

12



ARSITEKTUR KETAHANAN NASIONAL DI ERA *CYBER SECURITY* DAN AI

Dimas Aryo Anggoro, S.Kom., M.Sc.
Ir. Iwan Adhicandra, S.T., M.Sc., Ph.D., SMIEEE.

Cyber Security dan Masa Depan Digital Indonesia

Visi Indonesia Emas 2045 merupakan sebuah gagasan besar yang menggema di seluruh penjuru tanah air sebagai cita-cita kolektif bangsa Indonesia dalam menyongsong satu abad kemerdekaannya. Konsep ini bukan sekadar angka simbolik, melainkan sebuah komitmen historis untuk menjadikan Indonesia sebagai negara maju yang berdaulat, adil, makmur, dan berdaya saing tinggi di kancah global. Impian besar ini menuntut kerja keras dan kolaborasi dari seluruh elemen bangsa, termasuk dunia pendidikan, teknologi, industri, pemerintahan, dan masyarakat sipil.

Dalam memaknai visi Indonesia Emas 2045, setiap bidang keilmuan menawarkan perspektif yang unik dan kontribusi yang tak tergantikan. Dari sudut pandang keamanan siber dan kecerdasan buatan (AI), visi ini memuat makna yang sangat strategis. Dunia tengah bergerak menuju era hiper-digitalisasi, di mana informasi menjadi aset utama dan serangan siber menjadi ancaman nyata bagi kedaulatan suatu bangsa. Indonesia tidak dapat berpangku tangan menghadapi kenyataan ini. Pembangunan bangsa ke depan harus mengintegrasikan transformasi digital secara menyeluruh dengan perlindungan siber yang kokoh.

Indonesia Emas 2045 berarti Indonesia yang tidak hanya mampu mengejar pertumbuhan ekonomi tinggi, tetapi juga mampu menjaga kedaulatan data, melindungi infrastruktur digital kritis, serta menciptakan inovasi berbasis AI yang etis dan bertanggung jawab. Keamanan siber tidak lagi dapat dipisahkan dari narasi pembangunan nasional. Ia menjadi fondasi utama untuk menjaga stabilitas sosial, keberlanjutan ekonomi, dan integritas sistem pemerintahan di era digital.

Dari kacamata keilmuan keamanan siber, elemen paling krusial dalam mewujudkan Indonesia sebagai negara maju pada tahun 2045 adalah kesiapan membangun ketahanan digital nasional. Ini melibatkan beberapa aspek strategis: membangun kapasitas sumber daya manusia yang andal di bidang *cybersecurity*, memperkuat regulasi yang adaptif terhadap perkembangan teknologi, mendorong inovasi lokal di bidang keamanan informasi, serta menciptakan budaya masyarakat yang sadar akan pentingnya keamanan data pribadi.

Tanpa SDM yang melek digital dan berdaya saing global, upaya digitalisasi nasional akan mudah rapuh dan rentan dieksploitasi oleh berbagai ancaman eksternal maupun internal. Oleh karena itu, pendidikan berbasis teknologi harus menjadi tulang punggung dalam strategi pembangunan SDM. Literasi keamanan siber harus ditanamkan sejak dini, mulai dari pendidikan dasar hingga pendidikan tinggi, sehingga setiap warga negara memiliki kesadaran kritis dalam menggunakan teknologi secara aman dan bertanggung jawab.

Apakah visi Indonesia Emas 2045 realistis untuk dicapai mengingat kondisi Indonesia saat ini? Jawaban atas pertanyaan ini tidak sederhana. Di

satu sisi, Indonesia memiliki modal besar berupa bonus demografi, sumber daya alam yang melimpah, posisi geografis yang strategis, serta potensi ekonomi digital yang terus bertumbuh. Di sisi lain, tantangan struktural masih mengintai: ketimpangan pendidikan, kesenjangan infrastruktur digital antarwilayah, rendahnya investasi dalam riset dan inovasi, serta lemahnya kesadaran masyarakat terhadap keamanan digital.

Namun, dengan pendekatan yang tepat dan komitmen nasional yang kuat, kami yakin visi ini tetap realistis untuk dicapai. Indonesia memiliki banyak talenta muda yang berbakat di bidang teknologi informasi dan keamanan siber. Generasi muda ini perlu diberikan ruang yang lebih luas untuk berkembang, melalui investasi dalam pendidikan berkualitas, akses terhadap teknologi terbaru, serta dukungan terhadap riset dan inovasi.

Dalam menghadapi tantangan global, Indonesia juga perlu membangun kolaborasi strategis dengan negara lain, baik dalam pertukaran ilmu pengetahuan, pengembangan teknologi bersama, maupun dalam membentuk norma internasional tentang keamanan siber dan etika penggunaan AI. Keikutsertaan aktif Indonesia dalam forum-forum internasional seperti ASEAN Cybersecurity Cooperation Strategy, Global Forum on Cyber Expertise, dan United Nations Group of Governmental Experts on Cybersecurity akan memperkuat posisi Indonesia dalam percaturan dunia.

Memaknai Indonesia Emas 2045 berarti juga menyadari bahwa era yang akan kita hadapi adalah era di mana data dan algoritma akan mengendalikan hampir seluruh aspek kehidupan manusia. Pendidikan, kesehatan, industri, pertanian, pertahanan, dan bahkan budaya akan terdigitalisasi. Oleh karena itu, Indonesia harus menjadi subjek aktif dalam membentuk masa depan digitalnya, bukan sekadar menjadi objek dari gelombang globalisasi teknologi.

Di tengah arus globalisasi dan revolusi industri keempat, transformasi digital bukan lagi sekadar pilihan, melainkan keniscayaan bagi semua negara, termasuk Indonesia. Namun, dalam proses transformasi ini, penting bagi Indonesia untuk tidak kehilangan nilai-nilai dasar kebangsaannya. Inilah salah satu makna terdalam dari visi Indonesia Emas 2045: membangun kemajuan berbasis teknologi tanpa kehilangan jati diri sebagai bangsa yang beradab, berdaulat, dan berkeadilan sosial.

Dari perspektif keamanan siber, salah satu tantangan besar yang harus diantisipasi adalah ancaman terhadap kedaulatan digital nasional. Dalam era di mana data menjadi sumber kekayaan baru, perlindungan data strategis, privasi warga negara, dan infrastruktur kritis digital harus menjadi prioritas nasional. Keamanan siber bukan sekadar urusan teknis para insinyur TI; ia adalah bagian integral dari pertahanan nasional yang menyangkut keamanan politik, ekonomi, sosial, dan budaya bangsa.

Dalam kaitannya dengan kecerdasan buatan, Indonesia perlu mengembangkan kebijakan nasional yang mengarahkan pengembangan AI ke jalur yang etis dan berpihak kepada kemanusiaan. AI bukan hanya tentang kecanggihan teknologi, tetapi juga tentang bagaimana teknologi tersebut digunakan untuk meningkatkan kualitas hidup masyarakat, memperkuat keadilan sosial, serta memperkaya kebudayaan bangsa. Regulasi AI di Indonesia harus mampu mengantisipasi risiko diskriminasi algoritmik, penyalahgunaan data, serta ancaman terhadap hak asasi manusia.

Sebagai bagian dari upaya konkret menuju visi 2045, Indonesia perlu membangun pusat-pusat riset unggulan di bidang *cybersecurity* dan AI. Pusat-pusat ini harus menjadi ruang kolaborasi antara akademisi, praktisi industri, pemerintah, dan masyarakat. Mereka harus didukung oleh ekosistem pendanaan riset yang memadai, insentif untuk inovasi, serta kerangka regulasi yang mendukung eksperimen teknologi secara aman dan bertanggung jawab.

Lebih jauh lagi, pembangunan ekosistem inovasi tidak boleh hanya terkonsentrasi di kota-kota besar seperti Jakarta, Bandung, atau Surabaya. Pemerataan akses terhadap teknologi dan pendidikan digital harus menjadi agenda utama. Daerah-daerah di luar Jawa harus mendapatkan prioritas dalam pembangunan infrastruktur digital, pelatihan tenaga kerja digital, dan pembukaan pusat-pusat inovasi lokal. Hanya dengan pemerataan seperti inilah, bonus demografi Indonesia dapat benar-benar menjadi kekuatan besar yang menggerakkan seluruh bangsa menuju kemajuan bersama.

Penting untuk disadari bahwa mewujudkan Indonesia Emas 2045 juga membutuhkan budaya nasional yang mendukung inovasi. Kita harus membangun masyarakat yang menghargai ilmu pengetahuan, terbuka terhadap perubahan, toleran terhadap kegagalan inovasi, dan berani mengambil risiko untuk mencoba hal-hal baru. Tanpa budaya inovasi, seluruh investasi dalam infrastruktur dan pendidikan tidak akan cukup menghasilkan bangsa yang unggul di era persaingan global.

Dalam konteks ini, peran pemimpin nasional sangatlah vital. Pemimpin Indonesia di era transformasi digital harus memiliki literasi teknologi yang tinggi, memahami dinamika global, dan memiliki komitmen kuat untuk menjaga nilai-nilai Pancasila dalam setiap kebijakan yang diambil. Mereka harus mampu mengarahkan perkembangan teknologi untuk kepentingan rakyat banyak, bukan hanya untuk segelintir elite. Mereka juga harus mampu membangun solidaritas nasional di tengah ancaman fragmentasi sosial akibat perkembangan teknologi digital yang cepat dan tak selalu terkendali.

