluasi kritis, konstruksi dan rekonstruksi pemahaman, rasio kritis mempersoalkan ketepatan pemahaman tentang prinsip normatif yang diklaim institusi untuk pencapaian tujuan bersama dan prinsip normatif yang menjadi bagian sistem kepercayaan moral pemegang posisi. Dengan kata lain, rasio kritis memperluas ruang dialog intrapersonal hingga terhubung dengan ruang dialog institusional, dengan maksud untuk memastikan ketepatan orientasi semua fungsi pada pencapaian tujuan bersama

sekaligus memastikan ketepatan prinsip-prinsip normatif pembangun integritas diri pemegang posisi. Dalam arti yang luas, rasio kritis meluaskan ruang privat menjadi ruang publik demi terbangunnya integritas diri (Endro, 2007). Transparansi merupakan syarat sekaligus wahana keterhubungan ruang dialog intrapersonal dengan ruang dialog institusional. Ekspresi eksternal dari keterhubungan itu adalah kolaborasi untuk pencapaian terbaik tujuan bersama, sedangkan ekspresi internalnya adalah refleksi dan refleksi diri untuk membangun integritas diri (Endro, 2017). Jadi, posisi apa pun jelas kehilangan sakralitas, karena fokusnya adalah pada perbaikan diri pemegangnya dan pencapaian terbaik tujuan bersama. Selain itu, siapa pun pemegang posisi yang konsisten memperbaiki dirinya cenderung akan bersikap autentik di setiap momen hidupnya.

Penutup

Jadi, rasio kritis lah pembongkar budaya feodalisme sakralisasi posisi, menjadikan warga sebagai pribadi yang siap bekerjasama dalam format kompetisi maupun kooperasi dan berkolaborasi dengan warga lainnya. Integritas yang dibangunnya menggeser lokus kendali (*locus of control*) dirinya dari eksternal ke internal, sehingga ketidakmandirian tidak lagi menjadi masalah. Warga yang berintegritas selalu mengorientasikan hidupnya pada pencapaian terbaik tujuan bersama, sehingga fokus intensionalnya tertuju pada fungsi/profesinya di masyarakat dengan memberi perhatian besar pada kecukupan kompetensi untuk mewujudkannya. Oleh karena itu, meritokrasi sangat dijunjung tinggi dalam keterlibatannya di institusi mana pun. Korupsi, kolusi dan nepotisme tidak ada di dalam pandangan hidup warga yang berintegritas, karena fokus intensionalnya tidak melulu tertuju pada posisi/statusnya di masyarakat. Warga yang berintegritas tidak akan memberi perhatian berlebihan pada jejaring relasi/koneksi yang dimiliki untuk mempertahankan atau meningkatkan posisinya. Meskipun profesionalitas dan kesetiaan pada profesi menjadi pedoman

hidupnya, warga yang berintegritas tidak akan sombong karena selalu konsisten memperbaiki dirinya.

Daftar Pustaka

- Anderson, L. W., Krathwohl, D. R., Airasian, P. W., Cruikshank, K. A., Mayer, R. E., Pintrich, P. R., Raths, J., & Wittrock, M. C. (2001). *A Taxonomy for Learning, Teaching, and Assessing: A Revision of Bloom's Taxonomy of Educational Objectives*. Addison Wesley Longman, Inc.
- Brenner, R. (1998). Feudalism. In S. N. Durlauf & L. E. Blume (Eds.), *The New Palgrave Dictionary of Economics* 2nd ed. (pp. 295-304). www.dictionaryofeconomics.com
- Cramer, T. (2003). Feudalism. In M. E. Page (Ed.), *Colonialism: An International Social, Cultural, and Political Encyclopedia* (pp. 208-209). ACC-CLIO, Inc.
- Endro, G. (2007). *Integrity in Economic Life: An Aristotelian Perspective* [Ph.D. Thesis, National University of Singapore]. <http://scholarbank.nus.edu.sg/handle/10635/13107>.
- Endro, G. (2015). Keniscayaan etis transparansi dalam komunikasi politik. *Etika* 7, 12-33.
- Endro, G. (2017). Menyelisik Makna Integritas dan Pertentangannya dengan Korupsi. *Integritas: Jurnal Antikorupsi* 3(1), 131-152. <https://doi.org/10.32697/integritas.v3i1.159>
- Endro, G. (2022). The Problem of Deep Communication in Contemporary Ethics Education. *Journal Communication Spectrum: Capturing New Perspectives in Communication* 12(1), 1-10. <http://doi.org/10.36782/jcs.v12i1.2222>
- Endro, G., & Meilasari-Sugiana, A. (2023). Rightly Understanding and Responding to Corruption as Human Rights Violation. *International Journal of Advanced Multidisciplinary Research and Studies* 3(4), 340-346. <https://www.multiresearchjournal.com/arclist/list-2023.3.4/id-1429>

- Endro, G., & Meilasari-Sugiana, A. (2024). Building teamwork in the *gotong royong* based modern state: A conceptual investigation of the difficulties and challenges. *Humanities, Society, and Community* 1(2), 65-77. DOI: 10.31098/hsc.v1i2.2265
- Klein, E. (1971). *A Comprehensive Etymological Dictionary of the English Language*. Elsevier.
- Knight, G. P., & Dubro, A. F. (1984). Cooperative, Competitive, and Individualistic Social Values: An Individualized Regression and Clustering Approach. *Journal of Personality and Social Psychology* 46(1), 98-105.
- Lange, S. J. (2011). Feudalism. In G. T. Kurian (Ed.), *The Encyclopedia of Political Science* (pp. 589-590). CQ Press.
- Levi, D. (2014). *Group Dynamics for Teams (4th ed.)*. Sage Publications.
- Miller, S. (2023). Corruption. *Stanford Encyclopedia of Philosophy*. <https://plato.stanford.edu/entries/corruption/> (diakses 24 Juni 2025).
- Murphy, Jr. J. F. (2005). Feudalism. In R. P. Carlisle (Ed.), *Encyclopedia of Politics: The Left and The Right* (pp. 641-643). Sage Publications, Inc.
- Ohana, D. (2019). *The Intellectual Origins of Modernity*. Routledge.
- Paine, L. S. (1994). Managing for Organizational Integrity. *Harvard Business Review* (March-April). <https://hbr.org/1994/03/managing-for-organizational-integrity>
- Skeat, W. W. (1888). *An Etymological Dictionary of the English Language* (2nd ed.). Clarendon Press.

***Branding* Destinasi Wisata Melalui Film dan Festival Budaya**

Mochammad Kresna Noer

Pendahuluan

Branding destinasi wisata sering dianggap sebagai fondasi untuk meningkatkan daya saing suatu lokasi wisata di tengah lanskap pariwisata global yang semakin kompetitif. Di era informasi yang masif ini, menciptakan identitas yang kuat dan memikat untuk suatu destinasi wisata bukan lagi sekadar pilihan, melainkan sebuah keharusan. Perlu dicatat bahwa *branding* destinasi wisata memiliki kekhasan tertentu yang membedakannya dari *branding* produk atau layanan tradisional. Hankinson (2009) dengan tepat menyatakan bahwa “produk” destinasi wisata mengandung kombinasi unik dari bangunan, fasilitas, dan tempat yang mewakili multiplisitas layanan otonom, baik sektor publik maupun sektor swasta. Penawaran produk yang sangat kompleks ini menuntut strategi pemasaran yang tidak konvensional, bahkan sering kali melalui kemitraan strategis yang melibatkan organisasi sektor publik dan swasta (Warnaby *et al.*, 2002).

Kompleksitas *branding* destinasi wisata diilustrasikan Gartner (2014) dengan pernyataannya bahwa destinasi wisata adalah tempat kehidupan yang sekaligus menunjukkan perubahannya. Implikasi dari pernyataan tersebut menunjuk pada pemahaman khas bahwa merek destinasi wisata cenderung tidak memiliki stabilitas yang sama dengan merek produk pada umumnya. Berbagai segmen pasar mengonsumsi destinasi wisata secara bersamaan, di mana setiap konsumen secara unik menyusun "produk" mereka sendiri dari berbagai layanan yang ditawarkan. Akibatnya, pemasar destinasi wisata memiliki kendali terbatas terhadap pengalaman merek yang diterima konsumen (Hankinson, 2009). Memang destinasi wisata itu sifatnya unik, bukan produk fisik yang dapat dikembalikan jika konsumen tidak puas, dan

bukan produk yang ekuitas mereknya bisa dievaluasi berdasarkan destinasi wisata lain. Oleh karena itu, merek destinasi wisata memiliki risiko yang tinggi karena elemen pembangun merek mudah dimodifikasi oleh pengaruh alam maupun manusia (Gartner, 2014).

Faktor pembeda lain dalam *branding* destinasi wisata adalah kompleksitas proses pengambilan keputusan turis. Turis pembeli “bundel barang dan jasa” yang terkandung dalam destinasi wisata sering kali mengalami ketidakpastian intrinsik dari label harga yang harus dibayarnya (Cai, 2002). Tidak seperti produk fisik, turis tidak dapat “menguji coba” destinasi wisata sebelum membeli paket perjalanan mereka (Cai, 2002; Eby *et al.*, 1999; Gartner, 2014). Untuk mengurangi risiko, mereka perlu melakukan pencarian informasi yang ekstensif sambil mengembangkan konstruksi mental tentang bagaimana destinasi wisata itu secara potensial dapat memenuhi kebutuhannya. Pada konteks ini, elemen citra destinasi wisata menjadi stimulus yang sangat krusial dalam proses pemilihan destinasi wisata (Cai, 2002).

Hankinson (2009) menekankan pentingnya pendekatan dalam *branding* destinasi wisata yang mampu memberi solusi manajerial yang memadai. Berbagai upaya memang telah dilakukan untuk menerapkan teori *branding* David Aaker dan Kevin Keller pada konteks destinasi pariwisata (Boo *et al.*, 2009; Konecnik & Gartner, 2007; Pike *et al.*, 2010). Namun penerapan itu tentunya harus mempertimbangkan fakta bahwa destinasi wisata memiliki atribut-atribut kompleks yang berbeda dengan produk dan layanan tradisional. Kompleksitas pengembangan merek destinasi wisata sangat terkait dengan pengembangan elemen pengalaman dan pemahaman yang mendalam tentang proses pengambilan keputusan turis. Seorang manajer pengembang merek destinasi wisata harus memahami lingkungan makro, khususnya isu-isu ekonomi, politik, dan sosial, di samping persepsi para pemangku kepentingan terhadap merek destinasi wisata yang dikembangkannya. Jika tidak, manajer tersebut bisa jatuh dalam promosi terbatas yang hanya sibuk berkutat pada pengembangan logo dan *tagline* semata (Khanna, 2011). Tulisan ini

bertujuan untuk menggali lebih dalam bagaimana media visual seperti film dan *event* budaya berskala besar seperti festival musik dapat berfungsi sebagai pendorong utama dalam proses *branding* yang kompleks ini.

Potensi *Branding* Destinasi Wisata Melalui Film dan Festival Budaya

Dalam konteks *branding* destinasi wisata, kota-kota di Jawa Tengah, yaitu Semarang, Surakarta (Solo), dan Yogyakarta, menawarkan studi kasus yang sangat kaya dan relevan. Ketiga kota ini tidak hanya berfungsi sebagai pusat pelestarian budaya yang penting di Indonesia, tetapi juga telah secara aktif memanfaatkan kekuatan film dan festival untuk memperkuat *branding*-nya sebagai destinasi wisata. Pertama, Semarang, ibu kota Provinsi Jawa Tengah, sudah lama dikenal sebagai kota yang menyimpan sejarah panjang dengan daya tarik yang memikat. Pada era kolonial Belanda, kota ini dijuluki ‘Venesia Jawa’ karena jaringan sungainya yang melimpah. Semarang juga dikenal sebagai ‘Pelabuhan Jawa’ mengingat perannya sebagai titik persinggahan vital bagi kapal-kapal yang berlayar antara Jakarta, Jawa Tengah, dan Jawa Timur. Dengan populasi sekitar 1,8 juta jiwa, Semarang adalah kota metropolitan terbesar kelima di Indonesia. Uniknya, sebagian besar penduduknya adalah generasi muda (71,62%), berusia 15 hingga 39 tahun, sehingga berpotensi tampil sebagai kota yang dinamis. Kehidupan sosial dan budayanya sangat kaya, terjalin dari keragaman etnis Jawa, Tionghoa, Arab, dan Melayu. Keragaman ini diekspresikan dalam kuliner, *event* budaya, arsitektur, seni rupa, tari, musik, dan desain kota yang khas.

Eksotisme sudut-sudut Kota Semarang telah diakui oleh industri perfilman. Salah satu sudut yang menjadi permata kota adalah Kawasan Kota Lama Semarang, situs bersejarah yang merepresentasikan perkembangan urban dan budaya kota dari abad ke-15 hingga awal abad ke-20. Peran Kota Lama sebagai pusat budaya diperkuat dengan suksesnya penyelenggaraan Festival Kota Lama (FKL) dan penetapannya secara resmi sebagai Kawasan Cagar Budaya

Nasional pada Agustus 2020 (Fleming, 2021). Sejumlah film layar lebar nasional memilih Semarang sebagai lokasi syuting, memanfaatkan pesona Kota Lama, Lawang Sewu, dan bahkan kampung-kampung tematik di sana. Film-film seperti "Ayat-Ayat Cinta", "Soekarno", "Gie", "Wage", "Sang Kiai", "Kukejar Cinta Ke Negeri Cina", "Rembulan Tenggelam di Wajahmu", dan "Bumi Manusia" menjadi bukti nyata bagaimana Semarang menarik perhatian para sineas. Melalui film-film yang diproduksi di sudut-sudut kota, Semarang akan semakin dikenal luas dan menarik bagi wisatawan untuk berkunjung. Film ternyata berpotensi menjadi sarana promosi efektif bagi kota Semarang.

Selanjutnya, Surakarta atau yang akrab disapa "Solo", merupakan destinasi wisata yang tidak kalah menarik, permata budaya yang terletak di sisi timur Provinsi Jawa Tengah. Pernah menjadi ibu kota Kerajaan Mataram, Solo kini dikenal sebagai salah satu kota yang kaya aset sejarah dan budaya yang terjalin erat dengan warisan kerajaan. Dengan populasi lebih dari 522.000 jiwa, Solo menghadirkan potret kota multi-etnis yang harmonis, dihuni oleh suku Jawa, Arab, Tionghoa, dan India. Keragaman demografi ini secara historis turut memengaruhi tata letak kota, membentuk desa-desa etnis atau kampung yang spesifik, misalnya "Kampung Arab" di lingkungan Pasar Kliwon, Semanggi, dan Kedung Lumbu dan "Kampung Tionghoa" di daerah Balong, Coyudan, dan Keprabon (Fleming, 2021).

Meskipun bahasa Indonesia menjadi bahasa resmi masyarakat Solo, mereka tetap mempertahankan penggunaan dialek Jawa Mataraman dalam percakapan sehari-hari. Mereka lazim mengenakan pakaian tradisional seperti kebaya untuk wanita dan beskap untuk pria, sementara pertunjukan seni tradisional dianggap sebagai inti dari kegiatan budaya kota (Fleming, 2021). Jadi, budaya Jawa memegang peran sentral dan menjadi fondasi infrastruktur budaya kota yang kokoh. Bangunan tradisional Jawa, termasuk keraton Kasunanan dan Mangkunegaran yang masih berfungsi aktif sebagai kantor pemerintahan, menjadi pusat adaptasi sebagian besar kegiatan budaya di Solo. Salah satu contoh adaptasi budaya yang cerdas adalah penyelenggaraan festival musik "Project-D" ("dynamic project" atau

Dyandra Music & Collaboration) di De Tjolomadoe, untuk menciptakan ekosistem dan pengalaman segar bagi para pencinta musik dengan slogan #sehidupseparty yang menekankan inklusivitas. Lokasi De Tjolomadoe yang dulunya pabrik gula di abad ke-19 ditransformasikan menjadi pusat perhelatan modern dengan museum, concert hall, multi-purpose hall, restoran, dan toko kerajinan, menjadikannya lokasi yang ideal untuk mendukung *branding* kota Solo sebagai destinasi wisata.

Kota Yogyakarta, sering disingkat Yogya atau Jogja, tak bisa diragukan lagi popularitasnya sebagai suatu kota yang berhasil memadukan kekayaan sejarah dan budaya dengan dinamika kota kontemporer melalui portofolio festival yang luar biasa. Yogya dikenal juga sebagai pintu masuk strategis untuk menjelajahi situs spektakuler Candi Prambanan, kompleks candi abad ke-10 yang didedikasikan untuk Trimurti (Siwa, Wisnu, Brahma) dengan relief-relief kisah epik Ramayana (Fleming, 2021). Di pelataran Candi Prambanan sering diselenggarakan festival musik jazz internasional, Prambanan Jazz Festival (PJF), yang kemegahannya seolah-olah berfungsi sebagai jembatan diplomasi antara budaya modern kontemporer dan budaya klasik tradisional warisan monumental Indonesia.

Sebagai ibu kota suatu Daerah Istimewa, Yogyakarta merupakan satu-satunya kota kerajaan di Indonesia yang masih mempertahankan sistem monarki. Kompleks keraton (istana) tidak hanya menjadi bagian sentral warisan sejarah, tetapi juga memberi kontribusi signifikan untuk memperkuat daya tarik kota bagi wisatawan. Letaknya di jantung kota dalam distrik yang terpelihara dengan baik, keraton dibangun dengan tata letak khas abad ke-18 berdasarkan inspirasi filosofis sultan pertama, Hamengkubuwana I, yang berhasil menyatukan beragam budaya Jawa. Yogyakarta adalah pusat nasional untuk berbagai seni budaya keraton Jawa tradisional, termasuk seni tari, tekstil batik, drama, sastra, musik, puisi, kerajinan perak, seni rupa, dan wayang kulit. Di samping warisan arsitektur dan kulinernya yang kaya, pusat-pusat pelestarian tradisi tersebar di seluruh kota, misalnya: Kotagede untuk kerajinan peraknya, Desa Ngasem dan

Pasar Beringharjo untuk kerajinan batik, Malioboro untuk blangkon tradisional dan pakaian surjan, Manding untuk barang-barang kulit, dan Kasongan untuk gerabah (Fleming, 2021). Pertunjukan seni tradisional dan kontemporer diadakan di berbagai lokasi hampir setiap hari yang tentunya semakin memperkuat *branding* Yogyakarta sebagai kota wisata.