Sebagai refleksi akhir dari makna visi Indonesia Emas 2045 dari perspektif keamanan siber dan kecerdasan buatan, kami ingin menekankan bahwa perjalanan menuju 2045 bukanlah perjalanan yang mudah, tetapi juga bukan sesuatu yang mustahil. Dengan strategi yang tepat, investasi pada SDM berkualitas, pengembangan inovasi teknologi berbasis nilai

kemanusiaan, serta penguatan ketahanan digital nasional, Indonesia memiliki peluang nyata untuk menjadi salah satu kekuatan besar dunia di abad ke-21.

Visi ini mengajarkan kita bahwa kemajuan sejati bukan hanya diukur dari angka pertumbuhan ekonomi atau kecanggihan teknologi semata, melainkan dari sejauh mana kemajuan itu mampu membawa kesejahteraan yang merata, memperkokoh keadilan sosial, serta memperkuat kedaulatan bangsa di tengah dunia yang semakin saling terkoneksi.

Indonesia Emas 2045 adalah tentang membangun masa depan yang cerah dengan berpijak pada karakter bangsa yang kokoh, inovasi teknologi yang bijak, dan komitmen nasional yang tak tergoyahkan. Ia adalah panggilan sejarah yang menuntut kita semua—ilmuwan, pendidik, pengusaha, pejabat publik, aktivis, dan rakyat biasa—untuk bersama-sama menulis babak baru kejayaan Indonesia di panggung dunia.

Manajemen Tantangan dan Peluang Keamanan Siber

Dalam perjalanan menuju Indonesia Emas 2045, bangsa ini dihadapkan pada dinamika global yang bergerak semakin cepat dan kompleks. Di satu sisi, terbuka peluang emas untuk melompat ke jajaran negara maju dengan memanfaatkan revolusi teknologi informasi, kecerdasan buatan (AI), dan transformasi digital. Di sisi lain, Indonesia juga menghadapi tantangan serius yang, jika tidak ditangani secara strategis, dapat menjadi batu sandungan besar dalam perjalanan tersebut. Dari sudut pandang keamanan siber dan kecerdasan buatan, tantangan dan peluang ini menjadi semakin krusial, mengingat digitalisasi akan menjadi tulang punggung hampir semua sektor: pendidikan, ekonomi, industri, kesehatan, pertahanan, hingga pemerintahan. Memetakan tantangan dan peluang ini secara cermat merupakan langkah awal yang sangat penting untuk merancang strategi jangka panjang yang berdaya tahan.

Salah satu tantangan terbesar yang dihadapi Indonesia adalah kesenjangan digital nasional. Meskipun penetrasi internet di Indonesia meningkat signifikan dalam satu dekade terakhir, ketimpangan akses digital antarwilayah masih sangat nyata. Wilayah perkotaan seperti Jakarta, Surabaya, dan Bandung menikmati layanan internet berkecepatan tinggi, sementara banyak daerah di Papua, Nusa Tenggara Timur, dan Kalimantan masih tertinggal jauh. Dalam konteks keamanan siber dan pengembangan AI, kesenjangan ini bukan sekadar masalah akses internet, tetapi berdampak langsung pada ketimpangan kemampuan pertahanan digital. Daerah-daerah dengan infrastruktur lemah menjadi lebih rentan terhadap eksploitasi, penyebaran hoaks, penipuan daring, bahkan sabotase digital. Sebagai ilustrasi nyata, di salah satu kabupaten di Sulawesi, jaringan internet publik hanya tersedia di pusat kota kecamatan, sementara desa-desa sekitarnya masih bergantung pada sinyal 2G yang tidak stabil. Dalam kondisi

seperti ini, berbicara tentang pelayanan berbasis AI atau pertahanan dari serangan siber tampak seperti sebuah kemewahan yang sulit diwujudkan.

Tantangan berikutnya adalah rendahnya literasi *cybersecurity* di kalangan masyarakat umum. Survei nasional terbaru menunjukkan bahwa lebih dari 60% pengguna internet di Indonesia tidak memahami dengan baik ancaman seperti *phishing*, *malware*, atau rekayasa sosial. Mereka cenderung menggunakan kata sandi yang lemah, membagikan informasi pribadi secara sembarangan, dan mengunduh aplikasi dari sumber yang tidak terpercaya. Fenomena ini menunjukkan bahwa seiring dengan perluasan digitalisasi, potensi kerentanan justru meningkat. Masyarakat menjadi lebih rentan terhadap pencurian data, penipuan finansial, hingga manipulasi opini publik berbasis bot atau teknologi *deepfake*, yang dapat mengancam stabilitas sosial dan demokrasi.

Selain itu, Indonesia masih sangat bergantung pada teknologi asing, terutama dalam hal perangkat keras dan perangkat lunak keamanan siber, serta algoritma kecerdasan buatan. Ketergantungan ini membawa dua risiko utama. Pertama, risiko kedaulatan data, di mana data strategis bangsa berpotensi tersimpan atau dianalisis di server luar negeri, sehingga membuka kemungkinan kebocoran data sensitif. Kedua, risiko keberadaan “pintu belakang” (*backdoor*) pada perangkat lunak atau perangkat keras, yang dapat dimanfaatkan pihak asing untuk kepentingan politik atau ekonomi. Ketergantungan semacam ini melemahkan posisi tawar Indonesia dalam percaturan global dan memperbesar kerentanan nasional terhadap ancaman eksternal.

Tidak kalah penting, lambannya respons regulasi terhadap perkembangan teknologi juga menjadi tantangan signifikan. Teknologi berkembang dengan sangat cepat, sementara proses legislasi dan pembuatan kebijakan cenderung berjalan lambat dan reaktif. Sebagai contoh, Undang-Undang Perlindungan Data Pribadi (UU PDP) baru disahkan pada tahun 2022 setelah bertahun-tahun pembahasan. Hingga kini, Indonesia masih belum memiliki kerangka hukum yang komprehensif dan adaptif terkait kecerdasan buatan dan keamanan siber. Tanpa regulasi yang progresif, Indonesia berisiko terus menjadi konsumen teknologi asing tanpa memiliki kekuatan inovasi mandiri yang diperlukan untuk bersaing secara global.

Situasi ini menunjukkan bahwa mewujudkan Indonesia Emas 2045 dalam konteks keamanan siber dan AI bukanlah perjalanan yang mudah. Diperlukan kesadaran nasional yang lebih tinggi, investasi besar dalam infrastruktur dan pendidikan digital, serta komitmen politik untuk menciptakan regulasi yang mendukung ekosistem teknologi nasional yang aman, berdaulat, dan berkelanjutan.

Meskipun tantangan yang dihadapi besar dan kompleks, Indonesia juga memiliki peluang strategis yang luar biasa dalam perjalanan menuju visi Indonesia Emas 2045, khususnya di bidang keamanan siber dan

kecerdasan buatan. Revolusi digital global membuka jendela kesempatan bagi negara-negara berkembang untuk melakukan “lompatan katak” dalam bidang teknologi tanpa harus melewati seluruh tahapan perkembangan konvensional. Indonesia, dengan jumlah penduduk terbesar keempat di dunia dan bonus demografi yang akan mencapai puncaknya sebelum tahun 2045, memiliki potensi sumber daya manusia yang besar untuk menjadi motor penggerak transformasi digital nasional.

Salah satu peluang terbesar adalah pemanfaatan kecerdasan buatan dalam meningkatkan efisiensi dan efektivitas pelayanan publik. AI dapat digunakan untuk mempercepat proses administrasi pemerintahan, mengoptimalkan pelayanan kesehatan berbasis data, mengelola lalu lintas kota dengan cerdas, hingga mendukung program ketahanan pangan nasional melalui sistem prediksi berbasis *machine learning*. Dengan memanfaatkan AI secara strategis, Indonesia dapat mempercepat pencapaian target-target pembangunan berkelanjutan (SDGs) sekaligus memperkuat daya saing global.

Di bidang keamanan siber, peluang strategis terletak pada membangun kedaulatan digital nasional melalui pengembangan teknologi lokal. Seiring dengan meningkatnya kesadaran global tentang pentingnya *data sovereignty*, Indonesia memiliki peluang untuk memperkuat industri teknologi dalam negeri, mulai dari pengembangan *firewall* nasional, algoritma AI domestik, hingga sistem cloud lokal yang aman. Dengan demikian, Indonesia tidak hanya menjadi konsumen teknologi, tetapi juga produsen dan inovator di bidang teknologi strategis.

Bonus demografi yang dimiliki Indonesia juga dapat menjadi kekuatan besar jika dikelola dengan baik. Generasi muda Indonesia dikenal adaptif terhadap teknologi baru. Jika diberdayakan melalui pendidikan berbasis digital dan pelatihan keamanan siber, mereka dapat menjadi garda terdepan dalam membangun ketahanan nasional. Berbagai program seperti beasiswa *cybersecurity*, kompetisi AI, dan inkubasi *startup* teknologi dapat menjadi katalisator untuk menciptakan ekosistem inovasi yang produktif.

Untuk menggambarkan potensi peluang ini secara lebih konkret, dapat dicermati perkembangan ekosistem startup teknologi di Indonesia dalam beberapa tahun terakhir. Kota-kota seperti Jakarta, Bandung, Yogyakarta, dan Surabaya telah menjadi pusat pertumbuhan startup di bidang teknologi finansial (*fintech*), *edutech*, dan *healthtech*. Banyak dari startup ini mulai mengadopsi AI untuk meningkatkan layanan mereka. Dengan dukungan regulasi yang progresif dan infrastruktur digital yang merata, ekosistem ini dapat menjadi embrio bagi pengembangan teknologi *cybersecurity*-AI nasional yang berkelanjutan.

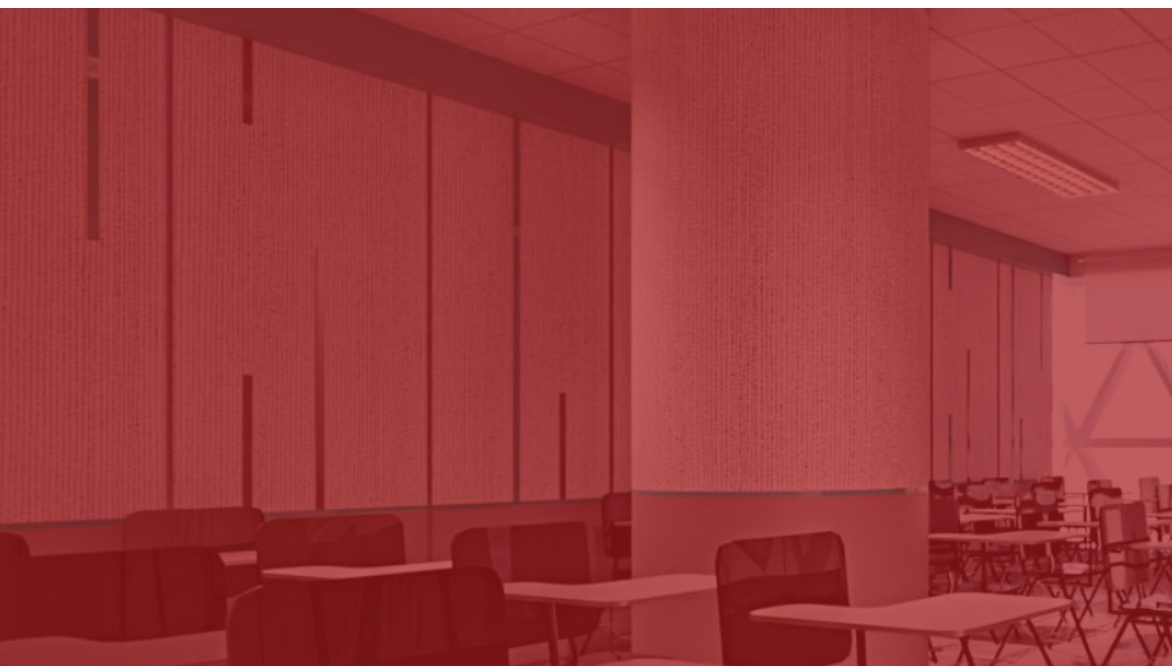
Namun, peluang ini tidak akan otomatis menjadi kenyataan tanpa intervensi strategis. Pemerintah perlu mengambil peran aktif sebagai fasilitator, bukan hanya regulator. Program insentif untuk riset dan pengembangan di bidang *cybersecurity* dan AI harus diperluas. Di sisi lain,

kolaborasi antara dunia akademik, industri, dan pemerintah harus diperkuat untuk menciptakan *triple helix* inovasi yang kokoh. Dalam konteks ini, membangun pusat riset *cybersecurity*-AI nasional yang terintegrasi dengan universitas-universitas ternama di Indonesia menjadi langkah yang sangat penting.

Selain itu, penguatan kerja sama internasional juga menjadi peluang yang tidak boleh dilewatkan. Indonesia dapat belajar dari negara-negara yang telah lebih dahulu mengembangkan ekosistem keamanan siber yang kuat, seperti Estonia, Singapura, dan Korea Selatan. Pertukaran pengetahuan, program pelatihan bersama, dan keterlibatan aktif dalam forum-forum internasional tentang *cybersecurity* dan AI akan memperkaya kapasitas nasional sekaligus memperkuat posisi Indonesia dalam percaturan global.

Melalui kombinasi strategi internal yang kokoh dan diplomasi digital yang cerdas, Indonesia memiliki peluang nyata untuk menjadi salah satu negara terdepan di bidang keamanan siber dan kecerdasan buatan di kawasan Asia Tenggara, bahkan di dunia. Potensi ini, jika dikembangkan secara berkesinambungan, akan menjadi salah satu pilar utama dalam mewujudkan Indonesia Emas 2045.

Untuk memperkaya pemahaman tentang tantangan dan peluang strategis Indonesia dalam bidang keamanan siber dan kecerdasan buatan, ada baiknya kita mengkaji sebuah studi kasus hipotetik yang menggambarkan skenario nyata di masa depan. Bayangkan bahwa pada tahun 2035, Indonesia telah mengimplementasikan sistem nasional berbasis AI untuk mengelola layanan administrasi publik, mulai dari perizinan usaha, layanan kesehatan, hingga distribusi bantuan sosial. Sistem ini diandalkan untuk meningkatkan efisiensi pemerintahan dan mempercepat pelayanan kepada masyarakat.



Namun, pada suatu waktu, kelompok peretas internasional melancarkan serangan siber skala besar ke pusat data nasional. Mereka berhasil menanamkan *malware* canggih yang mengubah *output* algoritma AI, sehingga terjadi kekacauan pada proses verifikasi identitas digital dan distribusi bantuan sosial. Ribuan warga miskin yang seharusnya menerima bantuan justru terblokir sistem, sementara individu yang tidak berhak mendapatkan dana secara ilegal. Dalam hitungan hari, kepercayaan publik terhadap sistem digital nasional anjlok, menyebabkan gelombang keresahan sosial dan krisis politik.

Studi kasus ini, meskipun hipotetik, menunjukkan dengan gamblang bagaimana ketiadaan sistem keamanan siber yang kuat dapat menggagalkan manfaat AI, serta menimbulkan kerugian sosial dan ekonomi yang masif. Ia memperlihatkan pentingnya prinsip "*security by design*," di mana setiap sistem AI harus sejak awal dirancang dengan lapisan-lapisan perlindungan yang memadai, termasuk sistem deteksi anomali, audit algoritma rutin, serta protokol mitigasi serangan siber.

Melihat ancaman tersebut, perlu disusun serangkaian rekomendasi strategis yang dapat memperkuat ketahanan Indonesia dalam bidang *cybersecurity* dan AI menuju 2045. Pertama, perlu dibangun pusat tanggap insiden nasional khusus untuk serangan terhadap sistem berbasis AI. Pusat ini harus berfungsi 24/7, dilengkapi dengan teknologi prediktif berbasis AI untuk mendeteksi pola serangan lebih awal.

Kedua, Indonesia harus mempercepat pembentukan undang-undang khusus mengenai etika dan keamanan penggunaan AI. Undang-undang ini tidak hanya mengatur hak dan kewajiban pengembang AI, tetapi juga menetapkan standar minimal keamanan, audit algoritma, dan perlindungan hak individu dari diskriminasi algoritmik.



Ketiga, diperlukan investasi besar-besaran dalam pendidikan dan pelatihan SDM cybersecurity-AI. Pemerintah perlu menginisiasi program beasiswa nasional bagi mahasiswa di bidang keamanan siber, AI, dan hukum teknologi, serta mendirikan politeknik khusus *cybersecurity* di berbagai provinsi untuk mempercepat penyebaran keahlian di seluruh Indonesia.

Keempat, membangun kerja sama internasional yang lebih kuat dalam isu keamanan digital. Indonesia perlu aktif dalam organisasi internasional seperti Global Forum on Cyber Expertise (GFCE) dan ASEAN Cybersecurity Cooperation Strategy untuk berbagi pengetahuan, mendapatkan akses teknologi terbaru, serta memperkuat standar internasional terkait keamanan AI.

Kelima, memperluas infrastruktur data nasional yang aman, dengan mendorong pembangunan lebih banyak data center domestik, serta mengimplementasikan sistem cloud nasional berbasis enkripsi *end-to-end* untuk memastikan bahwa data strategis bangsa tidak bocor ke pihak asing.

Jika langkah-langkah strategis ini diimplementasikan secara konsisten dan berkesinambungan, Indonesia tidak hanya akan mampu mengatasi tantangan besar yang ada, tetapi juga memanfaatkan peluang emas yang disediakan oleh revolusi digital global. Dengan demikian, Indonesia dapat membangun ekosistem teknologi nasional yang aman, inovatif, dan berdaulat, serta mewujudkan visi besar Indonesia Emas 2045 sebagai negara maju yang berdaulat secara digital.

Pada akhirnya, tantangan dan peluang di bidang keamanan siber dan kecerdasan buatan adalah gambaran kecil dari kompleksitas perjalanan Indonesia menuju masa depan. Dengan tekad, strategi yang matang, serta kolaborasi erat antar semua elemen bangsa, Indonesia memiliki peluang riil untuk tidak hanya bertahan, tetapi memimpin di era digital global yang penuh dinamika ini.