Perpaduan antara pesona sejarah, kekayaan budaya, dan dinamika festival musik modern menunjukkan bagaimana kota Semarang, Surakarta (Solo), dan Yogyakarta secara efektif memanfaatkan warisan budaya dan kreativitas modern untuk memperkuat *branding* mereka sebagai destinasi wisata. Melalui sinergi antara nilai-nilai budaya yang mendalam, pengembangan infrastruktur yang mendukung, dan penyelenggaraan festival berskala besar, ketiga kota itu menjadi model ideal bagaimana branding destinasi wisata dapat membangun dan menjaga *awareness* wisatawan di kancah nasional maupun internasional. Ketiga kota itu tidak lagi sekadar titik di peta, melainkan sesuatu yang menjanjikan pengalaman yang tak terlupakan.

Festival Budaya sebagai Sarana *Branding* Destinasi Wisata

Event festival adalah salah satu segmen industri pariwisata yang tumbuh paling cepat dan menghasilkan dampak besar pada ekonomi, lingkungan, dan masyarakat di tingkat individu, tingkat komunitas, dan tingkat regional (Pavluković et al., 2018). Karena sifatnya lepas atau tidak bergantung pada sumber daya alam dan warisan budaya, festival dapat dikembangkan lebih mudah daripada bentuk perjalanan dan pariwisata lainnya. Dengan potensi komersialisasi yang cepat dan dampaknya yang kuat bagi revitalisasi ekonomi, festival merepresentasikan "quick wins" bagi banyak destinasi wisata (Getz, 2008). Buktinya, festival diposisikan sebagai bagian dari strategi rekonstruksi perkotaan untuk kota-kota yang mengalami deindustrialisasi di banyak negara Eropa (Richards, 2000).

Memang festival sering kali dipandang sebagai fitur utama ekonomi perkotaan modern (Pavluković et al., 2018). Berbagai alasan mendasari penyelenggaraan festival, diantaranya untuk melestarikan budaya dan sejarah lokal, menyediakan kesempatan rekreasi dan hiburan bagi penduduk maupun pengunjung, meningkatkan industri pariwisata lokal, mengubah citra destinasi agar lebih menarik dan mewakili kualitas hidup, dan lain sebagainya (Richards, 2000). Pemerintah menggunakan festival sebagai platform untuk pembangunan ekonomi sekaligus mendapatkan dukungan politik lokal, justifikasi biayanya dikaitkan dengan dampak ekonomi bagi wilayah setempat.

Selain sebagai bagian dari industri kreatif kota, festival juga memengaruhi kehidupan sehari-hari komunitas lokal dan memberikan pengalaman khas tak terlupakan bagi penduduk maupun wisatawan pengunjung. Festival menghidupkan kota, memberikan kebanggaan baru bagi warga, dan meningkatkan citra wilayah setempat (Pavluković et al., 2018). Dari sudut pandang budaya, festival memperkuat identitas sosial dan budaya serta membantu membangun kohesi sosial dengan mempererat ikatan sosial-kultural di dalam komunitas (Gursoy et al., 2004). Melalui festival, individu dan kelompok individu mendapatkan validasinya di komunitas melalui keterlibatan mereka dalam pengalaman bersama, memperluas cakrawala budaya, dan menciptakan ide-ide baru yang menantang untuk pengembangan komunitas (Bowdin et al., 2006).

Karena memiliki berbagai dampak manfaat pada komunitas lokal maupun wisatawan pengunjungnya, baik manfaat berwujud nyata seperti pendapatan tambahan, pekerjaan, penerimaan pajak bagi pemerintah maupun manfaat tidak berwujud seperti kebanggaan komunitas dan peningkatan citra wilayah, maka festival budaya menjadi sarana potensial yang paling menjanjikan untuk dikembangkan kota-kota destinasi wisata. Festival Kota Lama Semarang (FKL), festival musik “Project-D” di De Tjolomadoe Surakarta dan Prambanan Jazz Festival (PJF) merupakan contoh kesuksesan yang patut ditiru. Ketiga festival tersebut tidak hanya memperkaya

pengalaman wisatawan pengunjungnya dengan harmoni musik dan sejarah, melainkan juga berkontribusi pada penguatan citra bangsa dalam ranah warisan budaya.

Film Sebagai Sarana *Branding* Destinasi Wisata

Fenomena turis yang mengunjungi suatu destinasi wisata setelah melihat lokasi tersebut di film atau di serial televisi merupakan hal lumrah yang terus berkembang saat ini (Pennacchia, 2015). Begitu suatu lokasi dikenali sebagai destinasi wisata karena ditampilkan dalam suatu film yang populer, sangat mudah untuk mengintegrasikan hal itu ke dalam strategi pemasaran dan rencana *branding*-nya agar menjadi produk pariwisata yang berkelanjutan. Prinsip keberlanjutan dalam *branding* pun berlaku: ketika syuting film dilakukan di lokasi bersejarah atau situs warisan yang sudah dikenal, maka lokasi atau situs itu akan semakin populer sebagai tujuan wisata setelah film dirilis. Jadi, destinasi wisata akan memperoleh keuntungan langsung jika terpilih menjadi lokasi syuting film tertentu. Agar terpilih menjadi lokasi syuting film, destinasi wisata harus memiliki faktor komunikatif dan reseptif, daya tariknya harus terkait dengan elemen-elemen proses produksi atau produk akhirnya.

Hubungan timbal balik yang saling menguntungkan antara industri perfilman dan destinasi wisata pun bisa sungguh-sungguh terjadi. Bukan hanya terjadi secara eksklusif karena syuting film dilakukan di lokasi destinasi wisata, melainkan juga karena lokasi destinasi wisata memang dikelola secara komersial untuk syuting film. *Event* semacam festival perfilman bisa dirancang dengan baik sehingga memungkinkan promosi global destinasi wisata. Banyak media tentu akan tertarik untuk meliputnya. *Event* semacam itu jelas dapat memainkan peranan penting untuk menciptakan citra positif destinasi wisata (Dašić & Kostadinović, 2021).

Dengan perkembangan teknologi dan sinematografi belakangan ini, peran industri film dalam pariwisata semakin meningkat pesat. Dampak perkembangan industri film terhadap citra destinasi wisata

dan penciptaan daya tarik wisata melalui film terbukti dapat meningkatkan jumlah turis, bahkan di masa sulit yang tidak terduga seperti saat pandemi Covid-19 (Dašić & Kostadinović, 2021). Popularitas televisi dan film yang terus meningkat juga telah memengaruhi potensi pariwisata film. Popularitas besar film dan televisi jelas dapat sangat memengaruhi kunjungan dan citra destinasi wisata yang ditampilkan di dalamnya. Banyak orang berpartisipasi dalam pariwisata film karena mereka ingin mengunjungi lokasi yang ditampilkan di film, menganggapnya sangat menarik, sehingga mereka ingin melihatnya secara langsung dengan mata kepala sendiri dan membandingkannya untuk menemukan perbedaan antara kenyataan dan apa yang ditunjukkan dalam film (Jusufovic-Karisik, 2014).

Kota Semarang merupakan contoh nyata kesuksesan peran film sebagai sarana *branding* destinasi wisata. Dengan beragam sudut kota yang eksotis dan unik, Semarang telah menjadi pilihan favorit bagi para sineas nasional, terbukti dengan belasan film layar lebar yang memilih kota ini sebagai lokasi syuting. Pesona kota Semarang semakin dikenal oleh jutaan penonton film tidak hanya di tingkat nasional tetapi juga internasional, sehingga menarik lebih banyak wisatawan untuk berkunjung dan memungkinkan pemerintah kota untuk mengoptimalkan potensi pariwisata lainnya. Dukungan penuh pemerintah kota Semarang terhadap industri perfilman, termasuk penyediaan infrastruktur wisata yang beragam, semakin menegaskan komitmen Semarang untuk memanfaatkan kekuatan naratif film sebagai alat promosi dan sarana *branding*-nya sebagai destinasi wisata (Mughis, 2018).

Penutup

Branding destinasi wisata adalah upaya kompleks dan krusial dalam lanskap pariwisata global yang kompetitif, melampaui sekadar logo dan *tagline* untuk menciptakan janji pengalaman tak terlupakan dan ikatan emosional pengunjung. Destinasi wisata memiliki kekhasan signifikan dibandingkan produk tradisional, dari segi kedinamisannya, ketidakstabilannya, tingkat risikonya, dan keunikannya, sehingga

membutuhkan kemitraan lintas sektor untuk menghadapi kompleksitas pengambilan keputusan turis. Oleh karena itu, pendekatan *branding* destinasi wisata harus komprehensif, meliputi pemahaman mendalam tentang pengalaman konsumen, lingkungan makro, dan persepsi pemangku kepentingan.

Berdasarkan pertimbangan tersebut di atas, film dan *event* festival budaya, khususnya festival musik, menjadi alat promosi yang lebih efektif dibandingkan dengan metode pemasaran konvensional yang semakin tidak efisien. Film memiliki kemampuan unik untuk memperkenalkan destinasi wisata secara visual, menciptakan daya tarik wisatawan, dan bahkan memunculkan pariwisata berbasis lokasi syuting film (*film induced tourism*). Di sisi lain, festival budaya tidak hanya memberikan pengalaman langsung dan memperkuat identitas sosial budaya komunitas, tetapi juga memberi "kemenangan cepat" bagi revitalisasi ekonomi dan promosi global. Manfaat nyata dari festival budaya mencakup peningkatan pendapatan, pekerjaan, dan penerimaan pajak, sedangkan manfaat tidak berwujudnya berupa kebanggaan komunitas dan peningkatan citra tempat sebagai destinasi wisata.

Kota Semarang, Surakarta (Solo), dan Yogyakarta merupakan contoh kesuksesan dalam pemanfaatan film dan festival budaya sebagai sarana *branding*-nya. Semarang memanfaatkan kekayaan sejarah, keragaman etnis, dan arsitektur ikonik seperti Kota Lama dan Lawang Sewu sebagai latar film nasional sehingga efektif mempromosikan citra kota sebagai "Venesia Jawa" modern. Surakarta (Solo) dengan kuatnya budaya Jawa beserta keberadaan *event* festival musik Project-D di De Tjolomadoe menunjukkan bagaimana warisan budaya dan infrastruktur historis dapat diintegrasikan ke dalam pengalaman *branding* yang dinamis. Sedangkan Yogyakarta, sebagai pusat seni klasik dan pintu masuk warisan dunia Candi Prambanan, memanfaatkan festival musik internasional seperti Prambanan Jazz

Festival (PJF) untuk menjembatani diplomasi budaya dan memperkuat citra bangsa di kancah global.

Daftar Pustaka

- Almeyda-Ibáñez, M., & George, B. P. (2017). Place Branding in tourism: a review of theoretical approaches and management practices. *Tourism & Management Studies*, 13(4), 10–19.
- Blain, C., Levy, S. E., & Ritchie, J. R. B. (2005). Destination *Branding*: Insights and practices from around the world. *Journal of Travel Research*, 43(4), 328–338.
- Boo, S., Busser, J., & Baloglu, S. (2009). A model of customer-based brand equity and its application to multiple destinations. *Tourism Management*, 30(2), 219–231.
- Bowdin, G., Allen, J., O'Toole, W., Harris, R., & McDonnell, I. (2006). *Events management* (2nd ed.). Butterworth-Heinemann.
- Cai, L. A. (2002). Cooperative *Branding* for rural destinations. *Annals of Tourism Research*, 29(3), 720–742.
- Dašić, D., & Kostadinović, G. (2021). Film Industry in the Function of Destination *Branding*. In V. Bevanda & S. Štetić (Eds.), *6th International Thematic Monograph: Modern Management Tools and Economy of Tourism Sector in Present Era* (pp. 441–447). Association of Economists and Managers of the Balkans in cooperation with the Faculty of Tourism and Hospitality. <https://doi.org/10.31410/tmt.2021-2022.441>
- Eby, D. W., Molnar, L. J., & Cai, L. A. (1999). Content preferences for invehicle tourist information systems: An emerging travel information source. *Journal of Hospitality & Leisure Marketing*, 6(3), 41–58.

- Fleming, T. (2021). *Cultural Cities Profile East Asia: Yogyakarta*. British Council.
- Gartner, W. C. (2014). Brand equity in a tourism destination. *Place Branding and Public Diplomacy*, 10(2), 108–116.
- Getz, D. (2008). Event tourism: Definition, evolution and research. *Tourism Management*, 29(3), 403–428.
- Gursoy, D., Kim, K., & Uysal, M. (2004). Perceived impacts of festivals and special events by organizers: An extension and validation. *Tourism Management*, 25(2), 171–182.
- Hankinson, G. (2009). Managing destination brands: Establishing a theoretical foundation. *Journal of Marketing Management*, 25(1-2), 97–115.
- Jusufovic-Karisik, V. (2014). 20 Years of Research on Product Placement in Movie, Television and Video Game Media. *Journal of Economic and Social Studies*, 4(2), 98–108.
<https://core.ac.uk/download/pdf/153449005.pdf>
- Khanna, M. (2011). Destination *Branding*: Tracking brand India. *Synergy*, IX(1), 40–49.
- Konecnik, M., & Gartner, W. C. (2007). Customer-based brand equity for a destination. *Annals of Tourism Research*, 34(2), 400–421.
- Mughis, A. (2018). *Sejumlah Film yang Diangkat dari Novel Ini Syuting di Semarang, Apa Saja*. Jateng Today. Retrieved June 28, 2025, from <https://jatengtoday.com/sejumlah-film-yang-diangkat-dari-novel-ini-syuting-di-semarang-apa-saja>
- Pavluković, V., Armenski, T., & Alcántara-Pilar, J. M. (2018). The Impact of Music Festivals on Local Communities and Their Quality of Life: Comparison of Serbia and Hungary. In A. M. Campón-Cerro, J. M. Hernández-Mogollón, & J. A. Folgado-Fernández (Eds.),

- Best Practices in Hospitality and Tourism Marketing and Management. Applying Quality of Life Research* (pp. 219–234). Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-319-91692-7_11
- Pennacchia, M. (2015). Adaptation-induced tourism for consumers of literature on screen: The experience of Jane Austen fans. *Almatourism - Journal of Tourism Culture and Territorial Development*, 6(4, SI), 261–268.
- Pike, S., Bianchi, C., Kerr, G., & Patti, C. (2010). Consumer-based brand equity for Australia as a long haul destination in an emerging market. *International Marketing Review*, 27(4), 434–449.
- Richards, G. (2000). The European cultural capital event: Strategic weapon in the cultural arms race? *Journal of Cultural Policy*, 6(2), 159–181.
- Ritchie, J. R. B., & Ritchie, R. J. B. (1998). The *Branding* of tourism destinations: Past trends, future practices. In B. Faulkner & D. Valene (Eds.), *Tourism and Hospitality Management: A Tribute to J.R. Brent Ritchie* (pp. 165–190). Haworth Press.
- Warnaby, G., Bennison, D., Davies, B. J., & Hughes, H. (2002). Marketing UK towns and cities as shopping destinations. *Journal of Marketing Management*, 18(9-10), 877–904.

Rekalibrasi Arah Transformasi Pertahanan Indonesia

Aditya Batara Gunawan

Pendahuluan

Menjelang penghujung bulan Maret 2025, publik dikejutkan dengan proses deliberasi amandemen Undang-Undang Tentara Nasional Indonesia (UU TNI) yang berlangsung di Komisi I Dewan Perwakilan Rakyat (DPR). Protes mengalir deras dari kalangan masyarakat sipil dan mahasiswa di berbagai kota, menentang proses legislasi yang serba cepat, tertutup, dan sarat dengan nuansa upaya mengembalikan praktik dwifungsi TNI. Di era Orde Baru, praktik dwifungsi itu membuat fungsi profesional TNI sebagai kekuatan pertahanan negara tumpang tindih dengan fungsi lainnya sebagai kekuatan sosial dan politik. Tidak dapat dipungkiri bahwa kekhawatiran publik akan kembalinya dwifungsi ke ranah politik kebijakan negara melalui amandemen UU TNI sangatlah beralasan. Tercatat, sejak tahun 2014, tren pelibatan TNI di berbagai sektor kebijakan negara yang tidak terkait dengan tugas pertahanan negara mengalami peningkatan signifikan (Araf *et al.*, 2020; Araf & Mengko, 2016; IPAC, 2015; Laksmana & Taufika, 2020; Mengko, 2015). Sebuah dinamika pelibatan yang kemudian lazim didengungkan publik sebagai militerisasi.

Jika ditelisik, hasil revisi UU TNI yang termaktub dalam UU No. 3 Tahun 2025 memang memperketat mekanisme Operasi Militer Selain Perang (OMSP) yang diwajibkan melalui peraturan pemerintah/peraturan presiden dan juga pembatasan pos-pos sipil untuk prajurit aktif. Meskipun demikian, praktik militerisasi sudah dinormalisasi sejak lama oleh pemerintah sipil dan bahkan saat ini telah masuk ke dalam ranah kebijakan strategis yang terbaru seperti peran kunci TNI dalam distribusi logistik hingga operasionalisasi penyuplai produk makanan melalui program makan bergizi gratis

(Tempo, 2025a). Tampaknya, belum ada jaminan yang meyakinkan bahwa hasil revisi UU TNI akan mampu mereduksi praktik militerisasi.

Militerisasi dapat didefinisikan sebagai sebuah proses atau fenomena di mana militerisme mengalami peningkatan (Levy, 2024). Militerisme sendiri adalah paham yang mendorong aktualisasi militer sebagai tatanan nilai, perspektif, sumber daya, model organisasi, dan diskursus dalam segala dimensi kehidupan masyarakat (Hochmüller et al., 2024). Dengan demikian, militerisasi pada konteks politik dapat diartikan sebagai adopsi paham militerisme dalam proses politik, termasuk didalamnya perumusan dan implementasi kebijakan publik. Dalam disiplin Ilmu Politik, militerisasi mengindikasikan adanya persoalan serius dalam konteks hubungan sipil-militer dalam bingkai negara demokratis. Militerisasi dapat mempersempit ruang kebebasan sipil karena melanggar praktik represif.

Sejatinya, militerisme mengarusutamakan kepatuhan tanpa terkecuali ketimbang menyediakan ruang luas untuk berdialektika yang menjadi esensi dari sistem politik demokratis. Sejarah modern Indonesia pernah mencatat lonjakan militerisasi dalam bentuk doktrin dwifungsi yang dioperasionalisasikan melalui program karya Angkatan Bersenjata Republik Indonesia (ABRI) dengan menempatkan personel aktif militer di struktur pemerintahan sipil dari tingkat pusat hingga daerah (Kingsbury, 2003; MacFarling, 1996). Pun militer diberikan keleluasaan untuk turut serta dalam menavigasi suksesi kepemimpinan politik dan siklus kebijakan publik agar selaras dengan kepentingan penguasa (Rinakit, 2005). Dampaknya, militer menjadi alat represi dan tulang punggung rezim otoriter Orde Baru selama lebih dari tiga dekade.

Meskipun demikian, fenomena militerisasi sejatinya tidak hanya dilihat sebatas persoalan kemunduran demokrasi. Tulisan ini mau menunjukkan bahwa fenomena militerisasi yang meningkat dalam beberapa tahun terakhir merupakan sebuah gejala serius mandeknya agenda transformasi pertahanan negara di Indonesia. Singkatnya, militerisasi dan stagnasi transformasi pertahanan merupakan dua hal

yang sulit dipisahkan belakangan ini. Berdasarkan pada pemahaman tersebut, sebuah tawaran tentang format untuk menata ulang arah kebijakan pertahanan di Indonesia akan disajikan sebagai referensi bagi komunitas epistemik dan pengambil kebijakan di sektor pertahanan. Telaah mendalam atas problematika capaian transformasi pertahanan di Indonesia sejak era pasca reformasi akan disajikan juga untuk memperkuat argumen penataan ulang arah kebijakan tersebut.

Menyelisik Akar Masalah Transformasi Pertahanan

Pertahanan negara adalah sebuah ekosistem kebijakan yang sangat vital bagi eksistensi sebuah negara. Dalam disiplin Ilmu Politik, negara didefinisikan melalui kehadiran tiga komponen penting: wilayah (*territory*), masyarakat (*people*), dan pemerintah (*government*). Lebih lanjut, Sosiolog berpengaruh Max Weber berpendapat bahwa negara adalah satu-satunya entitas yang memiliki monopoli atas penggunaan kekerasan yang sah dalam wilayah tertentu (Weber, 1919). Monopoli kekerasan yang sah ini diselenggarakan oleh negara guna menjaga ketertiban domestik oleh institusi penegak hukum dan menjaga kedaulatan negara dari ancaman negara lain oleh institusi militer. Ketiga komponen penting yang menyusun eksistensi negara di atas sejatinya bertumpu pada kesiagaan militer yang kuat. Tanpa militer yang kuat, wilayah sebuah negara dapat direbut negara lain, masyarakatnya bisa dijajah bangsa lain, dan pemerintahnya bisa dijatuhkan. Dengan demikian, kebutuhan untuk selalu memutakhirkan sistem pertahanan negara sesuai potensi ancaman yang ada menjadi sebuah keniscayaan.

Transformasi pertahanan (*defense transformation*) adalah sebuah terminologi yang digunakan dalam kajian strategis dan hubungan sipil-militer untuk mendeskripsikan proses pemutakhiran pertahanan negara. Secara historis istilah transformasi pertahanan muncul di kalangan praktisi pertahanan Amerika Serikat pada era 1990an. Pada masa awal perkembangannya, istilah transformasi pertahanan diasosiasikan dengan istilah *Revolution in Military Affairs*

(RMA), sebuah agenda kebijakan yang menekankan pada adopsi revolusi teknologi yang pesat dengan strategi peperangan (Cohen, 1996; Gray, 2002; Krepinevich, 1994a). Dalam perkembangannya, istilah transformasi pertahanan kemudian lazim dipergunakan di dunia akademik untuk merujuk pada sebuah proses perubahan di sektor pertahanan yang melibatkan tiga tataran: ide, organisasi, dan teknologi (Binnendijk, 2002).

Transformasi pertahanan di tataran ide melibatkan perubahan paradigmatik mengenai cara negara berperang (Farrell *et al.*, 2010, h.3). Sedangkan transformasi di tataran organisasi mengacu pada perubahan untuk mengoptimalkan kesiapan organisasi militer dalam mengimplementasikan skill atau teknik berperang yang termutakhir (Gray, 2006, h.26; Stulberg & Salomone, 2007, h.15). Dan transformasi pertahanan di tataran teknologi mensyaratkan adanya adopsi teknologi peperangan yang terbaru (Cohen, 1996; Krepinevich, 1994b). Namun selain kemampuan untuk mengembangkan dan menggunakan teknologi peperangan termutakhir, transformasi pertahanan di tataran teknologi memerlukan pula kemampuan untuk mengintegrasikan ragam teknologi peperangan yang dimiliki untuk memaksimalkan kekuatan tempur. Jika ditelisik lebih dalam, proses akuisisi pertahanan yang ada di sebuah negara selalu mendorong terpenuhinya prinsip kesesuaian atau keterpaduan (*interoperability*) antar persenjataan yang dimiliki, dibeli, dan digunakan oleh seluruh matra/angkatan/kecabangan (Lockyer, 2013).

Tujuan akhir dari transformasi pertahanan adalah efektifitas militer (*military effectiveness*) yang secara sederhana didefinisikan sebagai kemampuan optimal militer untuk menjalankan misi yang ditugaskan oleh para pengambil kebijakan (Bruneau & Croissant, 2019; Croissant & Kuehn, 2017; Stulberg & Salomone, 2007). Pertanyaan yang muncul selanjutnya, seperti apakah capaian agenda transformasi pertahanan Indonesia ditinjau dari ketiga ruang lingkup transformasi pertahanan diatas? Ini perlu diungkap lebih detail terlebih dahulu.

Transformasi Ideasional: Inovasi Doktrin yang Terbatas

Agenda transformasi pertahanan di Indonesia bertolak dari disahkannya dua peraturan perundang-undangan penting, yaitu Undang-Undang No. 3 tahun 2002 tentang Pertahanan Negara dan Undang-Undang No. 34 Tahun 2004 tentang Tentara Nasional Indonesia. Pasca disahkannya kedua UU tersebut, Presiden Republik Indonesia (RI) 2004-2014 Susilo Bambang Yudhoyono (SBY) menginisiasi agenda transformasi pertahanan melalui kebijakan penerbitan dokumen-dokumen strategis nasional, meliputi: Buku Doktrin Pertahanan Negara, Buku Strategi Pertahanan Negara, Buku Postur Pertahanan Negara, dan Buku Putih Pertahanan Indonesia di sepanjang tahun 2007. Presiden SBY juga meluncurkan kebijakan *Minimum Essential Force* (MEF) atau Kekuatan Pokok Minimum yang bertujuan untuk melakukan reorganisasi kekuatan tempur TNI dengan penekanan pada pengembangan kekuatan trimatra terpadu dan modernisasi alutsista (Laksmana, 2010).

Perlu dicatat bahwa pada tataran ide, capaian transformasi pertahanan Indonesia di era reformasi masih berlangsung parsial dan minim inovasi. Alih-alih menyusun sebuah perubahan doktrinal yang menyeluruh, adaptasi yang dilakukan lebih diorientasikan pada upaya merespons tekanan politik untuk menghapus dwifungsi (Mietzner, 2006). Hal ini dapat dipahami mengingat konteks transisi rezim era reformasi adalah depolitisasi TNI sebagai agenda utama. Pemerintah, DPR, dan TNI hanya bersepakat untuk mengunci klausul perubahan yang sifatnya superfisial saja, yaitu perubahan dari Doktrin Sishankamrata (Sistem Pertahanan dan Keamanan Rakyat Semesta) menjadi Sishanta (Sistem Pertahanan Semesta) sebagaimana termaktub dalam Undang-Undang No. 3 tahun 2002 tentang Pertahanan Negara. Artinya, model pertahanan semesta dengan strategi perang berlapis dan taktik gerilya masih menjadi sumbu piranti lunak bagi para perumus kebijakan dalam menavigasi arah kebijakan sektor pertahanan di Indonesia (Widjajanto, 2010).

Transformasi Organisasi: Deviasi Pelaksanaan Kebijakan dan Normalisasi Militerisasi

Terbatasnya inovasi doktrin pertahanan berpengaruh terhadap proses transformasi pertahanan di tataran organisasi. Keberadaan unit tempur yang bersifat teritorial (Kodam, Korem, Koramil, Babinsa) masih dipertahankan dan bahkan bertambah jumlahnya, walaupun fungsi sosial-politiknya telah lama dihapuskan. Presiden SBY berupaya mendorong pelembagaan sistem operasi trimatra terpadu di tubuh TNI sebagai pelengkap strategi perang berlapis dan kesemestaan yang tetap dipertahankan. Pada era Presiden SBY, operasi militer gabungan bertambah seiring dengan transformasi doktrin militer Tri Dharma Eka Karma (Tridek) yang diluncurkan pada tahun 2010. Konsekuensi logis dari penambahan tersebut adalah perlunya pembentukan Komando Gabungan Wilayah Pertahanan (Kogabwilhan) lewat kebijakan *Minimum Essential Force* (MEF).

Melalui pembentukan Kogabwilhan diharapkan dapat menyatukan kekuatan tempur setiap matra di bawah satu komando lintas matra untuk memperkuat aspek interoperabilitas antar matra dalam menangkal ancaman terhadap kedaulatan wilayah negara. Pembentukan Kogabwilhan termaktub dalam Peraturan Presiden (Perpres) Nomor 10 Tahun 2010 tentang Susunan Organisasi Tentara Nasional Indonesia. Saat itu Kementerian Pertahanan menargetkan bahwa peresmian markas Kogabwilhan dapat dilakukan sebelum masa jabatan Presiden SBY berakhir. Sayangnya, hingga penghujung periode kepemimpinan Presiden SBY, pembentukan Kogabwilhan masih menjadi misteri (Detik News, 2014). Relasi kurang harmonis antara presiden dengan petinggi TNI menjelang pelaksanaan pemilihan umum (pemilu) presiden tahun 2014 ditengarai berkontribusi pada penundaan pembentukan Kogabwilhan (Kompas, 2014b).

Pembentukan Kogabwilhan baru dapat direalisasikan pada tahun 2019 di era kepemimpinan Presiden Joko Widodo (Jokowi) 2014-2024. Terdapat tiga Kogabwilhan yang diresmikan oleh Panglima TNI Marsekal Hadi Tjahjanto pada 27 September 2019, yakni Kogabwilhan

I (Tanjung Pinang, Kepulauan Riau), Kogabwilhan II (Kutai Kertanegara, Kalimantan Timur), dan Kogabwilhan III (Mimika, Papua). Sebagai Komando Utama Operasi (Kotamaops), setiap Kogabwilhan dipimpin oleh perwira TNI bintang tiga yang bertanggung jawab langsung kepada Panglima TNI. Sayangnya, harapan pada peningkatan interoperabilitas tempur antar matra melalui pembentukan Kogabwilhan tidak betul-betul terwujud. Karena, Kogabwilhan tidak sungguh-sungguh diterjemahkan sebagai institusi yang beradaptasi dengan strategi perang terpadu.

Seiring dengan pembentukan Kogabwilhan, terjadi pula peningkatan status 23 Komando Resort Militer (Korem) dari tipe A ke tipe B yang selanjutnya dikembangkan sebagai Komando Daerah Militer (Kodam) dengan konsekuensi penambahan pos jabatan baru. Artinya, sejak awal pembentukannya, keberadaan Kogabwilhan dan turunan kebijakan peningkatan status Korem tersebut cenderung diterjemahkan hanya sebagai wadah untuk menampung tumpukan perwira *nonjob* yang selama ini menjadi permasalahan di tubuh TNI, khususnya TNI Angkatan Darat (Tempo, 2019). Kondisi ini diakui oleh Panglima TNI Agus Subiyanto di sela-sela rapat pimpinan TNI pada awal tahun 2025 lalu (Tempo, 2025b). Singkat kata, para pelaksana kebijakan sektor pertahanan gagal memahami esensi interoperabilitas dalam reorganisasi struktur TNI.

Problem deviasi pelaksanaan kebijakan reorganisasi kemudian diperburuk dengan adanya pembiaran pemerintah sipil terhadap keleluasaan TNI untuk memperluas cakupan Operasi Militer Selain Perang (OMSP) tanpa kendali. Seperti yang telah disebutkan sebelumnya, praktik ini mulai menjamur pada penghujung era Presiden SBY. Di era Presiden Jokowi, perluasan cakupan OMSP mencapai titik puncak dengan adanya pengakuan atau legitimasi publik yang diberikan oleh para pejabat sipil. Pada tahun 2015, Presiden Jokowi secara terang-terangan memberikan “restu” kepada TNI Angkatan Darat (AD) untuk terlibat dalam proyek ambisius cetak sawah yang digagasnya sebagai bagian dari target swasembada pangan dalam kurun waktu 3 tahun (Kompas, 2015). Sayangnya,

proyek ambisius tersebut menemui kebuntuan dan bahkan menimbulkan gesekan antara masyarakat lokal dengan para personel TNI di lapangan (Antara, 2016).

Pada periode jabatan keduanya, Presiden Jokowi semakin memberi ruang bagi TNI untuk masuk ke ranah OMSP yang jauh dari fungsi utama TNI. Lagi-lagi, proyek ketahanan pangan menjadi pintu masuk Presiden Jokowi untuk melibatkan TNI pada tahun 2020. Melalui program *food estate* (lumbung pangan) yang diluncurkan pasca pandemi Covid-19, Presiden menginstruksikan Kementerian Pertahanan (Kemhan) dan TNI untuk menggarap perkebunan singkong skala besar di provinsi Kalimantan Tengah seluas 30.000 hektar dibawah payung program Cadangan Logistik Strategis (CLS) (Detiknews, 2023). Sumber daya TNI AD kemudian dikerahkan untuk menyukseskan implementasi program CLS. Sayangnya, program tersebut menyisakan banyak masalah mulai dari tidak terpenuhinya target produksi, lahan yang terbengkalai, hingga minimnya partisipasi masyarakat lokal (BBC Indonesia, 2023). Hal ini menunjukkan bahwa pemerintah dan TNI tampaknya tidak belajar dari kegagalan proyek cetak sawah yang juga melibatkan TNI di periode pertama Presiden Jokowi.

Selain perluasan OMSP, paham militerisme pun diinstitusionalisasikan oleh pemerintahan sipil. Presiden Jokowi dan DPR bersepakat untuk mengesahkan UU Pengelolaan Sumber Daya Nasional untuk Pertahanan Negara (PSDN). UU PSDN mendapatkan kritik keras dari masyarakat sipil karena proses pembahasannya yang tertutup, terburu-buru, minim partisipasi publik, dan disahkan menjelang berakhirnya masa bakti anggota DPR 2014-2019 (Imparsial, 2022). Konsekuensi dari pengesahan UU PSDN adalah adanya kewewenangan Kementerian Pertahanan dan TNI untuk merekrut Komponen Cadangan (Komcad), sejenis program wajib militer sukarela bagi sipil, yang selanjutnya dikemas dalam bentuk program bela negara.

Pembentukan Komponen Cadangan (Komcad) menimbulkan tanda tanya besar, mengingat dalam dokumen strategi pertahanan negara yang selama ini diterbitkan oleh Kemhan tidak disebutkan adanya ancaman agresi dari negara lain, setidaknya dalam beberapa tahun ke depan. Selain itu, model peperangan masa depan akan lebih banyak didominasi oleh penerapan strategi perang berjejaring (*network-centric warfare*) dengan penekanan pada kecepatan mobilitas pasukan tempur dan dukungan teknologi yang memadai daripada kuantitas personel. Kebijakan Komponen Cadangan (Komcad) digulirkan lagi pada tahun 2021, di bawah kepemimpinan Menteri Pertahanan Prabowo Subianto, dengan menargetkan rekrutmen sebanyak 25 ribu personel dari 35 batalyon (Detiknews, 2021).

Hingga September 2024, tercatat ada lebih dari 9000 warga sipil yang menjadi anggota Komponen Cadangan (Komcad). Dari sisi alokasi anggaran, proyek Komcad menelan biaya yang tidak sedikit dan sangat rawan penggelapan. Investigasi media pada tahun 2022 menemukan bahwa pengelolaan anggaran pembentukan Komcad pada tahun 2021 ternyata bermasalah, dengan merujuk pada temuan Badan Pemeriksa Keuangan (BPK) perihal anggaran sebesar Rp. 235 miliar yang tidak memenuhi aturan perundang-undangan (Tempo, 2022). Dengan anggaran besar dan tingkat urgensi yang minim, semakin terlihat bahwa proyek Komcad merupakan upaya pengembangan kekuatan tempur TNI yang tidak berpijak pada kebijakan matang dan hanya melanggengkan kultur militerisme di masyarakat.

Transformasi Teknologi: Diversifikasi Pasokan dan Desentralisasi Pengambilan Keputusan

Dari sisi transformasi teknologi, kepatuhan untuk menjunjung tinggi prinsip keterpaduan di dalam akuisisi alutsista (alat utama sistem persenjataan) mengalami masalah hambatan yang serius. Hambatan ini meliputi sekurang-kurangnya dua aspek utama. Aspek pertama adalah memori kolektif terkait embargo militer yang pernah

terjadi saat era reformasi. Dari tahun 1995 hingga 2005, Amerika Serikat selaku pemasok utama alutsista melakukan embargo terhadap TNI sebagai dampak dari keterlibatan personel TNI dalam peristiwa kekerasan Santa Cruz di Timor Leste (Kompas, 2023). Akibatnya, sebagian besar alutsista milik TNI, terutama pesawat tempur, tidak mendapatkan pasokan suku cadang dan fasilitas pemeliharaan. Embargo tersebut kemudian mendorong TNI untuk melakukan diversifikasi sumber pasokan alutsista melalui kebijakan pemenuhan *Minimum Essential Force* (MEF). Permasalahannya, proses diversifikasi tidak disertai dengan kepatuhan terhadap prinsip interoperabilitas antar matra yang menjadi landasan MEF.