Ilmu Pengetahuan sebagai Instrumen Kedaulatan Digital

Ilmu pengetahuan, riset, dan inovasi adalah fondasi utama dalam membangun masa depan bangsa. Tanpa penguasaan atas pengetahuan dan teknologi, sebuah negara akan selalu berada di posisi ketergantungan terhadap bangsa lain, dan sulit untuk mencapai kemandirian serta daya saing global. Dalam konteks mewujudkan Indonesia Emas 2045, kontribusi ilmu pengetahuan menjadi semakin strategis, mengingat tantangan dunia yang semakin kompleks serta dinamika global yang bergerak dalam kecepatan eksponensial, terutama di bidang teknologi digital, kecerdasan buatan (AI), dan keamanan siber.

Peran ilmu pengetahuan dalam pembangunan tidak hanya terbatas pada menciptakan teknologi baru, tetapi juga pada kemampuan membentuk pola pikir, mengubah budaya kerja, dan menciptakan inovasi

sosial yang dibutuhkan untuk menghadapi era disrupsi. Dalam konteks keamanan siber dan kecerdasan buatan, penguasaan ilmu pengetahuan menjadi kunci untuk menciptakan sistem yang aman, adil, dan berkelanjutan bagi seluruh lapisan masyarakat.

Kontribusi konkret dari bidang keilmuan *cybersecurity* dan AI dalam pembangunan Indonesia masa depan dapat dilihat dari beberapa aspek. Pertama, pengembangan teknologi deteksi dan pencegahan ancaman siber berbasis AI yang adaptif. Teknologi ini mampu mendeteksi serangan siber dalam waktu nyata, mempelajari pola serangan baru, dan melakukan mitigasi otomatis tanpa keterlibatan manusia secara langsung. Dalam ekosistem digital yang semakin luas, teknologi semacam ini sangat penting untuk melindungi sektor-sektor strategis seperti keuangan, kesehatan, transportasi, dan energi.

Kedua, bidang *cybersecurity* berperan penting dalam menciptakan sistem perlindungan data nasional. Dengan semakin banyaknya data pribadi dan data strategis yang diproses secara digital, dibutuhkan kerangka teknologi dan hukum yang kokoh untuk melindungi data tersebut dari penyalahgunaan. Ilmu pengetahuan dalam bidang enkripsi, *blockchain*, dan autentikasi berbasis biometrik menjadi garda terdepan dalam menjaga kedaulatan data nasional.

Selain itu, bidang kecerdasan buatan juga berkontribusi dalam mempercepat pembangunan di berbagai sektor lainnya. AI dapat membantu mempercepat analisis data besar (*big data*) untuk perencanaan kota cerdas (*smart city*), memprediksi kebutuhan infrastruktur berdasarkan pola migrasi penduduk, serta mengoptimalkan sistem irigasi pertanian berbasis prediksi cuaca mikro. Semua aplikasi ini bermuara pada peningkatan efisiensi penggunaan sumber daya nasional, sehingga Indonesia dapat tumbuh lebih cepat dan berkelanjutan.

Contoh konkret kontribusi ilmu pengetahuan di bidang ini dapat dilihat dari berbagai riset yang telah dikembangkan di dalam negeri. Misalnya, tim riset dari salah satu universitas terkemuka di Indonesia berhasil mengembangkan sistem deteksi *malware* berbasis *deep learning* yang mampu mengenali varian baru *malware* dengan tingkat akurasi lebih dari 95%. Teknologi ini, jika diadopsi secara nasional, dapat memperkuat pertahanan siber Indonesia secara signifikan, mengingat tingginya intensitas serangan digital yang dihadapi.

Contoh lain adalah pengembangan model prediksi bencana alam berbasis AI yang dilakukan oleh lembaga riset nasional. Model ini mampu memperkirakan dengan lebih akurat kemungkinan terjadinya gempa bumi atau banjir berdasarkan analisis data historis dan data sensor real-time. Dengan demikian, mitigasi bencana dapat dilakukan lebih cepat dan efektif, menyelamatkan ribuan bahkan jutaan jiwa.

Namun, kontribusi ilmu pengetahuan tidak akan optimal tanpa adanya hubungan yang erat antara riset dan kebijakan publik. Seringkali di Indonesia, hasil riset yang inovatif tidak dimanfaatkan secara maksimal karena tidak adanya jembatan yang kuat antara dunia akademik dan dunia birokrasi. Hal ini perlu diubah. Pemerintah perlu membuka ruang dialog yang lebih luas dengan komunitas ilmuwan dan peneliti, serta menjadikan hasil riset sebagai dasar utama dalam perumusan kebijakan publik, bukan sekadar pelengkap formalitas.

Salah satu cara untuk memperkuat hubungan ini adalah dengan mengadopsi model *evidence-based policymaking* secara sistematis. Dalam model ini, setiap kebijakan baru harus disertai dengan kajian ilmiah yang komprehensif, serta analisis dampak berbasis data. Sebagai contoh, sebelum meluncurkan program nasional terkait penggunaan AI dalam sektor publik, pemerintah harus melakukan pilot project berbasis riset untuk menilai aspek keefektifan, keamanan, etika, dan dampaknya terhadap hak asasi manusia.

Selain itu, pendanaan riset di Indonesia perlu ditingkatkan secara signifikan. Hingga saat ini, rasio anggaran riset terhadap PDB Indonesia masih tergolong rendah dibandingkan dengan negara-negara tetangga seperti Malaysia atau Singapura. Tanpa investasi yang memadai, sulit bagi para ilmuwan dan peneliti untuk menghasilkan inovasi-inovasi yang kompetitif di tingkat global.

Penting pula untuk memperkuat jejaring internasional para peneliti Indonesia. Kolaborasi riset lintas negara tidak hanya memperkaya perspektif keilmuan, tetapi juga membuka akses terhadap teknologi mutakhir dan sumber daya riset yang lebih besar. Indonesia harus aktif mengirimkan delegasi ilmuwan ke forum-forum internasional, mengikuti program pertukaran riset, serta membangun pusat-pusat kolaborasi riset bersama negara-negara maju.

Untuk mengoptimalkan kontribusi ilmu pengetahuan dalam membangun Indonesia Emas 2045, diperlukan serangkaian strategi yang sistematis dan berkelanjutan. Salah satu strategi penting adalah mendorong terciptanya ekosistem riset yang sehat dan produktif. Ekosistem ini mencakup sinergi antara perguruan tinggi, lembaga penelitian, industri, pemerintah, dan masyarakat luas. Di dalam ekosistem ini, perguruan tinggi tidak hanya berfungsi sebagai lembaga penghasil lulusan, tetapi juga sebagai pusat inovasi dan penghasil solusi nyata atas berbagai tantangan nasional.

Penting pula membangun budaya riset yang kuat sejak dini. Pendidikan dasar dan menengah harus mulai memperkenalkan pendekatan berbasis *inquiry (inquiry-based learning)* yang mendorong siswa untuk bertanya, meneliti, dan mencari solusi. Dengan demikian, ketika mereka memasuki perguruan tinggi, semangat untuk melakukan riset bukan lagi menjadi

sesuatu yang asing, melainkan telah menjadi bagian dari karakter akademik mereka.

Strategi lain yang tak kalah penting adalah memperluas dukungan terhadap program-program riset yang bersifat aplikatif dan berdampak langsung bagi masyarakat. Riset-riset di bidang *cybersecurity* dan kecerdasan buatan, misalnya, harus diarahkan tidak hanya pada pengembangan teori, tetapi juga pada solusi konkret yang bisa diterapkan untuk meningkatkan kualitas hidup masyarakat, memperkuat ketahanan nasional, serta meningkatkan daya saing Indonesia di panggung internasional.

Dalam konteks ini, model kolaborasi riset-industri perlu terus dikembangkan. Industri dapat menjadi mitra strategis yang tidak hanya menyediakan dana, tetapi juga menyediakan ruang untuk menguji, mengadopsi, dan mengembangkan hasil-hasil riset. Misalnya, startup teknologi finansial di Indonesia dapat bekerja sama dengan pusat-pusat riset universitas untuk mengembangkan sistem deteksi penipuan berbasis AI yang lebih canggih. Kolaborasi semacam ini tidak hanya mempercepat adopsi inovasi, tetapi juga memperkaya pengalaman riset akademisi dengan tantangan dunia nyata.

Sebagai ilustrasi konkret, kita bisa menengok keberhasilan program "*Indonesia Cyber Security Innovation Program*" yang diluncurkan oleh salah satu universitas teknik terkemuka di Indonesia bekerja sama dengan sebuah BUMN sektor telekomunikasi. Program ini berhasil melahirkan beberapa inovasi penting, seperti sistem *firewall* berbasis AI yang mampu mempelajari pola serangan secara mandiri, serta sistem otentikasi multi-faktor berbasis biometrik yang lebih aman dan cepat. Program ini menjadi bukti nyata bahwa dengan kolaborasi yang baik, riset bisa menghasilkan inovasi yang berdampak langsung terhadap keamanan nasional.

Selain membangun kolaborasi domestik, penting juga memperkuat jejaring internasional dalam bidang riset dan inovasi. Indonesia harus aktif membangun kemitraan dengan pusat-pusat riset terkemuka dunia dalam bidang AI dan *cybersecurity*, seperti MIT, Stanford University, dan ETH Zurich. Kolaborasi ini dapat dilakukan melalui program pertukaran peneliti, *joint research project*, serta publikasi bersama di jurnal-jurnal ilmiah internasional. Melalui jejaring ini, para peneliti Indonesia tidak hanya dapat mengakses pengetahuan dan teknologi terbaru, tetapi juga meningkatkan reputasi ilmiah Indonesia di tingkat global.

Namun demikian, untuk mewujudkan semua itu, dibutuhkan reformasi mendalam dalam sistem pengelolaan riset nasional. Selama ini, salah satu keluhan utama para peneliti di Indonesia adalah birokrasi yang berbelit-belit, pendanaan yang tidak berkelanjutan, serta kurangnya penghargaan terhadap hasil riset. Pemerintah perlu mereformasi mekanisme pendanaan riset agar lebih fleksibel, transparan, dan berbasis meritokrasi. Selain itu, perlu diberikan insentif yang memadai bagi para peneliti yang menghasilkan inovasi dengan dampak tinggi bagi bangsa.

Tidak kalah penting, perlu dibangun sistem penghargaan nasional yang memberikan apresiasi nyata terhadap prestasi riset. Penghargaan ini tidak hanya bersifat simbolis, tetapi juga harus memberikan dampak nyata, misalnya dalam bentuk kemudahan akses pendanaan lanjutan, peluang kolaborasi internasional, atau dukungan untuk mengomersialisasikan hasil riset.

Menghubungkan riset dan kebijakan publik juga menjadi agenda strategis yang tidak boleh diabaikan. Sebagai contoh, pengembangan sistem *cybersecurity* nasional harus melibatkan para akademisi dan pakar riset sejak tahap perencanaan. Setiap kebijakan strategis di bidang teknologi harus berbasis data riset, bukan semata-mata pertimbangan politis jangka pendek. Untuk itu, pemerintah perlu membentuk "*Science Advisory Council*" di setiap kementerian strategis, yang beranggotakan para ilmuwan, insinyur, dan ahli teknologi dari berbagai latar belakang keilmuan.

Sebuah studi kasus menarik dapat diambil dari negara-negara Skandinavia, yang telah menerapkan model "*policy lab*" di mana ilmuwan, pembuat kebijakan, dan praktisi bekerja sama dalam merumuskan solusi berbasis data untuk masalah-masalah sosial dan ekonomi. Model ini terbukti meningkatkan efektivitas kebijakan, mempercepat inovasi, serta mempererat hubungan antara dunia riset dan dunia pemerintahan. Indonesia dapat mengadopsi pendekatan serupa untuk memperkuat sinergi antara ilmu pengetahuan dan kebijakan pembangunan.

Ilmu pengetahuan dan riset adalah kunci emas dalam membuka jalan menuju Indonesia Emas 2045. *Cybersecurity* dan kecerdasan buatan adalah dua bidang strategis di mana Indonesia harus berinvestasi besar-besaran dalam riset dan inovasi. Dengan memperkuat ekosistem riset nasional, membangun kolaborasi domestik dan internasional, mereformasi sistem pendanaan dan penghargaan, serta mengintegrasikan riset dengan kebijakan publik, Indonesia dapat mempercepat transformasi menjadi negara maju yang berdaulat, berdaya saing tinggi, dan berkeadilan sosial di era digital global.

Grand Design Pengembangan SDM Digital Indonesia

Visi Indonesia Emas 2045 tidak akan dapat diwujudkan tanpa kehadiran sumber daya manusia (SDM) yang unggul, cerdas, adaptif, dan berkarakter kuat. Dalam dunia yang bergerak cepat akibat disrupsi teknologi, pembangunan manusia menjadi pilar utama bagi kemajuan bangsa. Pengalaman negara-negara maju menunjukkan bahwa investasi terbesar dan paling berkelanjutan adalah pada kualitas manusia, bukan sekadar pada infrastruktur fisik. Oleh karena itu, strategi membangun SDM unggul dan menciptakan ekosistem pendidikan berkualitas harus menjadi prioritas nasional yang tidak bisa ditawar.

Pembangunan SDM untuk menyongsong 2045 harus berfokus pada tiga pilar utama: kompetensi, karakter, dan kepemimpinan global. Kompetensi

yang dibutuhkan bukan hanya dalam bidang akademik tradisional, tetapi juga pada keterampilan abad ke-21 seperti berpikir kritis, kreatif, kemampuan komunikasi, kolaborasi, serta literasi digital, khususnya dalam keamanan siber dan kecerdasan buatan. Era digital telah mengubah peta kebutuhan keterampilan, sehingga pendidikan nasional harus bertransformasi dari sekadar penguasaan konten menjadi penguasaan keterampilan adaptif yang mampu menghadapi ketidakpastian masa depan.

Dalam konteks ini, penguatan literasi digital menjadi mutlak. Setiap warga negara harus memiliki kemampuan dasar dalam menggunakan teknologi secara cerdas, aman, dan bertanggung jawab. Literasi keamanan siber, misalnya, harus menjadi bagian integral dari kurikulum sejak pendidikan dasar. Anak-anak perlu diajarkan tidak hanya cara menggunakan teknologi, tetapi juga bagaimana menjaga privasi, mengenali ancaman digital, dan membangun perilaku etis di dunia maya. Tanpa literasi ini, generasi masa depan akan menjadi target empuk bagi ancaman siber global yang kian kompleks.

Selain literasi digital, pendidikan nasional juga harus memberikan perhatian besar pada penguasaan bidang kecerdasan buatan. AI akan menjadi teknologi dominan yang membentuk hampir seluruh aspek kehidupan di masa depan, dari industri, kesehatan, pendidikan, hingga pemerintahan. Oleh karena itu, pemahaman dasar tentang konsep AI, algoritma, dan dampaknya terhadap masyarakat harus diperkenalkan sejak bangku sekolah. Generasi Indonesia perlu dipersiapkan bukan hanya sebagai pengguna teknologi, tetapi juga sebagai pencipta, inovator, dan pengendali teknologi masa depan.

Namun, membangun SDM unggul tidak cukup hanya dengan membekali mereka dengan keterampilan teknis. Karakter yang kuat, etika, serta nilai-nilai luhur bangsa harus menjadi fondasi utama dalam pendidikan. Tanpa karakter yang baik, kemajuan teknologi justru dapat menjadi bumerang. Sejarah telah menunjukkan bahwa kemajuan ilmu pengetahuan tanpa landasan moral dapat membawa kehancuran besar. Oleh karena itu, pendidikan karakter, yang menanamkan nilai integritas, kerja keras, empati, gotong royong, dan nasionalisme, harus dijadikan ruh dari seluruh sistem pendidikan nasional.

Salah satu langkah utama untuk menciptakan generasi unggul adalah melakukan reformasi total dalam sistem pendidikan tinggi. Perguruan tinggi harus menjadi pusat inovasi, bukan sekadar institusi penghasil ijazah. Kurikulum harus dirancang fleksibel dan adaptif terhadap perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi. Koneksi antara dunia kampus dan dunia industri harus dipererat, sehingga lulusan perguruan tinggi memiliki pengalaman nyata dan siap kerja di sektor-sektor strategis.

Program magang, proyek riset industri, serta kolaborasi lintas disiplin harus menjadi bagian wajib dari proses pendidikan. Mahasiswa di bidang teknik, misalnya, harus memahami implikasi sosial dan etika dari inovasi

teknologi yang mereka kembangkan. Sebaliknya, mahasiswa di bidang sosial-humaniora perlu dibekali dengan pemahaman tentang teknologi digital agar mampu berkontribusi dalam mengatasi tantangan-tantangan baru di era AI dan *society 5.0*.

Selain memperkuat sisi akademik, pengembangan kepemimpinan global juga harus menjadi perhatian. Indonesia membutuhkan generasi pemimpin yang mampu berpikir global namun tetap berakar kuat pada nilai-nilai keindonesiaan. Oleh karena itu, pendidikan berbasis pengalaman internasional, seperti program pertukaran pelajar, kompetisi riset internasional, serta kolaborasi multikultural, perlu diperluas. Dengan demikian, generasi muda Indonesia tidak hanya siap bersaing di kancah global, tetapi juga mampu menjadi duta nilai-nilai luhur bangsa di dunia internasional.

Namun, membangun SDM unggul di tengah realitas Indonesia saat ini bukanlah tugas yang mudah. Tantangan-tantangan besar mengadang, mulai dari ketimpangan kualitas pendidikan antarwilayah, keterbatasan akses terhadap teknologi modern, hingga rendahnya investasi dalam pengembangan tenaga pendidik. Di berbagai daerah terpencil, masih banyak sekolah yang kekurangan guru, minim fasilitas belajar, dan belum terhubung dengan jaringan internet yang memadai. Dalam kondisi seperti ini, berbicara tentang literasi digital, *cybersecurity*, atau kecerdasan buatan terasa masih jauh dari kenyataan.