Hambatan aspek kedua adalah praktik pengadaan alutsista yang bersifat desentralistik. Wewenang terkait penentuan spesifikasi alutsista dan bahkan penentuan pemasoknya, dipegang oleh masing-masing matra (Gunawan, 2022; Laksmana, 2024). Usulan kebutuhan alutsista dari setiap matra kemudian dikoordinasikan oleh Markas Besar (Mabes) TNI untuk selanjutnya diserahkan kepada Kemhan agar dapat diajukan pembiayaannya ke DPR RI. Tentunya, setiap matra sudah mempertimbangkan aspek teknis kebaruan teknologi dalam usulannya. Akan tetapi, perihal sejauh mana teknologi alutsista yang akan diakuisisi itu dapat mendukung kemampuan tempur yang dimiliki oleh matra lainnya masih menjadi misteri.

Pembelian tank tempur Leopard dari Republik Federal Jerman pada tahun 2012 silam, misalnya, merupakan contoh akuisisi alutsista yang mengabaikan prinsip interoperabilitas. Menteri Pertahanan Purnomo Yusgiantoro mengakui bahwa rencana pembelian tank Leopard saat itu tidak termasuk dalam spesifikasi alutsista tahap pertama MEF dan proses penyusunan rencananya pun dilakukan oleh Mabes TNI AD sendiri (Tribunnews, 2012). Pihak TNI AD bersikukuh bahwa pembelian tank Leopard sangatlah penting untuk menjaga wilayah perbatasan darat Indonesia, terutama di Kalimantan (Kompas, 2014a). Sebaliknya, beberapa pihak berpendapat bahwa karakter tank Leopard tidak cocok dengan kondisi geografis Indonesia yang didominasi hutan tropis dan kepulauan, berbeda dengan kontur

wilayah Eropa tempat di mana Tank tersebut dikembangkan (Kompas, 2012; Pramodhawardani, 2012; Tempo, 2012). Terlepas dari perdebatan dalam proses akuisisinya, pemerintah dan DPR akhirnya bersepakat untuk melakukan pembelian 103 unit tank Leopard baru dari Jerman senilai 216 juta Euro. Setelah tank Leopard tiba di Indonesia pada tahun 2014, terungkap bahwa TNI Angkatan Udara (AU) dan TNI Angkatan Laut (AL) tidak memiliki alat angkut untuk memindahkan tank berbobot lebih dari 50 ton tersebut ke wilayah perbatasan ataupun wilayah lainnya (Media Indonesia, 2016).

Kasus akuisisi tank Leopard di atas jelas menunjukkan bahwa proses akuisisi alutsista di Indonesia masih jauh dari prinsip interoperabilitas antar matra. Rencana pembelian alutsista umumnya didominasi alasan diversifikasi dan kebaruan teknologi namun abai terhadap kesesuaian antar platform alutsista. Dari sudut pandang kajian pertahanan, sikap abai terhadap prinsip interoperabilitas berpotensi melahirkan misi tak bertuan (*orphan mission*). Misi tak bertuan terjadi ketika kemampuan yang dibutuhkan untuk pertahanan nasional tidak menjadi bagian dari matra manapun dikarenakan setiap matra fokus pada spesialisasinya masing-masing (Weiner, 2022). Sebagai contoh, misalnya, alat angkut udara dan laut yang merupakan kebutuhan penting dalam operasi tempur untuk mendukung mobilitas pasukan dan alutsista secara cepat. Pengadaan alat angkut itu menjadi misi tak bertuan, karena matra udara dan matra laut lebih fokus pada pengadaan pesawat tempur dan kapal perang.

Di era kepemimpinan Presiden Jokowi, sikap abai terhadap prinsip interoperabilitas berlangsung terus. Setiap matra bersikukuh mengembangkan kemampuan tempurnya masing-masing dengan mengakuisi alutsista canggih dan melanggengkan praktik isolasi kemampuan tempur antar matra. Sementara itu Kementerian Pertahanan, terutama di era Menteri Pertahanan Prabowo Subianto, lebih berorientasi untuk melanjutkan prinsip diversifikasi pasokan daripada memenuhi prinsip interoperabilitas. Sejak menjabat Menteri Pertahanan, Prabowo Subianto tercatat melakukan kunjungan ke berbagai negara dan membuat komitmen pembelian alutsista seperti

pesawat tempur Dassault Rafale dari Perancis, F-15EX dari Amerika Serikat, Mirage 5 dari Qatar, helicopter Sikorsky S-70M dari Amerika Serikat, kapal selam Scorpene dari Perancis, dan Frigat dari Italia. Diversifikasi pasokan memang penting dalam akuisisi alutsista, namun hal yang lebih perlu diperhatikan adalah kriteria diversifikasi dari sisi interoperabilitas antar alutsista. Pembelian alutsista dari berbagai sumber berpotensi menimbulkan lemahnya integrasi dalam mobilisasi kekuatan tempur di lapangan. Pengadaan jet tempur canggih, misalnya, belum tentu memiliki sistem avionik (navigasi dan komunikasi) yang serupa dengan pesawat tempur yang telah dimiliki sebelumnya, begitu pula masalah kesesuaiannya dengan alutsista yang beroperasi di darat dan laut. Akibatnya, misi tempur tidak akan optimal dan berpotensi gagal sedari awal.

Pentingnya Rekalibrasi Arah Transformasi Pertahanan

Dari rangkaian penjelasan di atas dapat dipahami bahwa transformasi pertahanan Indonesia yang digagas sejak era reformasi menghadapi permasalahan substansial. Inovasi doktrin yang terbatas menimbulkan kerancuan dalam pengembangan organisasi TNI dan ketidak-terukuran dalam akuisisi teknologi alutsista. Dengan kata lain, Indonesia selama ini mengalami stagnasi transformasi pertahanan di era kebijakan *Minimum Essential Force* (MEF). Capaian kebijakan MEF masih bersifat anekdotal, belum secara resmi dipublikasikan hingga saat ini. Apa yang hendak digagas pemerintah sebagai keberlanjutan, koreksi, atau pengembangan kebijakan MEF juga belum tergambarkan dengan jelas.

Pada tahun 2021, Menteri Pertahanan Prabowo Subianto sempat melontarkan apa yang disebutnya Perisai Trisula Nusantara sebagai program unggulan kementerian pertahanan (Tempo, 2021). Di bulan Oktober 2024, istilah *Optimum Essential Forces* (OEF) sempat muncul dalam pemberitaan media massa, digadang-gadang sebagai proyeksi kebijakan pasca MEF Prabowo Subianto yang baru saja terpilih sebagai presiden (Kompas, 2024). Pada bulan November 2024, Sjafrie Sjamsoeddin yang kemudian memimpin Kementerian Pertahanan

(Kemhan) membeberkan dalam rapat kerja dengan Komisi I DPR RI bahwa kebijakan Perisai Trisula Nusantara menjadi prioritas agenda kementerian yang dipimpinnya. Salah satu bagian dari kebijakan tersebut adalah pembentukan 100 batalyon infanteri teritorial pembangunan (Antara, 2024). Dalam pernyataannya, Menteri Sjafrie Sjamsoeddin menyebutkan bahwa batalyon tersebut akan dilengkapi dengan kompi peternakan, perikanan, pertanian, dan kesehatan. Informasi selanjutnya menunjukkan bahwa Kemhan telah membeberkan rencana untuk membentuk 500 batalyon teritorial pembangunan secara bertahap mulai tahun 2025 (Kompas, 2025). Jelas, kebijakan ini merupakan kemunduran dalam transformasi pertahanan yang seharusnya berfokus pada penguatan fungsi utama TNI sebagai alat pertahanan negara. Terlebih lagi, kebijakan pembentukan batalyon tersebut seakan menunjukkan kecenderungan pemerintahan Presiden Prabowo Subianto untuk melanggengkan praktik militerisasi di sektor non pertahanan.

Perlu ditekankan di sini bahwa Indonesia telah memiliki dokumen target pembangunan dalam 20 tahun ke depan sebagai acuan. Rencana Pembangunan Jangka Panjang Nasional 2025-2045 (RPJPN) yang disahkan melalui Undang-Undang No. 59 tahun 2024 pada tanggal 13 September 2024 dapat memberikan setidaknya gambaran umum mengenai target pemerintah di sektor pertahanan. Sebagai dokumen referensi kebijakan untuk mencapai Visi Indonesia Emas 2045, RPJPN memuat 8 misi pembangunan atau agenda pembangunan nasional yang dijabarkan dalam 3 agenda transformasi Indonesia, 2 landasan transformasi, dan 3 kerangka implementasi transformasi (lihat Gambar 1). Lebih lanjut, kedelapan agenda tersebut diimplementasikan melalui 17 arah pembangunan yang diukur dengan 45 indikator utama pembangunan. Sektor pertahanan negara sendiri, termasuk dalam misi ke empat agenda pembangunan nasional, bertujuan untuk membangun kekuatan pertahanan berdaya gentar kawasan. Tujuan tersebut kemudian akan dicapai melalui pembangunan kekuatan pertahanan berorientasi kepulauan dan maritim yang didukung industri pertahanan yang sehat, kuat dan

mandiri. Beberapa poin penting untuk mewujudkan tujuan tersebut adalah penegasan perihal urgensi penguatan postur pertahanan maritim dan operasi lintas medan dalam transformasi sistem pertahanan.



Gambar 1. Rencana Pembangunan Sektor Pertahanan Negara Sesuai RPJPN 2025-2045

(Sumber: diolah dari RPJPN 2025-2045, *Asia Power Index* 2024)

Secara kuantitatif, RPJPN menargetkan pada tahun 2045, kapabilitas kekuatan militer Indonesia bisa meraih skor 45 dalam *Asia Power Index* (API) *Military Capability*. Di atas kertas, target tersebut setara dengan raihan India saat ini yang menempati posisi ke empat secara global dalam hal kekuatan militer (Lowy Institute, 2024). Pada

tahun 2024, skor kumulatif *military capability* Indonesia adalah sebesar 15,7 atau peringkat ke-13 secara global (Lowy Institute, 2024). API membagi skor kapabilitas tersebut ke dalam beberapa indikator khusus, seperti alokasi anggaran pertahanan, total personel tempur, kapabilitas alutsista, dan postur pertahanan. Terkait dengan postur pertahanan, kekuatan pertahanan Indonesia menempati posisi ke-14 dalam hal kecepatan mobilisasi dan durasi ketahanan tempur darat, jauh tertinggal dari negara Asia Tenggara lainnya seperti Vietnam (7), Singapura (10) dan Thailand (11) (Lowy Institute, 2024). Sementara itu, dalam hal kecepatan mobilisasi dan durasi ketahanan bertempur di wilayah laut, Indonesia menempati peringkat ke-10, setelah Singapura yang menempati posisi 8 mewakili negara Asia Tenggara di ranking global (Lowy Institute, 2024).

Berkaca dari problematika transformasi pertahanan yang ada selama ini dan mimpi besar capaian sektor pertahanan yang termaktub dalam RPJPN 2025-2045, di sini ditawarkan tiga usulan kebijakan yang perlu dipakai sebagai rujukan para pengambil kebijakan dan komunitas epistemik di sektor pertahanan, yaitu: melakukan kaji ulang strategi pertahanan, mendorong formulasi cetak biru prinsip interoperabilitas, dan pelibatan kalangan sipil dalam perumusan kebijakan (Gambar 2).



Gambar 2. Rekalibrasi Arah Transformasi Pertahanan Negara

(Sumber: diolah penulis)

Urgensi Kaji Ulang Strategi Pertahanan

Harus diakui bahwa inovasi doktrin tidak mudah dilakukan karena doktrin merupakan bagian integral profesi militer di negara mana pun. Pada tataran operasional, doktrin yang telah lama berlaku sering kali dijalankan atas dasar romantisisme sejarah militer sendiri, sedangkan perubahannya merupakan sesuatu yang sering dipandang sangat tabu bagi institusi militer (Posen, 1984). Meskipun demikian, doktrin pertahanan bukanlah sesuatu yang tidak bisa sama sekali dituntut untuk menyesuaikan diri dengan perubahan lingkungan strategis (Høiback, 2016). Dalam studi pertahanan, ada suatu proses yang dapat memfasilitasi penyesuaian tersebut, yaitu kaji ulang strategi pertahanan atau dikenal sebagai *Strategic Defense Review* (SDR). SDR merupakan tahapan awal dalam perumusan kebijakan pertahanan yang bersifat reflektif dan berkelanjutan. Pada konteks ini, SDR menawarkan suatu ruang dialog bagi para pengambil kebijakan untuk melakukan adaptasi pada doktrin pertahanan yang berlaku sesuai dengan perkembangan ancaman lingkungan strategis. Indonesia terakhir kali melakukan kaji ulang strategi pertahanan lebih dari satu dekade yang lalu. Pada tahun 2012, Kementerian Pertahanan di era Menteri Pertahanan Purnomo Yusgiantoro menerbitkan Peraturan Menteri Pertahanan No. 08 Tahun 2012 tentang Kaji Ulang Strategi Pertahanan (*Strategic Defense Review*) 2011. Sayangnya, dokumen SDR Indonesia 2011 tidak menjadi bagian dari norma perundang-undangan atau menjadi acuan utama dalam perumusan kebijakan pertahanan di era selanjutnya.

Di dalam proses penyusunan SDR, terdapat tiga aspek yang saling berkelindan dan wajib dijadikan referensi, yaitu pemahaman tentang ancaman, kapabilitas kekuatan pertahanan yang dibutuhkan, dan sumber daya yang tersedia. Tentu saja pemahaman tentang ancaman harus ditempatkan pada konteks pertahanan militer. Sedangkan militer dipahami sebagai pengejawantahan kontrol negara atas kekerasan yang sah untuk menjaga eksistensinya. Dalam

perspektif sederhana, penjagaan eksistensi negara yang paling utama berupa penjagaan kedaulatan teritorial untuk mengantisipasi ancaman militer eksternal maupun internal. Ancaman lain di luar ancaman militer tidak boleh sembarangan diperlakukan sebagai ancaman militer. Artinya, para perumus kebijakan harus selektif ketika menentukan ancaman non militer dalam pertimbangannya. Hal ini penting agar TNI tidak menerjemahkan semua permasalahan yang dihadapi pemerintah sebagai bentuk ancaman yang harus ditangani melalui kekuatan militer.

Militer bukanlah pintu pelayanan satu atap untuk menyelesaikan semua masalah yang ada di masyarakat. Salah satu batasan untuk menempatkan suatu fenomena sebagai ancaman non militer yang perlu ditangani oleh militer adalah dengan mempertimbangkan kapasitas sumber daya yang dimiliki militer. Suatu fenomena non militer hanya dapat menjadi ancaman yang perlu ditangani oleh militer, jika sumber daya yang dimiliki militer dapat menjadi solusi yang tepat (Kuehn & Levy, 2021). Pengalaman dari negara-negara di Amerika Latin menunjukkan bahwa mobilisasi personel militer dalam misi non pertahanan menghasilkan tingkat efektivitas yang tinggi ketika situasi genting, darurat, dan membutuhkan solusi cepat seperti misalnya saat bencana alam terjadi (Pion-Berlin, 2016).

Pemahaman yang komprehensif tentang ancaman diharapkan akan berujung pada perumusan spektrum atau derajat ancaman yang memerlukan intervensi militer. Berdasarkan spektrum ancaman tersebut, suatu rumusan kapabilitas pertahanan militer perlu dibuat, seperti misalnya kemampuan gerak cepat pasukan, kemampuan mobilisasi yang tepat untuk sumber daya pendukung, dan sistem komando yang terintegrasi (Brooks, 2007). Selanjutnya, pengembangan kapabilitas pertahanan harus juga disesuaikan dengan sumber daya yang ada, terutama kemampuan anggaran negara. Perlu ada perhitungan yang cermat dan tepat untuk menjabarkan kebutuhan pengembangan pertahanan dalam kondisi tertentu perekonomian negara. Memang selama ini keterbatasan anggaran pertahanan sering dijadikan faktor penghambat utama modernisasi pertahanan negara

walaupun porsinya meningkat terus. Namun, akar masalahnya bisa jadi berada pada kelangkaan evaluasi penyerapan anggaran. Evaluasi menyeluruh terhadap penyerapan anggaran pertahanan tidak pernah dilakukan selama ini.

Peluang untuk mendorong kaji ulang strategi pertahanan terbuka luas dengan berdirinya Dewan Pertahanan Nasional (DPN) yang diresmikan Presiden Prabowo Subianto pada penghujung tahun 2024. DPN dapat menjadi ruang dialog inisiatif untuk merumuskan kebijakan pertahanan komprehensif yang lebih terarah, sedikitnya dari sisi hulu dengan mengawalinya melalui perumusan SDR. Prinsip terpenting yang harus melandasi kebijakan pertahanan negara yang komprehensif adalah prinsip interoperabilitas.

Pengembangan Cetak Biru Kebijakan Interoperabilitas

Militer yang efektif adalah militer yang dapat memadukan kekuatan tempurnya dari beragam sumber daya yang tersedia (Millet, Murray, and Watman 1986, 37). Oleh karena itu, setiap organisasi militer harus memiliki cara dan ukuran yang jelas mengenai tingkatan pencapaiannya dalam mengoptimalkan ragam sumber daya yang dimilikinya. Salah satu permasalahan serius dalam konteks transformasi organisasi dan teknologi alutsista di Indonesia adalah ketiadaan sebuah dokumen referensi kebijakan yang memuat secara komprehensif adopsi prinsip interoperabilitas. Memang, dokumen RPJPN 2025-2045 menyebutkan bahwa salah satu karakter transformasi pertahanan yang diharapkan adalah kemampuan ‘operasi lintas medan’ yang secara implisit menekankan aspek interoperabilitas antar matra. Namun, meskipun istilah tersebut telah diadopsi di berbagai dokumen kebijakan dan tradisi lisan para pengambil kebijakan sektor pertahanan, belum pernah ada satu narasi kebijakan yang utuh mengenai makna dan operasionalisasinya dalam konteks pertahanan negara di Indonesia.

Interoperabilitas, atau dikenal juga dengan istilah *military jointness*, adalah sebuah konsep yang berasal dari dan berkembang di

kalangan militer Amerika Serikat pada tahun 1980an. Konsep ini muncul dari fakta terbatasnya efektivitas prinsip kerjasama (*cooperation*) dalam misi tempur yang dalam perjalanannya diarahkan pada prinsip interoperabilitas. Berbeda dari prinsip kerjasama yang memberikan independensi bagi tiap-tiap komando matra untuk beroperasi, prinsip interoperabilitas mensyaratkan adanya keterpaduan antar matra dalam menjalankan misi tempur bersama, dilihat dari segi personel, teknologi, strategi tempur, dan segala bentuk sumber daya yang dimiliki dan berada dalam kendali satu komando (Finlan et al., 2021). Pada tahun 1983, militer Amerika Serikat mendirikan pusat komando CENTCOM (*Central Command*) untuk memfasilitasi keterpaduan tersebut yang akhirnya mengalami proses difusi ke negara-negara lain (Snider, 2003).

Dalam pengembangan cetak biru kebijakan interoperabilitas, ada dua ketentuan utama yang harus diperhatikan oleh para perumus kebijakan di Indonesia. *Pertama*, interoperabilitas harus dimaknai secara multidimensional, bukan hanya sebatas validasi organisasi gabungan seperti Komando Gabungan Wilayah Pertahanan (Kogabwilhan) atau penguatan kapasitas Pusat Komando Pengendalian Operasi (Puskodalops). Dokumen cetak biru kebijakan harus menjelaskan tahapan penguatan prinsip interoperabilitas dari tiga dimensi: teknis, prosedural, dan humaniora (Moon et al., 2008; Snider, 2003). Dari dimensi teknis, cetak biru kebijakan harus bertujuan untuk memastikan bahwa ragam platform alutsista beserta sistem pengelolaan dan teknologi yang dipergunakan dapat diintegrasikan dan digunakan secara bersama. Singkat kata, C4ISR (*Command, Control, Communication, Computer, Intelligence, Surveillance, and Reconnaissance*) atau Komando, Kontrol, Komunikasi, Komputer, Intelijen, Pengawasan, dan Pengintaian di setiap matra harus dapat menunjang operasi gabungan antar matra. Dari dimensi prosedural, cetak biru kebijakan interoperabilitas harus memuat harmonisasi perangkat doktrin, taktik, dan petunjuk teknis yang dapat menjalankan operasi gabungan. Sedangkan dari dimensi humaniora, cetak biru kebijakan interoperabilitas harus mendorong

upaya peningkatan kesadaran untuk membangun kultur kolaborasi, kesepahaman tentang pentingnya interoperabilitas, dan relasi harmonis personal antar matra. Dengan begitu, prinsip interoperabilitas meresap dari hulu ke hilir, dimulai sejak para prajurit TNI menempuh pendidikan di masing-masing matra hingga pelaksanaan operasional lintas medan di lapangan. Kriteria pengukur ketercapaian interoperabilitas tidak hanya menyangkut persoalan teknis dan prosedural, melainkan juga penanaman budaya organisasi yang mengakar kuat dalam tubuh TNI.

Kedua, perumusan cetak biru kebijakan interoperabilitas harus menghindari pemahaman sempit interoperabilitas sebagai sesuatu yang *taken for granted*. Prinsip interoperabilitas harus ditelaah secara kritis dalam artian pengembangannya diupayakan selaras dengan karakteristik geografis negara, bentuk ancaman yang potensial akan dihadapi, dan dukungan sumber daya (Finlan et al., 2021). Implikasinya, penggunaan kekuatan tempur dari masing-masing matra dalam kerangka interoperabilitas dapat bersifat masif atau parsial bergantung pada ragam skenario perang yang akan diterapkan.

Pada konteks Indonesia sebagai negara kepulauan, misalnya, prioritas pengembangan interoperabilitas yang paling utama adalah membangun kekuatan pemukul yang dapat dimobilisasi dengan cepat di wilayah maritim. Mengikuti skenario itu, interoperabilitas antara kekuatan matra udara dan laut menjadi variabel kunci untuk memukul mundur kekuatan musuh. Kemampuan ini bernilai sangat strategis karena bertujuan menutup akses invasi agresor di garis terluar/terdepan batas maritim Indonesia sebelum memasuki pertempuran di wilayah pesisir dan darat. Oleh karena itu, cetak biru interoperabilitas perlu memasukkan kebijakan pengembangan doktrin peperangan gabungan dan keterpaduan alutsista laut dan udara. Setelah hal itu dikembangkan, para perumus kebijakan dapat memasukkan pengembangan interoperabilitas ketiga matra TNI untuk menghadapi skenario perang di kawasan pesisir dan daratan sebagai antisipasi gagalnya efektivitas kekuatan pemukul laut dan udara di garis terluar. Urgensi kaji ulang strategi pertahanan dan pembakuan

prinsip interoperabilitas tentunya bukan beban yang harus dipikul sendiri oleh TNI. Partisipasi dan kontribusi kalangan intelektual sipil menjadi penting untuk memenuhi kedua agenda tersebut.

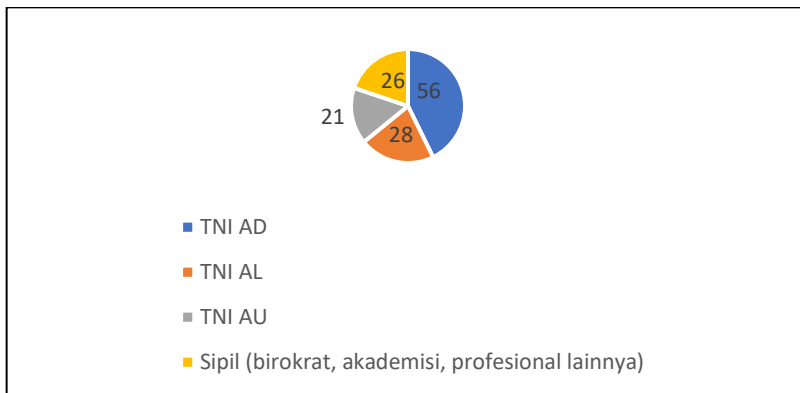
Pelibatan Substansial Unsur Sipil dalam Perumusan Kebijakan Pertahanan

Militer, layaknya organisasi lain, sering kali dihadapkan pada situasi yang sulit untuk melakukan perubahan. Perubahan memang biasanya dianggap sebagai suatu bentuk ancaman terhadap hal yang sudah lama berlaku atau berjalan di dalam organisasi, berpotensi mengurangi otonomi institusi, dan dapat memengaruhi alokasi sumber daya yang selama ini sudah dimiliki militer (Agüero, 1995). Pada konteks militer, perubahan atau transformasi harus dilihat secara lebih mendalam, terutama dengan memahami kepentingan militer sebagai sebuah korps.

Institusi militer di mana pun juga bersandar pada kepentingan utama, yaitu memenangkan peperangan dan/atau mencapai tujuan dari misi yang diembannya. Dalam perspektif ini, institusi militer memiliki prinsip dan pola pikir tersendiri untuk menentukan kriteria pemenuhan kedua tujuan tersebut, bentuknya berupa strategi dan taktik yang harus dijalankan berikut sumber daya yang dikerahkannya (Croissant, 2015; Croissant et al., 2013). Prinsip dan pola pikir yang dianut oleh militer tersebut merupakan bagian yang tidak terpisahkan dari identitas organisasinya dan sering kali mengkristal selama puluhan tahun (Holmberg & Alvinus, 2019). Tekanan untuk mengubah prinsip dan pola pikir tersebut bisa saja diinterpretasikan militer sebagai suatu ancaman intervensi dari pihak eksternal, sehingga perubahan yang seharusnya dijalani menjadi terhambat. Contoh prinsip yang sudah puluhan tahun mengkristal adalah prinsip pertahanan semesta yang dianut TNI dan sering kali mendominasi wacana dan rumusan kebijakan pertahanan. Doktrin perang semesta yang lahir dari pengalaman sejarah perang gerilya era revolusi kemerdekaan masih diletakkan pada posisi yang sangat sakral di sektor pertahanan Indonesia. Dalam praktiknya, pola pertahanan

berbasis darat (*land-based defence*) dengan model peperangan berlarut (gerilya) menjadi inti substansial kebijakan pertahanan, terlepas dari kenyataan bahwa karakter geopolitik Indonesia sendiri adalah negara kepulauan terbesar di dunia.

Permasalahannya, pola peperangan dan model misi militer terus berkembang pesat mengikuti dinamika ancaman terhadap keamanan nasional yang terus berevolusi dan bertransformasi. Berdasarkan pertimbangan dinamika ancaman itulah peran aktor sipil menjadi sangat relevan untuk dilibatkan sebagai pihak eksternal yang bisa mendorong perubahan, ketika para aktor militer dihadapkan pada hambatan internal. Kolaborasi sipil-militer dalam perumusan kebijakan pertahanan adalah sebuah keniscayaan. Namun dalam konteks transformasi pertahanan Indonesia selama ini, kolaborasi sipil-militer masih menghadapi tantangan yang tidak mudah dihadapi karena posisi-posisi penting di sektor pertahanan masih didominasi prajurit TNI. Hal ini tercermin dari komposisi pimpinan kunci di Kementerian Pertahanan pada Gambar 3 berikut ini.



Gambar 3. Komposisi Personel TNI dan Sipil di Jabatan Strategis Kemhan Tahun 2014-2021
(Sumber: Diolah dari Haripin et al., 2023, h.173)

Dari gambar di atas terlihat bahwa personel TNI sangat mendominasi, sebanyak 105 orang (80%) berasal dari unsur TNI dan 26 orang (20%) dari unsur sipil (Haripin et al., 2023). Dengan dominasi personel TNI tersebut, posisi strategis Kemhan sebagai lembaga negara yang memiliki kewenangan dalam perumusan kebijakan umum pertahanan negara berpotensi menjadi bias dan sarat kepentingan subjektif TNI. Kondisi ini tidak bisa dilepaskan dari sejarah Kemhan sendiri yang secara kultural dan institusional dianggap sebagai wilayah kepakaran khusus militer ala TNI. Terlepas dari hambatan kultural dan institusional untuk memperbanyak unsur sipil di pos strategis Kemhan, pemerintah saat ini dan masa mendatang seharusnya bisa meningkatkan pelibatan unsur sipil dari kalangan internal seperti birokrat kementerian/lembaga lain dan pakar sipil dari kalangan eksternal seperti akademisi, peneliti *think tank*, aktivis, dan jurnalis. Keterlibatan unsur masyarakat sipil dapat menjadi penyeimbang dalam proses perancangan desain kebijakan, agar tujuan modernisasi pertahanan tetap pada jalurnya. Selain itu, partisipasi mereka diharapkan juga dapat meningkatkan derajat legitimasi publik atas kebijakan pertahanan yang diformulasikan.

Tentunya, pelibatan masyarakat sipil tersebut harus bersifat substantif dan berkelanjutan, serta menjangkau seluruh tahapan siklus kebijakan mulai dari identifikasi masalah, formulasi masalah, pengambilan keputusan, implementasi, hingga evaluasi. Pelibatan tersebut harus juga bersifat multidimensional. Karena, misalnya, partisipasi akademisi dari berbagai bidang ilmu (multidisipliner) akan memberikan perspektif yang lebih beragam dan obyektif sesuai dengan kaidah ilmiah. Ilmuwan politik dan hubungan internasional dapat memberikan pertimbangan dari segi dinamika politik domestik dan global. Ilmuwan yang menekuni ilmu pangan/pertanian dapat memberikan penilaian ilmiah tentang ketahanan pangan dan seberapa mendesak militer perlu terlibat di dalamnya. Sementara ilmuwan sistem informasi dapat memberikan gambaran mengenai lanskap ancaman keamanan siber yang harus dihadapi Indonesia dan kapabilitas yang dibutuhkan untuk mengantisipasinya.

Pada dasarnya, tujuan pelibatan unsur sipil adalah membantu peningkatan kapasitas untuk merumuskan kebijakan (*policy capacity*) di sektor pertahanan negara. Kapasitas perumusan kebijakan dimaknai sebagai kemampuan pemerintah untuk mengidentifikasi kondisi lingkungan sekitar dan merumuskan arah kebijakan yang strategis (Howlett & and Lindquist, 2004). Dalam praktiknya, kepakaran sipil akan meningkatkan kompetensi analitik di tingkat individual, organisasional, dan sistemik melalui akses pengetahuan ilmiah dan teknis dalam perumusan dan penilaian berbagai alternatif kebijakan (Wu et al., 2015).

Penutup

Tren militerisasi yang terjadi dalam beberapa tahun terakhir merupakan puncak gunung es dari masalah transformasi pertahanan di Indonesia. Penempatan militer yang sporadis dan multifungsi di ranah non pertahanan menunjukkan bahwa selama ini kebijakan pertahanan tidak pernah diformulasikan dan dijalankan secara substantif oleh para perumus dan pelaksana kebijakan. Sebagai konsekuensinya, TNI menjadi gamang dalam menentukan arah pembangunan postur kekuatannya. Di sisi lain, politisi sipil saat ini semakin leluasa memanfaatkan institusi TNI untuk misi non pertahanan demi memuaskan kepentingan politik subjektif atau kepentingan institusinya. Sedangkan petinggi TNI pun abai dalam menjaga konsistensi TNI untuk tetap fokus sebagai alat pertahanan negara. Sayangnya, kehadiran UU No. 3 Tahun 2025 tentang Perubahan atas UU No. 34 Tahun 2004 tentang TNI tidak serta-merta menegasikan tren militerisasi tersebut.

Siapa pun pasti setuju bahwa pertahanan negara harus kuat dan teruji. Memang satu-satunya cara untuk menguji kekuatan pertahanan negara adalah peperangan, namun peperangan selalu diposisikan sebagai suatu kondisi ekstrem yang sangat dihindari oleh negara mana pun. Tulisan ini memberi catatan penting bahwa masalah transformasi pertahanan negara di Indonesia perlu segera ditata kembali. Kebutuhan yang paling mendesak saat ini adalah melakukan kaji ulang

strategi pertahanan, membakukan prinsip interoperabilitas antar matra, dan membuka ruang kontribusi yang lebih luas bagi kalangan sipil untuk terlibat dalam perumusan kebijakan pertahanan. Tentunya, ketiga usulan tersebut bukanlah resep mujarab sekali jadi untuk mengatasi macetnya transformasi pertahanan saat ini. Meskipun demikian, ketiga usulan di atas dapat menjadi pintu masuk bagi para pemangku kepentingan di sektor pertahanan untuk memperteguh komitmen dan aksi nyata dalam menciptakan kekuatan pertahanan negara yang lebih kokoh dan mampu menghadirkan rasa aman bagi seluruh masyarakat Indonesia.

Daftar Pustaka

- Agüero, F. (1995). Democratic Consolidation and the Military in Southern Europe and South America. Dalam N. Diamondourous & H. J. Puhle (Ed.), *The Politics of Democratic Consolidation: Southern Europe in Comparative Perspective* (hlm. 124–165). The John Hopkins University Press.
- Antara. (2016, Desember 12). *Oknum TNI intimidasi petani proyek cetak sawah (TNI personnel intimidated farmers in the opening of new rice fields project)*. <https://makassar.antaranews.com/berita/79245/oknum-tni-intimidasi-petani-proyek-cetak-sawah>
- Antara. (2024, November 25). *Komisi I DPR rapat dengan Menhan-TNI bahas program dan Pilkada*. Antara News. <https://www.antaranews.com/berita/4489953/komisi-i-dpr-rapat-dengan-menhan-tni-bahas-program-dan-pilkada>
- Araf, A., Aliabbas, A., Adiputra, A. M., Aprilia, A. Y., Mengko, D. M., Budiawan, E., Mabururi, G., Ahmad, H., & Sujono, S. (2020). *Peran Internal Militer: Problem Tugas Perbantuan TNI* (2nd ed.). Imparsial.
- Araf, A., & Mengko, D. M. (2016). Reformasi Militer dan Problematika Operasi Militer selain Perang (Military Reform and the Problem of MOOTW). Dalam B. Sukadis & M. Dato (Ed.), *Almanak Reformasi Sektor Keamanan Indonesia 2015* (hlm. 125–138). Lesperssi.
- BBC Indonesia. (2023, Maret 15). *Food estate: Perkebunan singkong mangkrak, ribuan hektare sawah tak kunjung panen di Kalteng*. <https://www.bbc.com/indonesia/articles/c2ez8gm679qo>
- Binnendijk, H. (2002). Introduction. Dalam H. Binnendijk (Ed.), *Transforming America's Military* (hlm. xvii–xxxi). National Defense University Press.

- Brooks, R. A. (2007). Introduction: The Impact of Culture, Society, Institutions, and International Forces on Military Effectiveness. Dalam R. A. Brooks & E. A. Stanley (Ed.), *Creating Military Power: The Sources of Military Effectiveness* (hlm. 1–26). Stanford University Press.
- Bruneau, T. C., & Croissant, A. (2019). Civil-Military Relations: Why Control Is Not Enough. Dalam T. C. Bruneau & A. Croissant (Ed.), *Civil-Military Relations: Control and Effectiveness Across Regimes* (hlm. 1–18). Lynne Rienner Publishers.
- Cohen, E. A. (1996). A Revolution in Warfare. *Foreign Affairs*, 37–54.
- Croissant, A. (2015). Southeast Asian Militaries in the Stage of Democratization: From Ruler to Servant. Dalam W. Case (Ed.), *Routledge Handbook of Southeast Asia Democratization* (hlm. 314–332). Routledge.
- Croissant, A., Kuehn, D., Lorenz, P., & Chambers, P. W. (2013). *Democratization and civilian control in Asia*. Palgrave Macmillan.
- Croissant, A., & Kuehn, D. (2017). Reforming Civil-Military Relations in New Democracies. Dalam *Reforming Civil-Military Relations in New Democracies*. Springer VS. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-53189-2>
- Detiknews. (2014, January 1). *Struktur Baru Kogabwilhan Segera Diputuskan Presiden (New joint-regional command structure will be decided by President soon)*. Detiknews. <https://news.detik.com/berita/d-2469989/struktur-baru-kogabwilhan-segera-diputuskan-presiden->
- Detiknews. (2021, April 7). *Kemenhan Targetkan Rekrut 25 Ribu Warga Jadi Komcad Tahun Ini*. Detiknews. <https://news.detik.com/berita/d-5522928/kemenhan-targetkan-rekrut-25-ribu-warga-jadi-komcad-tahun-ini>.