Tantangan lainnya adalah rendahnya kesiapan kurikulum nasional dalam menghadapi era disrupsi. Kurikulum yang terlalu kaku, berorientasi hafalan, dan lamban dalam merespons perubahan zaman membuat lulusan pendidikan formal seringkali gagap menghadapi dunia nyata yang dinamis. Padahal, dunia kerja masa depan membutuhkan individu yang mampu belajar mandiri, cepat beradaptasi, serta mampu memecahkan masalah kompleks yang bahkan belum ada hari ini. Ini menuntut pergeseran paradigma pendidikan dari transfer pengetahuan menjadi pengembangan kapasitas berpikir kritis, kreatif, dan kolaboratif.

Selain tantangan internal, ada juga tekanan eksternal berupa globalisasi teknologi yang semakin deras. Teknologi digital, AI, dan otomasi akan mengubah lanskap pekerjaan secara radikal. Sebagian besar pekerjaan rutin akan tergantikan oleh mesin, sementara jenis-jenis pekerjaan baru yang berbasis inovasi akan bermunculan. Tanpa persiapan SDM yang adaptif, Indonesia bisa terjebak dalam krisis pengangguran struktural, di mana jutaan tenaga kerja tidak lagi relevan dengan kebutuhan industri masa depan.

Untuk mengantisipasi hal ini, penguatan ekosistem pendidikan berbasis digital menjadi keharusan. Ekosistem ini harus mencakup infrastruktur teknologi informasi yang merata, platform pembelajaran daring yang berkualitas, serta sistem evaluasi pembelajaran yang lebih fleksibel dan berbasis capaian kompetensi. Pemerintah harus memastikan bahwa setiap

anak Indonesia, di mana pun berada, memiliki akses terhadap pendidikan berbasis teknologi yang setara, tanpa memandang latar belakang sosial atau geografis mereka.

Salah satu studi kasus menarik dalam konteks ini adalah program “*Digital Talent Scholarship*” yang diluncurkan oleh pemerintah. Program ini memberikan pelatihan intensif di bidang kecerdasan buatan, *data science*, *cybersecurity*, dan *cloud computing* kepada ribuan peserta muda dari seluruh Indonesia. Hasilnya, banyak lulusan program ini yang kemudian terserap ke industri digital nasional maupun global. Program semacam ini perlu diperluas skalanya dan dipermanenkan menjadi bagian dari kebijakan strategis nasional dalam menyiapkan tenaga kerja masa depan.

Tidak hanya pemerintah, sektor swasta juga memiliki peran penting dalam membangun ekosistem pendidikan digital. Perusahaan-perusahaan teknologi besar dapat berkolaborasi dengan universitas dan sekolah dalam menyediakan akses ke teknologi terbaru, platform pembelajaran daring, serta program magang atau *mentoring*. Model kemitraan publik-swasta ini terbukti berhasil di berbagai negara seperti India, Korea Selatan, dan Singapura, yang mampu mempercepat transformasi pendidikan nasional mereka.

Untuk mempercepat pembangunan SDM unggul, beberapa strategi operasional dapat diadopsi. Pertama, melakukan audit nasional terhadap kesiapan digital sekolah dan lembaga pendidikan tinggi, untuk kemudian memberikan intervensi berbasis kebutuhan spesifik masing-masing daerah. Kedua, mereformasi kurikulum pendidikan nasional agar lebih dinamis, berbasis proyek, dan menekankan integrasi teknologi digital di semua mata pelajaran. Ketiga, memperbanyak program sertifikasi kompetensi digital yang diakui industri, sehingga lulusan tidak hanya bergantung pada ijazah akademik, tetapi juga memiliki portofolio keterampilan nyata yang dibutuhkan dunia kerja.

Keempat, memperkuat pelatihan bagi tenaga pendidik, terutama dalam penggunaan teknologi untuk pembelajaran aktif dan inovatif. Guru tidak bisa lagi sekadar menjadi penyampai materi, melainkan harus bertransformasi menjadi fasilitator pembelajaran yang mampu membimbing siswa mengeksplorasi dan menciptakan pengetahuan baru. Program pelatihan guru berbasis teknologi, seperti pelatihan *coding*, desain pembelajaran daring, serta literasi keamanan digital, harus digalakkan secara masif dan berkelanjutan.

Kelima, menanamkan nilai-nilai luhur bangsa di setiap jenjang pendidikan, melalui pendekatan yang kontekstual dan relevan dengan zaman. Penguatan pendidikan karakter tidak boleh dilakukan dengan cara indoktrinasi satu arah, melainkan melalui pembiasaan, keteladanan, dan integrasi dalam aktivitas sehari-hari di lingkungan belajar. Dengan demikian, kita tidak hanya melahirkan generasi yang cerdas secara intelektual, tetapi juga kuat secara moral dan berkarakter Indonesia sejati.

Dalam membangun sumber daya manusia unggul, penting untuk menjaga keseimbangan antara kesiapan bersaing di tingkat global dan tetap berakar kuat pada identitas nasional. Globalisasi membawa banyak peluang, namun juga tantangan besar berupa penetrasi budaya asing yang dapat menggerus nilai-nilai lokal jika tidak diimbangi dengan pendidikan karakter yang kuat. Oleh karena itu, Indonesia harus merancang model pendidikan yang tidak hanya menghasilkan individu yang kompetitif secara global, tetapi juga menjunjung tinggi nilai kebangsaan, etika, dan tanggung jawab sosial.

Generasi muda Indonesia perlu dibekali dengan wawasan global melalui penguasaan bahasa asing, pemahaman lintas budaya, serta keterlibatan dalam komunitas internasional. Namun, di saat yang sama, mereka harus dididik untuk memahami sejarah bangsa, mencintai tanah air, serta memiliki tanggung jawab sosial untuk membangun masyarakat Indonesia yang lebih adil, makmur, dan beradab. Pendidikan multikultural yang berbasis pada Pancasila dapat menjadi landasan kuat dalam membentuk generasi global yang tetap memiliki jati diri Indonesia.

Dalam konteks ini, inspirasi dapat diambil dari beberapa negara yang berhasil membangun SDM global tanpa kehilangan identitas nasional mereka. Korea Selatan, misalnya, mampu menginternasionalisasi budaya mereka melalui industri hiburan, teknologi, dan pendidikan, sambil tetap menjaga nilai-nilai tradisional mereka dalam kehidupan sehari-hari. Singapura, negara kecil dengan keberagaman etnis tinggi, berhasil membangun kohesi sosial yang kuat melalui pendidikan berbasis meritokrasi dan nilai kebangsaan. Kedua negara ini menunjukkan bahwa globalisasi dan nasionalisme tidak harus menjadi dua kutub yang bertentangan, melainkan dapat saling memperkaya dan memperkuat satu sama lain.

Belajar dari pengalaman tersebut, Indonesia perlu memperkuat pengajaran tentang budaya, sejarah, dan nilai luhur bangsa dalam kurikulum, sambil tetap membuka ruang seluas-luasnya bagi siswa untuk mengeksplorasi dunia global. Program pertukaran pelajar, kompetisi riset internasional, dan kolaborasi lintas negara harus diperbanyak, namun harus selalu disertai dengan pembinaan karakter nasional yang kokoh.

Strategi lain yang penting adalah membangun pusat-pusat unggulan (*centers of excellence*) di berbagai bidang strategis seperti *cybersecurity*, kecerdasan buatan, energi terbarukan, dan bioteknologi. Pusat-pusat ini tidak hanya menjadi tempat riset dan inovasi, tetapi juga menjadi kawah candradimuka bagi pengembangan SDM unggul yang siap bersaing di tingkat internasional. Pusat-pusat ini harus dibangun di berbagai wilayah Indonesia untuk memastikan pemerataan akses terhadap pendidikan dan riset bermutu, sekaligus mengurangi ketimpangan pembangunan antar daerah.

Tidak kalah penting adalah peran keluarga dan komunitas dalam mendukung pendidikan karakter dan literasi digital. Sekolah tidak bisa

bekerja sendirian. Orang tua harus dilibatkan secara aktif dalam proses pendidikan anak-anak mereka, khususnya dalam mengawasi penggunaan teknologi digital di rumah. Komunitas juga harus menjadi ekosistem pendukung yang membentuk budaya belajar sepanjang hayat, inovasi, dan kolaborasi.

Sebagai langkah operasional, pemerintah dapat mendorong pembentukan "*learning cities*" di berbagai daerah, di mana seluruh komponen masyarakat, mulai dari sekolah, universitas, pusat pelatihan, hingga sektor swasta dan komunitas lokal, bekerja sama membangun budaya belajar dan inovasi. Dengan demikian, pendidikan tidak hanya berlangsung di dalam ruang kelas, tetapi menjadi bagian dari ekosistem kehidupan sehari-hari.

Membangun SDM unggul untuk Indonesia Emas 2045 juga membutuhkan keberanian untuk melakukan transformasi radikal dalam kebijakan pendidikan nasional. Ini berarti meninggalkan pendekatan birokratis yang berorientasi prosedur, menuju pendekatan yang berorientasi hasil dan dampak nyata. Evaluasi keberhasilan pendidikan tidak boleh lagi hanya didasarkan pada kelulusan akademik, tetapi pada seberapa jauh lulusan mampu berkontribusi dalam menyelesaikan masalah nyata di masyarakat dan di dunia global.