- Detiknews. (2023, November 2). *Dahnil soal Food Estate: Yang Dikerjakan Prabowo Cadangan Logistik Strategis*. Detiknews. <https://news.detik.com/berita/d-7015278/dahnil-soal-food-estate-yang-dikerjakan-prabowo-cadangan-logistik-strategis>.
- Farrell, T., Terriff, T., & Osinga, F. (2010). *A Transformation Gap?: American Innovations and European Military Change*. Stanford University Press.
- Finlan, A., Anna, D., & and Lundqvist, S. (2021). Critically engaging the concept of joint operations: origins, reflexivity and the case of Sweden. *Defence Studies*, 21(3), 356–374. <https://doi.org/10.1080/14702436.2021.1932476>
- Gray, C. S. (2002). *Strategy for Chaos Revolutions in Military Affairs and the Evidence of History*. Frank Cass Publishers.
- Gray, C. S. (2006). Technology as a Dynamic of Defence Transformation. *Defence Studies*, 6(1), 26–51. <https://doi.org/10.1080/14702430600838461>
- Gunawan, A. B. (2022). *Under the Shadow of Army Domination: Defense Transformation in Indonesia* [Doctoral Dissertation, Heidelberg University]. <https://archiv.ub.uni-heidelberg.de/volltextserver/32141/>
- Haripin, M., Priamarizki, A., & Nugroho, S. S. (2023). Quasi-civilian defence minister and civilian authority: The case study of Indonesia’s Ministry of Defence during Joko Widodo’s presidency. *Asian Journal of Comparative Politics*, 8(1), 164–183. <https://doi.org/10.1177/20578911221141016>
- Hochmüller, Markus, Solar, Carlos, & Pérez Ricart, Carlos A. (2024). Militarism and Militarization in Latin America: Introduction to the Special Issue. *Alternatives*, 49(4), 209–216. <https://doi.org/10.1177/03043754241237648>

- Høiback, H. (2016). The Anatomy of Doctrine and Ways to Keep It Fit. *Journal of Strategic Studies*, 39(2), 185–197. <https://doi.org/10.1080/01402390.2015.1115037>
- Holmberg, A., & Alvinus, A. (2019). How pressure for change challenge military organizational characteristics. *Defence Studies*, 19(2), 130–148. <https://doi.org/10.1080/14702436.2019.1575698>
- Howlett, M., & Lindquist, E. (2004). Policy Analysis and Governance: Analytical and Policy Styles in Canada. *Journal of Comparative Policy Analysis: Research and Practice*, 6(3), 225–249. <https://doi.org/10.1080/1387698042000305194>
- Imparsial. (2022, Mei 19). *Darurat Militerisasi Sipil: Telaah Kritis Pembentukan Komponen Cadangan Melalui UU No. 23 Tahun 2019 Tentang PSDN*. Imparsial. <https://imparsial.org/darurat-militerisasi-sipil-telaah-kritis-pembentukan-komponen-cadangan-melalui-uu-no-23-tahun-2019-tentang-psdn/>
- IPAC. (2015). *The Expanding Role of the Indonesian Military*. http://file.understandingconflict.org/file/2015/05/IPAC_19_Expanding_Role_of_TNI.pdf
- Kingsbury, D. (2003). Power Politics and the Indonesian Military. Dalam *Power Politics and the Indonesian Military*. RoutledgeCurzon. <https://doi.org/10.4324/9780203987582>
- Kompas. (2012). *Batalkan Pembelian Tank Leopard (Cancel Leopard Tank acquisition)*. 21.01.2012. <https://nasional.kompas.com/read/2012/01/21/03440455/Batalkan.Pembelian.Tank.Leopard..>
- Kompas. (2014a). *103 Tank Leopard Bakal Disebar di 5 Wilayah (103 Leopard tanks will be deployed in 5 regions)*. 31.03.2014. <https://nasional.kompas.com/read/2014/03/31/2114523/103.Tank.Leopard.Bakal.Disebar.di.5.Wilayah.>

- Kompas. (2014b). *SBY Marah Ada Pihak yang Menarik Dukungan Jenderal Aktif* (Yudhoyono angry to some groupsthat attract active general support). 02.06.2014. <https://nasional.kompas.com/read/2014/06/02/1223571/SBY.Marah.Ada.Pihak.yang.Menarik.Dukungan.Jenderal.Aktif>.
- Kompas. (2015, Januari 16). Bantu Sosialisasi Pertanian, Babinsa Masuk Sawah (Assisting in agricultural socialization, Babinsa enters the rice fields). *KOMPAS daily*. <http://nasional.kompas.com/read/2015/01/16/09142831/Bantu.Sosialisasi.Pertanian.Babinsa.Masuk.Sawah>
- Kompas. (2023, Agustus 28). *Kenangan Pahit Embargo AS yang “Lumpuhkan” Alutsista TNI AU*. Kompas. <https://nasional.kompas.com/read/2023/08/28/19071041/kenangan-pahit-embargo-as-yang-lumpuhkan-alutsista-tni-au>.
- Kompas. (2024, Oktober 1). *Anggaran Pertahanan Meningkat, DPR Baru Diminta Pastikan “Optimum Essential Forces” Dipenuhi*. Kompas. <https://nasional.kompas.com/read/2024/10/01/16463781/anggaran-pertahanan-meningkat-dpr-baru-diminta-pastikan-optimum-essential>.
- Kompas. (2025, April 17). *500 Batalyon Pembangunan Bakal Dibentuk, Kemenhan: Tidak Dalam Waktu Singkat*. Kompas.com. <https://nasional.kompas.com/read/2025/04/17/14101821/500-batalyon-pembangunan-bakal-dibentuk-kemenhan-tidak-dalam-waktu-singkat>
- Krepinevich, A. F. (1994a). Cavalry to Computer: The Pattern of Military Revolutions. *The National Interest*, 37, 30–42. <http://www.jstor.org/stable/42896863>
- Krepinevich, A. F. (1994b). Keeping Pace with the Military-Technological Revolution. *Issues in Science and Technology*, 10(4), 23–29. <http://www.jstor.org/stable/43312704>

- Kuehn, D., & Levy, Y. (2021). Militarization: The Missing Link Between Threats and Civilian Control. Dalam D. Kuehn & Y. Levy (Ed.), *Mobilizing Force: Linking Security Threats, Militarization, and Civilian Control* (1 ed.). Lynne Rienner Publishers.
- Laksmana, E. (2010). Dari ‘Reformasi Militer’ Menuju ‘Transformasi Pertahanan’: Tantangan dan Prospek ke Depan (From Military Reform to Defense Transformation: Prospects and Challenges Ahead). *Indonesian Review*, 1, 1–12.
- Laksmana, E. (2024). Retail path-dependence: Indonesia’s post-authoritarian defence planning. Dalam T. Sweijs, S. , Van Genugten, & F. Osinga (Ed.), *Defence Planning for Small and Middle Powers, Rethinking Force Development in an Age of Disruption (forthcoming)*. Routledge.
- Laksmana, E., & Taufika, R. (2020). *How “militarized” is Indonesia’s COVID-19 management? Preliminary assessment and findings*. <https://csis.or.id/publication/how-militarized-is-indonesias-covid-19-management-preliminary-assessment-and-findings/>
- Levy, Y. (2024). *Research Handbook on Civil–Military Relations* (hlm. 298–313). Edward Elgar Publishing. <https://doi.org/10.4337/9781800889842.00033>
- Lockyer, A. (2013). The Logic of Interoperability: Australia’s Acquisition of the F-35 Joint Strike Fighter. *International Journal*, 68(1), 71–91. <https://doi.org/10.1177/002070201306800106>
- Lowy Institute. (2024). *Lowy Institute Asia Power Index 2024*. <https://power.lowyinstitute.org/countries/indonesia/>
- MacFarling, I. (1996). *The Dual Function of the Indonesian Armed Forces Military Politics in Indonesia*. Australian Defence Studies Center.
- Media Indonesia. (2016). *Kasus Leopard Diminta Jangan Terulang (The Leopard case must not be happened again)*. 24.02.2016.

<https://mediaindonesia.com/politik-dan-hukum/30478/kasus-leopard-diminta-jangan-terulang>

- Mengko, D. M. (2015). Problematika Tugas Perbantuan TNI (Problems of TNI's Assistance Role). *Keamanan Nasional*, 1(175–195).
- Mietzner, M. (2006). *The politics of military reform in post-suharto Indonesia: Elite conflict, nationalism and institutional resistance*. East-West Center.
- Moon, T., Suzanne, F., & and Reynolds, H. (2008). The What, Why, When and How of Interoperability. *Defense & Security Analysis*, 24(1), 5–17. <https://doi.org/10.1080/14751790801903178>
- Pion-Berlin, D. (2016). *Military Missions in Democratic Latin America*. Palgrave Macmillan.
- Posen, B. (1984). *The sources of military doctrine*. Cornell University Press.
- Pramodhawardani, J. (2012, Februari 9). Why Should The Leopard Tanks Purchase Be Rejected? *The Jakarta Post*, 6.
- Rinakit, S. (2005). *Indonesian military after the new order*. ISEAS.
- Snider, D. M. (2003). Jointness, Defense Transformation, and the Need for a New Joint Warfare Profession. *Parameters*, 33(3), 7–30.
- Stulberg, A. N., & Salomone, M. D. (2007). *Managing Defense Transformation Agency, Culture and Service Change*. Ashgate.
- Tempo. (2012). *DPR Tolak Tank Leopard (DPR rejects Leopard Tank)*. 11.01.2012. <https://nasional.tempo.co/read/376774/dpr-tolak-tank-leopard/full&view=ok>
- Tempo. (2019, Januari 31). *Banyak Perwira Menganggur, Panglima TNI Menunggu Revisi UU TNI*. Tempo News. <https://www.tempo.co/politik/banyak-perwira-menganggur-panglima-tni-menunggu-revisi-uu-tni-774879>

- Tempo. (2021, Juni 5). *Kereta cepat senjata Prabowo*. Tempo. <https://www.tempo.co/politik/cara-prabowo-mengadakan-alutsista-berbiaya-tinggi-848940>
- Tempo. (2022, November 2). *Temuan BPK Soal Anggaran Komcad Kemenhan, Jokowi: Itu Selalu Ada di Kementerian*. Tempo. <https://www.tempo.co/politik/temuan-bpk-soal-anggaran-komcad-kemenhan-jokowi-itu-selalu-ada-di-kementerian-263571>
- Tempo. (2025a, Januari 1). *Tiga Tugas TNI untuk Siapkan Program Makan Bergizi Gratis*. Tempo. <https://www.tempo.co/politik/tiga-tugas-tni-untuk-siapkan-program-makan-bergizi-gratis-1188589>
- Tempo. (2025b, Maret 3). *Panglima Agus Subiyanto Pernah Sebut Multifungsi TNI, Anggota Komisi I DPR: Ngawur Itu*. <https://www.tempo.co/politik/panglima-agus-subiyanto-pernah-sebut-multifungsi-tni-anggota-komisi-i-dpr-ngawur-itu-1214558>
- Tribunnews. (2012). *Menhan: Pembelian Tank Leopard Ajuan TNI AD (Minister of defense: Leopard Tank acquisition is Army's proposal)*. 20.01.2012. <https://www.tribunnews.com/nasional/2012/01/20/menhan-pembelian-tank-leopard-ajuan-tni-ad>.
- Weber, M. (1919). *Politik als Beruf* (M. Weber, Ed.). Duncker & Humblodt.
- Weiner, S. K. (2022). Managing the Military. Dalam *The Joint Chiefs of Staff and Civil-Military Relations*. Columbia University Press. <https://doi.org/doi:10.7312/wein20734>
- Widjajanto, A. (2010). Evolusi Doktrin Pertahanan Indonesia, 1945-1998 (The Evolution of Indonesia's Defense Doctrine, 1945-1998). *Prisma*, 1(1).
- Wu, X., Ramesh, M., & Howlett, M. (2015). Policy capacity: A conceptual framework for understanding policy competences

and capabilities. *Policy and Society*, 34(3–4), 165–171.
<https://doi.org/10.1016/j.polsoc.2015.09.001>

Menyikapi Mitos Kecantikan dan *Beauty Privilege* Era Digital di Indonesia

Dessy Kania

Pendahuluan

Kecantikan telah lama diakui sebagai atribut yang berpotensi membuka gerbang menuju berbagai kesempatan sosial dan ekonomi dalam lanskap masyarakat kontemporer, suatu fenomena yang secara akademis dikenal sebagai *beauty privilege* (Archer & Rodriguez, 2022). Artinya, individu yang dinilai lebih menarik secara fisik cenderung mendapatkan perlakuan yang lebih baik, mulai dari kesempatan kerja, interaksi sosial, hingga bahkan hasil keputusan perkara yang menguntungkan dirinya dalam sistem peradilan (Fadhilah *et al.*, 2023). Survei ZAP Beauty Indeks 2024 membuktikan bahwa 96.2% perempuan Indonesia memercayai *beauty privilege* sangat berpengaruh dalam kehidupan mereka (Arief, 2024).

Fenomena *beauty privilege* memang tidak muncul begitu saja, melainkan berakar kuat pada konsep *halo effect*. Konsep ini menjelaskan mengapa individu cenderung membentuk kesan positif secara menyeluruh terhadap seseorang hanya karena mereka memiliki satu atribut yang dianggap positif, dalam hal ini, penampilan fisik yang menarik (Insan, 2023). Akibatnya, standar kecantikan yang berlaku menjadi sangat berpengaruh di kalangan mayoritas perempuan di Indonesia. Peta jalan seolah harus dibentangkan untuk mencapai standar kecantikan, dengan harapan akan membuka pintu keberuntungan dan kesempatan yang lebih luas.

Namun, isu *beauty privilege* ini membawa serta dampak negatif yang signifikan dari berbagai sudut pandang. Studi yang dilakukan oleh Pramudito *et al.* (2022) menunjukkan bahwa individu yang dianggap kurang menarik secara fisik cenderung diperlakukan kurang manusiawi atau diremehkan. Perlakuan ini sering kali menyebabkan mereka merasa direndahkan dan dihakimi, bahkan dapat berujung pada

masalah kesehatan mental seperti kecemasan hingga depresi. Ironisnya, meskipun sering diasosiasikan dengan kehidupan yang serba mudah dan bergelimang pujian, individu yang memiliki *beauty privilege* pun tidak luput dari kerentanan emosional. Seperti yang disoroti oleh Wilmanda & Hariyanti (2025), mereka kerap merasa tertekan untuk terus mempertahankan penampilannya agar sesuai dengan standar dan ekspektasi masyarakat. Tekanan semacam ini tidak jarang memicu kecemasan, sifat perfeksionis, serta stres yang mendalam terkait proses penuaan dan perubahan fisik yang tak terhindarkan.

Di tengah kerumitan itu, kehadiran media sosial, terutama platform video pendek seperti Instagram, telah mengubah secara mendasar bagaimana kecantikan didefinisikan, dipromosikan, dan diterima oleh masyarakat. Instagram, dengan sistemnya yang mengutamakan konten visual menarik dan viral, menjadi sarana yang sangat kuat untuk menyebarkan mitos kecantikan baru (Tanaya, 2024). Masalah yang saat ini dihadapi masyarakat, terutama perempuan muda, adalah tekanan yang semakin besar untuk menyesuaikan diri dengan gambaran kecantikan yang dilambungkan ke atas oleh kuasa media sosial. Perbandingan sosial ke atas, yaitu membandingkan diri dengan figur yang lebih baik seperti *influencer* atau teman sebaya yang tampak sempurna di dunia maya, dapat secara signifikan merusak citra tubuh dan harga diri (Rahmadhani *et al.*, 2024).

Fenomena tersebut diperparah dengan munculnya berbagai tren kecantikan instan yang diperoleh melalui prosedur estetika yang makin mudah diakses. Tercipta narasi bahwa kecantikan adalah sesuatu yang diperoleh melalui pembelian dan intervensi, bukan lagi anugerah alami. Konsumen didorong untuk terus-menerus menginvestasikan waktu, uang, dan energi untuk memperbaiki kekurangan fisik mereka demi mendapatkan *beauty privilege* yang dijanjikan. Namun di balik cerita bahwa kecantikan bisa diusahakan, tersimpan dilema etis dan psikologis. Sampai sejauh mana pengejaran kecantikan ini benar-benar memberdayakan, dan sejauh mana justru menjadi perangkap konsumerisme serta penyebab stres mental? Apakah kemampuan untuk "mengusahakan" kecantikan berarti bahwa mereka yang tidak

mampu atau tidak memilih untuk melakukannya pantas mendapatkan perlakuan yang kurang baik?

Di sini akan diungkap bagaimana mitos kecantikan berkembang dan tersebar di era digital, bagaimana *beauty privilege* dibentuk dan dipahami dalam konteks dinamika antara aspek kecantikan “*born with*” (lahir natural) dan “*earned*” (diusahakan), dan sikap antisipatif seperti apa yang perlu ditanamkan untuk menangkal dampak negatif mitos kecantikan di era digital. Tiga akun Instagram *influencer* terkemuka dipilih untuk maksud pengungkapan itu karena mewakili keragaman industri kecantikan di Indonesia. Tujuannya untuk memberikan pemahaman yang menyeluruh tentang tantangan yang saat ini dihadapi masyarakat terhadap pengarah dunia kecantikan digital yang makin rumit dan penuh dengan ekspektasi, serta memberikan rekomendasi sikap yang tepat terhadapnya.