Membangun manusia Indonesia yang unggul, berkarakter, dan siap bersaing di tingkat global adalah pekerjaan besar yang membutuhkan visi jauh ke depan, komitmen nasional yang kuat, serta kolaborasi semua pihak. Pendidikan berbasis teknologi, penguatan literasi digital dan *cybersecurity*, penanaman nilai-nilai luhur bangsa, serta pengembangan kepemimpinan global harus berjalan seiring dalam satu strategi besar yang berkelanjutan. Hanya dengan cara itulah Indonesia dapat melahirkan generasi emas yang mampu mengantarkan bangsa ini menjadi salah satu kekuatan besar dunia pada tahun 2045.

Arsitektur Pembangunan Digital dan Ketahanan Digital

Menyongsong tahun 2045, satu abad sejak kemerdekaannya, Indonesia berdiri di persimpangan jalan sejarah. Di hadapannya terbentang berbagai kemungkinan: menjadi salah satu kekuatan besar dunia dengan kesejahteraan dan keadilan sosial yang merata, atau tergelincir ke dalam jurang stagnasi akibat kegalangan memanfaatkan momentum sejarah. Dalam konteks ini, para ilmuwan, akademisi, dan pegiat teknologi memiliki tanggung jawab moral untuk memberikan gagasan, refleksi, dan harapan bagi masa depan bangsa.

Sebagai seorang ilmuwan di bidang keamanan siber dan kecerdasan buatan, kami memandang bahwa arah masa depan bangsa akan sangat ditentukan oleh seberapa cerdas dan berani kita mengelola transformasi digital. Dunia akan semakin terkoneksi, berbasis data, dan dikendalikan

oleh algoritma. Negara-negara yang berhasil menguasai teknologi ini dengan prinsip etis dan berkeadilan akan menjadi pemimpin peradaban baru. Sebaliknya, negara yang gagal beradaptasi akan terpinggirkan dalam tatanan dunia yang baru.

Oleh karena itu, jika diberi kesempatan untuk menyampaikan satu pesan kepada para pemimpin Indonesia saat ini maupun masa depan, pesan kami sederhana namun fundamental:

Jadikan penguasaan ilmu pengetahuan, teknologi, dan inovasi berbasis nilai-nilai kebangsaan sebagai prioritas utama kebijakan nasional.

Investasi terbesar yang harus dilakukan adalah pada pendidikan, riset, dan pengembangan teknologi dalam negeri. Tanpa penguasaan ilmu pengetahuan yang kuat, kita hanya akan menjadi pasar bagi produk asing dan korban dari dominasi teknologi global.

Selain itu, kami ingin mengingatkan bahwa dalam dunia digital yang kian kompleks, kekuatan sebuah bangsa tidak lagi hanya diukur dari kekuatan militer atau ekonomi, melainkan juga dari ketahanan sibernya. Indonesia harus membangun sistem ketahanan digital nasional yang tangguh, berbasis teknologi dalam negeri, serta dijaga dengan integritas, transparansi, dan partisipasi publik yang aktif. Kedaulatan digital adalah kunci untuk mempertahankan kemerdekaan sejati di era baru ini.

Dalam menggagas masa depan, inspirasi juga dapat diambil dari model pembangunan negara lain yang telah terbukti berhasil. Salah satu contoh yang relevan adalah model pembangunan Finlandia. Negara ini, meskipun kecil dan memiliki sumber daya alam yang terbatas, berhasil menjadi salah satu negara dengan kualitas pendidikan, inovasi teknologi, dan indeks kebahagiaan tertinggi di dunia. Rahasiannya adalah fokus tanpa kompromi pada pendidikan berbasis kreativitas, keterampilan berpikir kritis, dan inovasi sejak dini.

Finlandia juga menunjukkan bahwa kemajuan teknologi harus berjalan seiring dengan pembangunan sosial. Negara ini mengintegrasikan penggunaan AI dan teknologi digital dalam pelayanan publik tanpa mengabaikan prinsip kesetaraan, privasi, dan keadilan sosial. Pendekatan Finlandia ini dapat diadaptasi di Indonesia dengan memperhatikan konteks lokal, seperti keragaman budaya, geografis, dan tantangan sosial yang lebih kompleks.

Namun, kita tidak bisa hanya meniru begitu saja. Indonesia harus menemukan jalannya sendiri, berdasarkan kekuatan unik bangsa ini: semangat gotong royong, kekayaan budaya, dan ketahanan sosial yang sudah teruji. Model pembangunan masa depan Indonesia harus berbasis pada “inovasi yang berkeadaban,” yaitu inovasi yang tidak hanya berorientasi pada keuntungan ekonomi, tetapi juga pada pemberdayaan manusia, pelestarian lingkungan, dan keadilan sosial.

Harapan kami yang paling konkret untuk Indonesia di tahun 2045 adalah terciptanya sebuah masyarakat yang berpengetahuan (*knowledge society*), di mana seluruh lapisan warga negara memahami pentingnya ilmu pengetahuan, kritis terhadap informasi, dan aktif berpartisipasi dalam proses pembangunan nasional. Pendidikan menjadi fondasi utama masyarakat seperti ini. Kami membayangkan sistem pendidikan Indonesia yang sudah bertransformasi total: sekolah-sekolah yang hidup dengan budaya inovasi, universitas-universitas yang menjadi pusat riset dan penciptaan teknologi, serta komunitas-komunitas belajar yang tumbuh di seluruh penjuru tanah air.

Dalam dunia yang semakin berbasis AI dan teknologi digital, harapan kami adalah Indonesia mampu membangun ekosistem teknologi yang mandiri. Kita harus memiliki perusahaan-perusahaan rintisan (*startups*) di bidang *cybersecurity*, AI, bioteknologi, dan energi terbarukan yang tidak kalah bersaing dengan perusahaan global. Ekonomi masa depan Indonesia harus berbasis inovasi, bukan lagi bergantung pada ekspor komoditas mentah. Untuk itu, diperlukan kebijakan nasional yang memberikan insentif kuat bagi inovasi dalam negeri, proteksi yang sehat terhadap industri strategis, serta pembukaan akses yang luas bagi talenta muda untuk berkembang.

Kami juga berharap, pada tahun 2045, Indonesia sudah berhasil keluar dari jebakan ketimpangan sosial. Kemajuan teknologi tidak boleh hanya dinikmati oleh segelintir orang di kota-kota besar, sementara sebagian besar rakyat tertinggal. Untuk itu, teknologi harus menjadi alat pemberdayaan, bukan alat diskriminasi. Internet harus menjadi hak dasar, bukan kemewahan. Pendidikan berbasis digital harus menjangkau hingga desa-desa terpencil. Pemerintah harus menjamin bahwa setiap anak Indonesia, di mana pun mereka dilahirkan, memiliki kesempatan yang sama untuk berkembang dan berkontribusi bagi bangsa.

Dalam refleksi yang lebih luas, kami juga menyadari bahwa dunia di masa depan akan menghadapi berbagai risiko besar yang harus diantisipasi. Risiko perubahan iklim, ketidakpastian geopolitik, disrupsi teknologi, hingga krisis kemanusiaan global akan menjadi tantangan nyata. Karena itu, membangun Indonesia Emas 2045 tidak hanya tentang mempercepat pertumbuhan ekonomi, tetapi juga tentang membangun ketahanan bangsa dalam arti yang sesungguhnya: ketahanan pangan, energi, digital, sosial, dan budaya.

Indonesia harus membangun sistem ketahanan nasional yang resilien terhadap berbagai guncangan eksternal. Di bidang *cybersecurity*, misalnya, kita perlu mengembangkan sistem deteksi dini ancaman siber, membangun pusat operasi keamanan nasional yang canggih, serta memperkuat kesadaran masyarakat tentang pentingnya keamanan data pribadi. Di bidang AI, kita harus memastikan bahwa pengembangan dan implementasi teknologi selalu memperhatikan prinsip etika, keadilan, dan kemanusiaan.

Dalam membangun arah masa depan bangsa, penting juga untuk mengembangkan budaya inovasi dan kegagalan yang sehat. Kita harus mendorong generasi muda untuk berani bermimpi besar, mencoba hal-hal baru, berinovasi tanpa takut gagal. Dalam ekosistem inovasi, kegagalan bukanlah aib, melainkan bagian dari proses belajar. Pemerintah, dunia usaha, dan masyarakat harus bersama-sama menciptakan ekosistem yang mendukung eksperimen, toleransi terhadap kegagalan, dan penghargaan terhadap kreativitas.

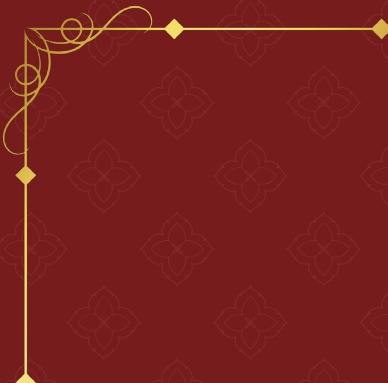
Akhirnya, gagasan besar kami untuk arah masa depan bangsa ini dapat dirangkum dalam satu prinsip sederhana: **kita harus membangun Indonesia yang cerdas, berkarakter, inovatif, dan berkeadaban**. Kemajuan teknologi dan ekonomi harus berjalan seiring dengan penguatan nilai-nilai luhur bangsa: gotong royong, keadilan sosial, keberagaman, dan kedaulatan nasional. Dengan demikian, Indonesia tidak hanya menjadi negara yang maju secara materi, tetapi juga bangsa yang dihormati di dunia karena kontribusinya terhadap kemanusiaan, perdamaian, dan peradaban global.