Mitos Kecantikan dan *Beauty Privilege* di Era Digital

Akar masalah dari penyebaran luas mitos kecantikan dapat ditelusuri dari dua perspektif, yaitu perspektif struktural dan perspektif psikologis. Dari perspektif struktural, algoritma media sosial memegang peranan yang sangat penting. Algoritma media sosial dirancang untuk memaksimalkan keterlibatan pengguna yang sering kali berarti memprioritaskan konten yang menarik secara visual dan mampu memicu emosi kuat, termasuk kekaguman atau rasa iri (Armalita & Helmi, 2018). Konten kecantikan yang menampilkan transformasi drastis, promosi produk yang diklaim ajaib, atau gaya hidup yang glamor, memiliki kecenderungan tinggi untuk menjadi viral. Sedangkan viralitas menimbulkan gelembung informasi (*filter bubble*), di mana pengguna secara berulang-ulang terpapar standar kecantikan yang seragam dan seringkali telah dimanipulasi (Purwati & Widaningsih, 2025). Akibatnya, siklus umpan balik positif terbentuk, yaitu semakin sering seseorang terpapar idealisasi kecantikan, semakin kuat dorongan untuk melakukan perbandingan sosial yang pada akhirnya memotivasi konsumsi konten serupa secara berkelanjutan.

Sedangkan dari perspektif psikologis, teori perbandingan sosial yang dikemukakan oleh Festinger (1954) memberikan penjelasan

mengapa paparan citra kecantikan ideal di media sosial memiliki dampak yang begitu besar. Berhubung individu secara alami cenderung membandingkan diri mereka dengan orang lain, maka ketika perbandingan didominasi oleh citra yang tidak realistis, perbandingan itu dapat secara serius merusak harga diri dan memicu ketidakpuasan terhadap tubuh sendiri (Setiawati, 2020). Selanjutnya, kapitalisme kosmetik gencar mengeksploitasi kerentanan psikologis tersebut (Rahmah, 2020). Industri kosmetik secara aktif mempromosikan gagasan bahwa kecantikan adalah komoditas yang dapat dibeli dan bahwa setiap kekurangan fisik adalah masalah yang dapat diperbaiki dengan membeli produk atau menjalani prosedur layanan tertentu.

Pada konteks pemasaran kosmetik, *influencer* berfungsi sebagai jembatan antara industri kosmetik dan konsumen. *Influencer* berusaha mempersonalisasi dan melegitimasi narasi bahwa kecantikan adalah sesuatu yang dapat diperoleh melalui konsumsi. Bahkan bukan hanya tentang membeli produk semata, melainkan juga tentang cara kerja kecantikan sebagai sebuah investasi besar dalam bentuk waktu, uang, dan upaya emosional untuk mencapai serta mempertahankan penampilan tertentu (Alamri, 2023). Pada akhirnya, investor kecantikan dengan semua kerja kerasnya cenderung membenarkan *beauty privilege* sebagai sesuatu yang layak didapatkan karena usaha yang telah dicurahkan.

Media sosial, melalui penggunaan filter, proses pengeditan, dan pemilihan sudut pandang yang strategis, menciptakan kecantikan ideal yang sayangnya tidak mencerminkan realitas fisik (Putri, 2024). Hal ini secara langsung mendorong munculnya dismorfia citra tubuh dan penetapan tujuan kecantikan yang sulit untuk dicapai. Para *influencer* sering kali menyajikan tubuh mereka sebagai suatu investasi yang terus-menerus ditingkatkan. Akibatnya, batas antara identitas pribadi dan merek dagang menjadi kabur (Rohma, 2024). Jadi, tubuh dianggap sebagai modal yang dapat dimonetisasi. Fenomena investasi kecantikan itu secara tidak langsung mendorong orang lain untuk melakukan hal yang sama. Paparan konten *influencer* yang terus-menerus dapat memicu perbandingan sosial yang merugikan, kecemasan sosial, depresi, dan bahkan gangguan makan di kalangan

audiens muda (Rohma, 2024). Keadaan seperti itu merupakan dampak serius media sosial terhadap kesehatan mental.

Untuk mendalami proses bagaimana ragam mitos kecantikan serta *beauty privilege* dibangun dan dipahami, terutama dalam kaitannya dengan aspek kecantikan "*born with*" (lahir natural) dan "*earned*" (diusahakan), konten dari tiga akun *influencer* Instagram akan dianalisis. Fokus analisisnya adalah melihat bagaimana masing-masing *influencer* menyajikan kecantikan, apakah lebih memosisikannya sebagai kecantikan yang secara natural lahir ("*born with*") atau kecantikan yang diusahakan ("*earned*"), serta melihat bagaimana pola interaksi yang dibangun dengan audiensnya.

Mitos Kecantikan Glamor dan Eksklusif yang Bisa dan Berhasil Dikonstruksi

Akun Instagram *influencer* Tasya Farasya (@tasyafarasya) dipilih untuk merepresentasikan mitos kecantikan glamor dan eksklusif yang bisa dan berhasil dikonstruksi. Tasya Farasya adalah salah satu *influencer* kecantikan terkemuka di Indonesia yang dikenal dengan citra glamor, ulasan produk yang mendalam, dan gaya personalnya yang mewah. Kontennya secara konsisten menampilkan standar kecantikan yang tinggi, seringkali diasosiasikan dengan kemewahan dan kesempurnaan. Di sini akan digali tiga karakteristik utama bagaimana Tasya membangun narasi mitos kecantikan dan *beauty privilege* melalui pendekatan yang eksklusif, serta bagaimana hal ini berkontribusi pada gagasan bahwa kecantikan adalah sesuatu yang diusahakan melalui dana yang dikeluarkan dan keahlian.

Karakteristik pertama kecantikan konstruktif yaitu *high quality video production*. Foto dan video Tasya Farasya di Instagram memiliki kualitas produksi yang sangat tinggi. Ini meliputi pencahayaan studio yang sempurna, penggunaan kamera resolusi tinggi, dan *editing* video yang mulus. Cahaya yang ideal mampu menyamarkan tekstur kulit, menonjolkan fitur wajah tertentu, dan menciptakan aura *shinning* yang sulit dicapai dalam kondisi nyata sehari-hari. Hal ini secara jitu menciptakan ilusi kesempurnaan visual yang menjauhkan kesan realitas yang mungkin dihadapi banyak orang pada umumnya. Selain itu, pada konten *cosplay* Cleopatra di Gambar 1 berikut ini, Tasya

Farasya diketahui menghabiskan waktu selama tujuh (7) jam untuk merapikan dandanannya, selang waktu yang sangat panjang untuk ukuran kebanyakan orang dalam berdandan. Hasil yang fantastis dan tampak sempurna tentunya membutuhkan pengorbanan biaya dan waktu yang tidak sedikit.



Gambar 1. Konten Kecantikan yang Mahal (Eksklusif)
(Sumber: Instagram @tasyafarasya)

Dalam kolom komentar akun tersebut, netizen menyambut positif dan antusias terhadap ‘keniatan’ Tasya Farasya dalam mengeksekusi konten tersebut. Bahkan karena sangat mirip dengan figur Cleopatra asli, ada *netizen* yakni @jihanputri yang menyampaikan “Cleopatra yang asli juara 2 kalo lomba mirip cleopatra.” Sementara banyak netizen lain berkomentar tentang *makeup*-nya yang sangat rapi, seperti diungkapkan oleh @dokfira “Kok bisa serapih itu *makeup*nya?” Hal ini membuktikan bahwa Tasya Farasya berusaha sangat maksimal dalam kontennya untuk mendapatkan *engagement* melalui *skill makeup* dan wajah cantik yang ia miliki.

Karakteristik kedua kecantikan konstruktif adalah tren kecantikan kulit yang *flawless*. Meskipun tidak selalu eksplisit, ada kemungkinan penggunaan filter atau efek *soft-focus* yang memperlhalus tekstur kulit, mencerahkan area tertentu, atau

memberikan efek *glowing*. Penggunaan filter ini, meski terlihat natural, secara halus berkontribusi pada standar kecantikan yang tidak realistis karena meminimalkan ketidaksempurnaan alami. Dampaknya, audiens terpapar *image* yang selalu sempurna tanpa menyadari campur tangan digital di baliknya. Gambar 2 berikut ini menunjukkan kulit *flawless* Tasya Farasya yang sedang mengenakan *makeup* dengan *vibes* gadis muda Korea.



Gambar 2. Kulit Tasya Farasya yang Tampil Sempurna
(Sumber: Instagram @tasyafarasya)

Tasya memang dikenal dengan kemampuannya dalam mengaplikasikan riasan dengan sangat presisi dan detail. Setiap lapisan *makeup* tampak sempurna, dari *base* yang mulus hingga detail mata dan bibir. Pada Gambar 2 tersebut, ia mengenakan pakaian Korea dan berdandan natural selayaknya artis-artis Korea. Tanpa disadari konten-konten seperti itu akan memicu pemikiran alam bawah sadar perempuan Indonesia untuk terobsesi memiliki kulit *flawless* dan cantik agar terlihat ‘pantas’ berdandan ala Korea seperti yang di-*posting* Tasya Farasya. Padahal kulit perempuan Indonesia dan Korea memiliki warna alami yang berbeda. Selain itu, wajar juga bagi perempuan mana pun memiliki jerawat dan ketidaksempurnaan pada wajah. Tetapi konten atraktif kulit *flawless* Tasya justru membuat

banyak perempuan berlomba-lomba melakukan segala cara untuk tampil putih bahkan sampai menggunakan metode ilegal seperti suntik putih di salon tidak berlisensi.

Karakteristik ketiga kecantikan konstruktif adalah penekanan pada *makeup bold* dan produk mewah. Gambar 3 berikut ini menunjukkan simbolisme kecantikan mewah ala Tasya dengan *makeup bold*-nya. Tasya secara konsisten mengulas dan merekomendasikan produk kosmetik dari merek internasional yang mewah. Ia tidak ragu menampilkan koleksi produknya yang premium dan mahal.



Gambar 3. *Makeup Bold* Simbolisme Kecantikan Mewah
(Sumber: Instagram @tasyafarasya)

Tampilan Tasya seperti di atas seolah-olah mau menanamkan gagasan bahwa untuk mendapatkan kecantikan berkualitas atau untuk mencapai level *beauty privilege* tertentu, seseorang membutuhkan investasi keuangan yang sangat besar. Strategi ini secara langsung mendukung kapitalisme kosmetik, di mana nilai kecantikan dikaitkan erat dengan harga dan eksklusivitas produk. Audiens didorong untuk percaya bahwa produk mahal adalah kunci untuk menjadi lebih cantik. Meskipun tidak menutup kemungkinan bahwa Tasya kadang-kadang juga merekomendasikan beberapa produk lokal dengan harga terjangkau.

Mitos Kecantikan Alami dengan Gaya Hidup Sehat dan Berorientasi pada Kehangatan Keluarga

Akun Instagram Tyna Dwi Jayanti (@tynadwijayanti) menampilkan pendekatan kecantikan yang berbeda dari *influencer* pada umumnya. Ia dikenal dengan konten yang menonjolkan kecantikan alami atau riasan yang sangat natural, momen kebersamaan keluarga, serta aktivitas sehari-hari seperti memasak dan olahraga. Citranya yang sederhana dan bumi menawarkan perspektif menarik tentang bagaimana *beauty privilege* dipahami, bukan sebagai sesuatu yang harus diperoleh secara drastis, tetapi sebagai hasil dari perawatan diri yang konsisten dan gaya hidup seimbang. Ada tiga karakteristik utama juga yang bisa digali dari mitos kecantikan alami seperti ini.

Karakteristik pertama mitos kecantikan alami yaitu dominasi wajah natural atau *makeup* minimalis. Sebagian besar konten Tyna Dwi Jayanti, sebagaimana misalnya tampilan Gambar 4 menunjukkan dirinya dengan wajah tanpa riasan atau hanya dengan *makeup* yang sangat tipis dan natural.

Tampilan Gambar 4. seolah menekankan bahwa kecantikan sejati berasal dari diri sendiri dan tidak memerlukan usaha berlebih. Pendekatan Tyna secara tidak langsung menantang mitos kecantikan yang mengagungkan kesempurnaan palsu dengan justru menunjukkan perayaan kondisi kulit asli dan fitur wajah apa adanya. Tentunya ia juga menekankan pentingnya *skincare* agar wajar terawat. Pada salah satu videonya, Tyna menyebutkan bahwa *skincare* itu harusnya dipilih sesuai jenis kulit kita masing-masing, bukan berdasarkan tren. Ini membuktikan bahwa Tyna adalah *influencer* yang memiliki kesadaran diri tinggi dan berintegritas sehingga membuatnya unik dan tidak tergiur fenomena *Fear of Missing Out (FOMO)* berbagai jenis tren kecantikan. Kecantikan kemudian dipahami sebagai hasil dari perawatan jangka panjang, bukan proses instan.



Gambar 4. Kecantikan Natural Tyna Dwi Jayanti
(Sumber: Instagram @tynadwijayanti)

Karakteristik kedua mitos kecantikan alami adalah promosi kecantikan melalui gaya hidup sehat. Tyna sering membagikan momen dirinya menyiapkan makanan sehat dan berolahraga, sebagaimana ditunjukkannya pada Gambar 5 ketika ia menjalankan rutinitas olahraga.



Gambar 5. Tampilan Gaya Hidup Sehat Tyna
(Sumber: Instagram @tynadwijayanti)

Tyna rajin mengomunikasikan bahwa tubuh yang sehat dan bugar adalah bagian penting dari kecantikan. Kecantikan dalam konten Tyna diartikan sebagai hasil dari kedisiplinan dan usaha terus-menerus dalam menjaga kesehatan fisik melalui gaya hidup, bukan sekadar *makeup* dan kulit yang *flawless*. Banyak *netizen* memuji kecantikan perempuan yang usianya sudah tidak muda ini. Bahkan beberapa dari mereka menyampaikan bahwa Tyna imut, lucu, dan sangat cantik. Sebagaimana @exielvina menulis “tercantik selapangan”, kemudian @sararobert menuliskan “cuteeee.”, dan @geraldldawinona menyampaikan “Gemeasss.” Ini menunjukkan bahwa respon positif terhadap konten kecantikan bisa bersumber dari hal yang bisa diusahakan melalui olahraga dan gaya hidup sehat.

Karakteristik ketiga mitos kecantikan alami adalah pentingnya memprioritaskan kebersamaan keluarga. Banyak konten Tyna yang menampilkan momen kebersamaan dengan keluarga, termasuk memasak atau kegiatan sehari-hari yang sederhana, sebagaimana tampilan konten yang termuat di Gambar 6 berikut ini.



Gambar 6. Konten Memasak Tyna dan Kebersamaan Keluarga
(Sumber: Instagram @tynadwijayanti)

Tampilan di atas menunjukkan bahwa nilai-nilai kebersamaan dan kebahagiaan personal juga berkontribusi pada aura positif yang memancar dari dirinya, membentuk kecantikan yang ia miliki. Hal ini mengimplikasikan bahwa kesejahteraan emosional dan hubungan harmonis adalah bagian dari definisi kecantikan yang menyeluruh, di mana kecantikan melampaui aspek fisik semata.

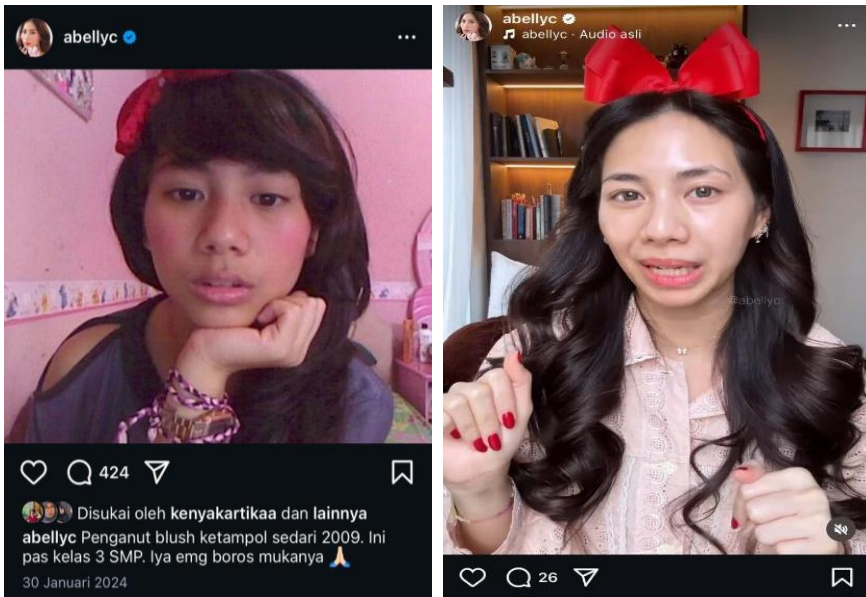
Pada Gambar 6 di atas, terlihat Tyna sedang memeluk erat anaknya. Suasana yang tampak di foto terasa hangat dan penuh kasih sayang. Momen seperti itu menunjukkan kepada pengikutnya bahwa kecantikan itu bukan hanya soal rupa, tetapi juga tentang pesona yang muncul dari rasa bahagia, hubungan yang akrab, dan kualitas hidup seseorang. Artinya, keuntungan yang diperoleh dari kecantikan (*beauty privilege*) tidak hanya bergantung pada penampilan fisik luar. Lebih dari itu, sumber kecantikan berasal dari kondisi emosional yang baik, hubungan antar manusia yang harmonis, dan kuatnya nilai-nilai keluarga. Ketika Tyna menampilkan momen-momen pribadi seperti itu, ia memperluas arti kecantikan bagi audiens. Fokusnya bergeser dari sekadar penampilan fisik ke arah kecantikan yang menyeluruh dan natural. Kecantikan diusahakan melalui perhatian pada diri sendiri (*self love*) dan orang-orang tersayang.

Mitos Kecantikan Autentik dengan Keahlian Makeup untuk Membangun Identitas Diri

Abel Cantika (@abellyc) hadir di platform Instagram dengan pendekatan yang berani dan berbeda dalam mendefinisikan kecantikan. Ia dikenal luas karena kontennya yang autentik, fokus pada rekomendasi *makeup* dan *skincare* sesuai jenis kulit, serta keberaniannya untuk tampil apa adanya (*tanpa makeup*). Abel secara eksplisit menunjukkan bahwa *beauty privilege* tidak selalu harus tentang kesempurnaan bawaan atau transformasi drastis, melainkan tentang keahlian, kepercayaan diri, dan penerimaan diri (*self acceptance*). Tiga karakteristik utama juga bisa digali dari mitos kecantikan autentik ini.