Daftar Pustaka

- Abdillah, A., Widianingsih, I., Buchari, R. A., & Nurasa, H. (2024). Using big data methods in Bandung city planning: Urban resilient governance with smart city. *Governance & Resilience Journal*, 3(1), 112–129. <http://doi.org/10.62503/gr.v3i1.24>
- Agarap, A. F. (2017). Towards building an intelligent antimalware system: A deep learning approach using support vector machine. *arXiv preprint*.
- Afrina, C., Zulaikha, S. R., & Jumila. (2024). Low digital literacy in Indonesia: Online media content analysis. *Record and Library Journal*, 10(2), 374–387. <http://doi.org/10.20473/rj.v10i2.2024.374387>
- Alunaza, H. (2017). Diaspora sebagai multitrack diplomacy Indonesia guna mewujudkan Masterplan Percepatan dan Perluasan Pembangunan Ekonomi Indonesia. *Proyeksi: Jurnal Ilmullmu Sosial dan Humaniora*, 22(2).
- Badan Perencanaan Pembangunan Nasional (Bappenas). (2019). *Visi Indonesia 2045: Rencana Pembangunan Jangka Panjang Nasional*. Jakarta: Kementerian PPN/Bappenas.
- Big Data, Information and AI for Smart Urban. (2025). *Sustainability—MDPI Special Issue*.
- Brynjolfsson, E., & McAfee, A. (2014). *The second machine age: Work, progress, and prosperity in a time of brilliant technologies*. W. W. Norton & Company.
- Bulya, & Izzati, S. (2024). Indonesia's digital literacy as a challenge for democracy in the digital age. *The Journal of Society and Media*, 8(2), 640–661. <https://doi.org/10.26740/jsm.v8n2.p640661>
- Chen, X., Susilo, W., & Bertino, E. (2021). *Cyber Security Meets Machine Learning*. Springer.
- Chui, M., Manyika, J., & Miremadi, M. (2016). *Where machines could replace humans—and where they can't (yet)*. McKinsey Global Institute.
- Dillon, R. (2023). The future of cybersecurity in Southeast Asia along the Maritime Silk Road. *arXiv*.
- Doğan, G., Park, J., & Xu, L. (2024). Digital literacy in elementary school: Systematic review in Indonesia. *Gagasan Pendidikan Indonesia*, 5(2), 86–99.
- Economic Times Online Bureau. (2025, February 24). *Indonesia to produce 100,000 digital talents in 2025 through its DTS program*.
- Ethical Guidelines for AI-Based Learning. (2022). In *AI-related policies: China/Finland case studies*.
- Febriandy, R. K. (2025). Developing AI regulations in Indonesia: Policy recommendations based on comparative policy analysis from the European Union, the United States, and Singapore. *Jurnal Indonesia: Manajemen Informatika dan Komunikasi (JIMIK)*, 6(2), 1035–1049. <https://doi.org/10.63447/jimik.v6i2.1380>

- Finland Ministry of Education and Culture. (2019). *Artificial Intelligence and Finland's future: Policy recommendations*. <https://okm.fi/en>
- Governing Ethical AI Transformation: A Case Study of AuroraAI. (2022). *Frontiers in Artificial Intelligence*.
- Indonesia.go.id. (2025, January 30). *RI aims at producing thousands of digital talents in 2025 (DTS program)*.
- Jada, I., & Mayayise, T. O. (2023). The impact of artificial intelligence on organisational cyber security: An outcome of a systematic literature review. *Data and Information Management*.
- Kasmin, F. (2020). Cybersecurity awareness in Indonesia: Urgency and strategic policy directions. *Journal of Information Security, 11*(2), 105–117. <https://doi.org/10.4236/jis.2020.112006>
- Maulana, Z., Sugito, S., & Rizqillah, M. F. S. (2023, December). Towards a Golden Indonesia 2045: The role of the Indonesian diaspora in the social, technological, and religious moderation sectors. In *Proceeding International Conference of Community Service, 1*(2).
- Marpaung, V. T., & Sutandi, A. (2024). Enhancing malware detection capabilities using deep learning with advanced hyperparameter tuning. *Indonesian Journal of Electrical Engineering and Computer Science, 37*(2), 985–994. <http://doi.org/10.11591/ijeecs.v37.i2.pp985994>
- Mendes, C., & Rios, T. N. (2023). Explainable artificial intelligence and cybersecurity: A systematic literature review. *arXiv*.
- Miftah, M., Desrianti, D. I., Septiani, N., & Fauzi, A. Y. (2025). Big data analytics for smart cities: Optimizing urban traffic management using realtime data processing. *Corisinta Journal, 5*(3), 56–71. <http://doi.org/10.33050/xe79cs41>
- Ministry of Communications and Information Technology Republic of Indonesia. (2021). *Indonesia Digital Roadmap 2021–2024*. Jakarta: Kominfo.
- Muhidin, S., & Utomo, A. (2015). Global Indonesian diaspora: How many are there and where are they? *Journal of ASEAN Studies, 3*(2), 93–101.
- Nasir, M., et al. (2025). Malware detection using attentionbased deep neural networks. *Computers, Materials & Continua, 143*(1), 123–140.
- OECD. (2019). *Artificial Intelligence in Society*. OECD Publishing. <https://doi.org/10.1787/eedfee77-en>
- Oktoviano, M., & Hadiningrat, K. S. S. (2025). Efforts to Strengthen Digital Talent to Improve the Quality of Human Resources Towards A Golden Indonesia 2045. *JIPOWER: Journal of Intellectual Power, 2*(1), 124–140.
- OpenGov Asia. (2024, July). *Indonesia's strategy to foster digital talent: Focus on AI, cybersecurity & data analytics*.
- PorayskaPomsta, K., Holmes, W., & Nemorin, S. (2024). The ethics of AI in education. *arXiv*.
- Rieki, J., & Mämmelä, A. (2020). Research and education towards smart and sustainable world. *arXiv*.
- Rjoub, G., Bentahar, J., Wahab, O. A., Mizouni, R., Song, A., Cohen, R.,... & Mourad, A. (2023). A survey on explainable artificial intelligence for cybersecurity. *IEEE Transactions on Network and Service Management, 20*(4), 5115–5140.
- Salsabila, H. T., & Jatmiko, S. (2024). Website System Quality Analysis Presence Recap Training DTS (Digital Talent Scholarship) Using Delone and Mclean Models: Case Study of 2023 DTS Program Training Admin Users. *Engineering and Science, 9*(2), 54–57.
- Schwab, K. (2017). *The fourth industrial revolution*. Crown Business.
- Sinha, et al. (2024). Implementation of artificial intelligence in cybersecurity crisis management. *IJMSA, 1*(6).
- Sofyan, A. (2024). Digital innovation in public service delivery: An implementation study of smart city initiatives in Bandung City, Indonesia. *Visioner: Jurnal Pemerintahan Daerah di Indonesia, 16*(3), 204–215. <http://doi.org/10.54783/jv.v16i3.1259>
- Susilo, W., Guo, F., & Mu, Y. (2018). *Introduction to Security Reduction*. Springer.
- Sutrisno, E. (2024). Digital divide: How is Indonesian public service affected? *Jurnal Penelitian Pendidikan Indonesia (JPPI), 10*(3), 454–463.
- Sutrisno, E. (2024). Promoting digital literacy skill for students through improved ICT curriculum integration. *Journal of ICT in Education, 10*(3), 205–218.
- Taddeo, M., McCutcheon, T., & Floridi, L. (2019). Trusting artificial intelligence in cybersecurity is a doubleedged sword. *Nature Machine Intelligence, 1*(12), 557–560.

- Tan, K. L., Chi, C. H., & Lam, K. Y. (2023). Survey on digital sovereignty and identity: From digitization to digitalization. *ACM Computing Surveys*, 56(3), 1-36.
- Teknodika UNS. (2024). Digital literacy curriculum in elementary school: Integration and challenges. *Teknodika Journal*, 16(3), 45-58.
- UNESCO. (2022). *Education for sustainable development: A roadmap*. Paris: UNESCO Publishing.
- University of Helsinki & Reaktor. (2018). *Elements of AI* [MOOC].
- Wijaya, A., & Santoso, D. (2023). Detection of malware threats in Internet of Things using deep convolutional neural network. *Brilliance: Journal of Computer Science*, 12(1), 45-58.
- World Bank. (2021). *Learning poverty in the time of COVID-19: A crisis within a crisis*. World Bank Group.
- World Economic Forum. (2020). *The future of jobs report 2020*. Geneva: World Economic Forum.



*Jadikan penguasaan ilmu pengetahuan,
teknologi, dan inovasi berbasis nilai-
nilai kebangsaan sebagai prioritas
utama kebijakan nasional.*