Karakteristik pertama mitos kecantikan autentik yaitu penerimaan diri. Abel Cantika menampilkan kecantikan sebagai sesuatu yang autentik, dapat diakses, dan berasal dari penerimaan

diri, bahkan dengan fitur yang mungkin tidak sesuai standar umum. Abel sering kali menunjukkan wajah tanpa riasan atau kulit dengan tekstur alami. Bahkan, ia pernah membagikan foto masa remajanya yang menunjukkan perubahan wajar pada wajahnya seiring waktu demi penegasan bahwa ia tidak melakukan operasi plastik (oplas) untuk mengubah bentuk wajahnya. Kontennya kontras tajam dengan narasi perubahan instan dan menantang yang terkandung dalam mitos kecantikan yang mengagungkan kesempurnaan bedah. Pendekatan Abel memperkuat gagasan bahwa *beauty privilege* bisa didapat dari keberanian untuk menjadi diri sendiri. Gambar 7 di bawah ini menunjukkan sikap terus terang Abel dan wajah orisinalnya di dalam konten akun Instagramnya.



Gambar 7. Konten Sikap Terus Terang dan Wajah Orisinal Abel
(Sumber: Instagram @abellyc)

Memang salah satu keunikan Abel adalah keberaniannya untuk tidak mengubah bentuk hidungnya, padahal fitur bentuk hidung sering kali menjadi target utama prosedur estetika untuk mencapai standar kecantikan hidung mancung (hidung kecil dan tinggi). Ia justru menonjolkan fitur-fitur wajahnya sendiri seperti apa adanya dan

menunjukkan bagaimana *makeup* dapat digunakan untuk mempercantik tanpa harus mengubah struktur alami. Abel secara intens mengomunikasikan bahwa *beauty privilege* dapat diciptakan melalui definisi diri dan kepercayaan diri, bukan semata-mata kepatuhan pada standar umum. Perempuan harus bisa mendefinisikan standar kecantikan mereka sendiri.

Karakteristik kedua mitos kecantikan autentik adalah keahlian *makeup* yang dapat dipelajari. Melalui tutorialnya, Abel menunjukkan bahwa keterampilan *makeup* dapat dipelajari siapa saja, tanpa memedulikan fitur bawaan pada dirinya. Ia sering membagikan teknik-teknik *makeup* yang praktis dan dapat diaplikasikan. Pendekatan Abel mendekonstruksi mitos kecantikan yang berlandaskan pada kepercayaan bahwa hanya orang tertentu yang bisa terlihat cantik dengan *makeup* tebalnya. Abel justru memberdayakan audiens untuk menguasai alatnya dan mempraktikkan keahlian *makeup* mereka sendiri. Bagi Abel, *makeup* sangat berguna untuk mempercantik dan menjadi diri sendiri. Konten Abel menegaskan aspek diusahakan ("earned") dari *beauty privilege*. Gambar 8 berikut ini menunjukkan konten bagaimana Abel mempromosikan keterampilan *makeup*.



Gambar 8. Konten Makeup Abel Cantika
(Sumber: Instagram @abellyc)

Karakteristik ketiga mitos kecantikan autentik adalah fokusnya pada produk harga yang terjangkau. Konten Abel Cantika sering menyoroti banyaknya produk terjangkau untuk kalangan menengah, sehingga mengonstruksi pemikiran bahwa ‘cantik tidak harus mahal’. Asalkan perempuan memahami jenis kulit mereka, *shade*, dan tipe *makeup* yang cocok bagi diri mereka, semua perempuan bisa tampil cantik. Konten-konten Abel memperkuat anggapan bahwa kecantikan bisa diusahakan, namun usaha untuk mencapai kecantikan tidak selalu harus mahal dan cepat. Bagi Abel, fungsi *skincare* adalah menjaga kulit bukan memutihkannya, memoles wajah bukan mengubahnya secara drastis. Gambar 9 berikut ini menunjukkan berbagai produk *makeup* yang dipromosikan Abel Cantika.



Gambar 9. Produk-Produk *Make Up*
(Sumber: Instagram @abellyc)

Sikap Antisipatif yang Tepat Bagi Pihak yang Terdampak Langsung

Pihak yang terdampak langsung adalah mereka yang paling rentan terhadap tekanan standar kecantikan yang disebarakan melalui media sosial, seperti misalnya perempuan muda, individu dengan isu citra tubuh, atau siapa pun yang merasa dirinya dinilai berdasarkan

penampilan. Tiga sikap antisipatif yang tepat bagi mereka yang terdampak langsung adalah fokus pada pemberdayaan diri, penguatan kesehatan mental, dan peningkatan kemampuan berpikir kritis. Masing-masing sikap antisipatif diorientasikan pada tujuan tertentu, diwujudkan dalam tindakan tertentu, dan diharapkan memberi dampak positif tertentu.

Sikap antisipatif pertama, fokus pada pemberdayaan diri, ditujukan pada peningkatan kemampuan untuk menganalisis media dan konten kecantikan. Apa yang bisa dilakukan untuk mencapai tujuan ini adalah misalnya membuat iklan layanan masyarakat atau pelatihan yang mengajarkan remaja dan dewasa muda cara menilai secara cermat konten kecantikan di Instagram dan media sosial lainnya, termasuk mengenali filter, editan, dan bahkan *artificial intelligence* (AI). Dampak positif yang diharapkan: orang akan menjadi penonton media yang lebih bijak, tidak mudah terpengaruh gambaran kecantikan yang tidak nyata. Mereka akan lebih menerima diri, sementara pandangannya sendiri akan lebih sesuai dengan kenyataan.

Sikap antisipatif kedua, penguatan kesehatan mental, diorientasikan pada pembangunan kekuatan mental dan penerimaan diri. Apa yang bisa dilakukan untuk mewujudkannya adalah mengadakan *digital campaign* dan menyediakan akses ke sumber daya kesehatan mental gratis yang bertujuan untuk meningkatkan rasa percaya diri tanpa harus bergantung pada penampilan fisik. Selain itu juga melatih sikap mengasihi diri sendiri, misalnya lewat seminar *online* atau sesi konseling. Dampak positif yang diharapkan: orang akan belajar menerima dan menghargai diri sendiri seutuhnya, termasuk kekurangan fisik yang mungkin dimilikinya. Mereka akan menjadi lebih kuat secara mental dalam menghadapi kritik atau tekanan pada penampilannya, sehingga mengurangi risiko masalah kesehatan mental.

Sikap antisipatif ketiga, peningkatan kemampuan berpikir kritis, ditujukan untuk mendorong keragaman dan penerimaan berbagai jenis kecantikan. Apa yang bisa dilakukan untuk mewujudkannya adalah mendukung gerakan yang merayakan beragam bentuk tubuh, warna kulit, bentuk wajah, dan jenis kecantikan lain yang kurang terlihat di media. Ini bisa dilakukan melalui konten positif di media sosial atau

kerja sama dengan komunitas yang mendorong penerimaan tubuh. Dampak positif yang diharapkan: orang akan merasa lebih diakui dan diterima, sehingga mengurangi perasaan terasing karena tidak sesuai standar kecantikan yang sempit. Keragaman makna kecantikan akan menumbuhkan rasa memiliki kecantikannya sendiri dan memperluas definisi cantik bagi semua orang.

Sikap Antisipatif yang Tepat Bagi Pihak yang Tidak Terdampak Langsung

Kelompok ini mencakup *influencer*, platform media sosial, orang tua, pendidik, perumus kebijakan, dan masyarakat umum yang secara tidak langsung berkontribusi atau terpengaruh oleh dinamika *beauty privilege*. Tiga sikap antisipatif yang tepat bagi mereka yang tidak terdampak langsung adalah fokus pada perubahan sistemik, peningkatan etika, dan pembentukan lingkungan yang lebih sehat. Masing-masing sikap antisipatif bagi pihak-pihak yang tidak terdampak langsung juga diorientasikan pada tujuan tertentu, diwujudkan dalam tindakan tertentu, dan diharapkan memberi dampak positif tertentu.

Sikap antisipatif pertama, fokus pada perubahan sistemik, diorientasikan pada komitmen untuk bertanggungjawab bagi platform media sosial. Apa yang bisa dilakukan untuk mewujudkannya adalah merekomendasikan Instagram dan platform media sosial lainnya untuk lebih terbuka tentang cara kerja algoritmanya, terutama terkait konten kecantikan. Kemudian, mendesak mereka untuk lebih sering menampilkan konten yang beragam, mendukung kesehatan mental, dan *body positivity*. Selain itu, meminta mereka untuk mempertimbangkan fitur *label* otomatis pada konten yang banyak memakai filter atau editan. Dampak positif yang diharapkan adalah kondisi di mana lingkungan media sosial akan lebih sehat dan ramah bagi semua. Pengguna lebih sering melihat berbagai jenis kecantikan yang nyata, mengurangi dampak "*filter bubble*" yang membuat standar kecantikan menjadi sempit dan terbatas.

Sikap antisipatif kedua, peningkatan etika, ditujukan pada edukasi etika bagi *influencer* dan industri kecantikan. Apa yang bisa dilakukan untuk mewujudkannya adalah mendorong *influencer* dan merek kecantikan untuk punya kode etik yang menekankan kejujuran

sepenuhnya (transparansi filter, editan, dan sponsor), serta menganjurkan *influencer* untuk lebih sering menunjukkan realitas di balik layar dan berbicara tentang penerimaan diri. Dampak positif yang diharapkan adalah kondisi di mana *influencer* akan lebih bertanggung jawab. Penonton jadi lebih bisa membedakan antara kenyataan dan gambaran yang dibuat-buat dan mengurangi kesalahpahaman. Hal ini akan mendorong *influencer* untuk lebih natural dan autentik, sekaligus mengurangi tekanan pada diri mereka sendiri.

Sikap antisipatif ketiga, pembentukan lingkungan yang lebih sehat, ditujukan pada peningkatan peran orang tua dan pendidik dalam membentuk citra diri. Apa yang bisa dilakukan untuk mewujudkannya adalah menyediakan dukungan dan pelatihan praktis bagi orang tua dan guru tentang cara mendampingi anak-anak dan remaja saat memakai media sosial. Fokusnya pada membangun citra diri yang sehat sejak dini, mengajari cara berpikir kritis, dan membuka ruang diskusi tentang tekanan kecantikan. Dampak positif yang diharapkan adalah kondisi di mana anak-anak dan remaja akan punya dasar mental yang lebih kuat menghadapi tekanan media sosial. Mereka akan mendapat dukungan dari lingkungan yang memahami tantangan digital, sehingga bisa tumbuh dengan pandangan yang lebih sehat tentang kecantikan dan nilai diri, tidak hanya dari penampilan fisik.

Penutup

Terungkap sudah bahwa *beauty privilege* di Indonesia bukan hanya berasal dari penampilan alami, tetapi juga bisa diperoleh dan diperkuat melalui investasi pada produk kecantikan, perawatan, dan keahlian dalam mempercantik diri. Hal ini terlihat dari konten *influencer* di Instagram seperti Tasya Farasya, Tyna Dwi Jayanti, dan Abel Cantika. Dari analisis yang dilakukan, ditemukan bahwa media sosial secara aktif membentuk dan menyebarkan standar kecantikan yang seringkali tidak nyata. Akibatnya, tercipta tekanan untuk terus menerus berbelanja dan membandingkan diri, meskipun ada *influencer* yang mencoba tampil lebih apa adanya. Oleh karena itu, penting bagi masyarakat untuk lebih kritis dalam memahami konten kecantikan agar tidak mudah terpengaruh begitu saja. Platform media sosial dan para *influencer* juga perlu bertanggung jawab dan

transparan dalam menyajikan konten. Tujuannya adalah menciptakan lingkungan digital yang lebih ramah dan mendukung pandangan diri yang sehat dan positif bagi semua orang.

Daftar Pustaka

- Alamri, S. (2023). Mitos Kecantikan Dalam Iklan (Studi Analisis Dengan Pendekatan Filsafat Kritis) (Doctoral dissertation, Universitas Islam Negeri Datokarama Palu).
- Armalita, R., & Helmi, A. F. (2018). Iri di situs jejaring sosial: Studi tentang teori deservingness. *Jurnal Psikologi*, 45(3), 218. <https://doi.org/10.22146/jpsi.33313>
- Arief, A. F. (2024, Oktober 25). *Mayoritas Perempuan Indonesia Percaya "Beauty Privilege" Sangat Berpengaruh*. Retrieved from GoodStats: <https://data.goodstats.id/statistic/mayoritas-perempuan-indonesia-percaya-beauty-privilege-sangat-berpengaruh-B8CAM>
- Fadhilah, A., Kharisma, D. M., & Asyahidda, F. N. (2023). Analisis fenomena "Beauty privilege" dalam status sosial siswa sekolah menengah Atas:(Studi kasus sekolah menengah atas di kota bandung). *Jurnal Pendidikan Sosiologi Undiksha*, 5(3), 247-253.
- Festinger, L. (1954). A Theory of Social Comparison Processes. *Human Relations*, 7(2), 117-140. <https://doi.org/10.1177/001872675400700202>
- Insan, I. (2023). Pengantar Psikologi Sosial. Zahir Publishing.
- Pramudito, A. A., Kristianto, C., & Ferdinan, A. (2022). Interpretative Phenomenological Analysis tentang Pengalaman Mantan Korban Bullying dalam Menjalani Relasi Sosial. *Jurnal Penelitian Kualitatif Ilmu Perilaku*, 3(4), 102-120.
- Purwati, A., & Widaningsih, T. (2025). Kapitalisme Budaya dan Industri Media: Komodifikasi Konten dan Nilai Sosial di Era Digital. *Journal Scientific of Mandalika (JSM)* e-ISSN 2745-5955| p-ISSN 2809-0543, 6(6), 1692-1710.
- Putri, D. A. R. (2024). Representasi Hak Istimewa Kecantikan Perempuan Dalam Film 200 Pounds Beauty 2023 (Analisis Semiotika Roland Barthes) (Doctoral Dissertation, Universitas Islam Sultan Agung Semarang).

- Rahmah, M. S. (2020). Praktik Kecantikan Perempuan Perkotaan. *Paradigma*, 9(2).
- Ramadhani, Z. N., Kusuma, R. S., Kom, S. I., & Kom, M. I. (2024). Fenomena Insecure Remaja Perempuan dalam Penggunaan Media Sosial Instagram (Doctoral dissertation, Universitas Muhammadiyah Surakarta).
- Rodríguez, P., & Archer, L. (2022). Reproducing privilege through whiteness and beauty: An intersectional analysis of elite Chilean university students' practices. *British Journal of sociology of Education*, 43(5), 804-822.
- Rohma, T. S. (2024). Hubungan antara perbandingan sosial dengan citra tubuh pada mahasiswi Psikologi UIN Malang pengguna instagram (Doctoral dissertation, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim).
- Setiawati, N. A. (2020). Hubungan antara perbandingan sosial dan citra tubuh pada mahasiswa pengguna media sosial Instagram (Doctoral dissertation, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim).
- Tanaya, F. P. (2024). Strategi Pemasaran Digital di Instagram@palugada. streetwear: Sebuah Studi Kualitatif Deskriptif (Doctoral dissertation, Universitas Islam Indonesia).
- Wilmanda, G., & Hariyanti, N. (2025). Shifting Indonesian Beauty Standards on Instagram@cadburylemonade: A Critical Discourse Analysis Study. *Kanal: Jurnal Ilmu Komunikasi*, 13(2), 75-89.

BIOGRAFI PENULIS

Ade Asmi: Dosen di Program Studi Teknik Sipil, Universitas Bakrie.

Adi Budipriyanto: Dosen di Program Studi Teknik Industri, Universitas Bakrie.

Aditya Batara Gunawan: Dosen di Program Studi Ilmu Politik, Universitas Bakrie.

Berkah Iman Santoso : Dosen di Program Studi Informatika, Universitas Bakrie.

Dessy Kania: Dosen di Program Studi Ilmu Komunikasi, Universitas Bakrie.

Dimas Aryo Anggoro: Dosen di Program Studi Teknik Informatika, Universitas Bakrie.

Dita Nurmadewi: Dosen di Program Studi Sistem Informasi, Universitas Bakrie.

Gunardi Endro (Editor): Dosen di Program Studi Magister Manajemen dan Program Studi Manajemen, Universitas Bakrie.

Guson Prasamuarso Kuntarto: Dosen di Program Studi Informatika, Universitas Bakrie.

Hendry Noer Fadlillah: Dosen di Program Studi Ilmu dan Teknologi Pangan, Universitas Bakrie.

Irwan Prasetya Gunawan (Editor): Dosen di Program Studi Informatika, Universitas Bakrie.

Kun Nasython: Dosen di Program Studi Teknik Lingkungan, Universitas Bakrie.

M. Candra Nugraha Deni: Dosen di Program Studi Teknik Lingkungan, Universitas Bakrie.

Mochammad Kresna Noer: Dosen di Program Studi Magister Ilmu Komunikasi.

Nurul Asiah (Editor): Dosen di Program Studi Ilmu dan Teknologi Pangan, Universitas Bakrie.

Ovalia Rukmana: Dosen di Program Studi Magister Manajemen, Universitas Bakrie.

Yudha Kurniawan: Dosen di Program Studi Ilmu Politik, Universitas Bakrie.

Buku ini menyajikan pemikiran lintas disiplin dari sivitas akademika Universitas Bakrie dalam menjawab tantangan dan peluang transformasi Indonesia menuju masa depan berkelanjutan.

Melalui tujuh belas bab, buku ini mengulas isu strategis seperti digitalisasi layanan publik, ekonomi sirkular, pemberdayaan UMKM, kesehatan, transisi energi, hingga reformasi budaya dan tata kelola. Dengan pendekatan holistik, buku ini menekankan pentingnya integrasi teknologi, lingkungan, ekonomi, sosial, dan budaya dalam pembangunan nasional.

Berbagai gagasan yang ditawarkan menunjukkan bahwa transformasi Indonesia harus melibatkan perubahan struktural sekaligus kultural, serta dilandasi pemikiran kritis, kolaborasi lintas sektor, dan komitmen jangka panjang demi menciptakan masa depan yang adil, tangguh, dan berkelanjutan.