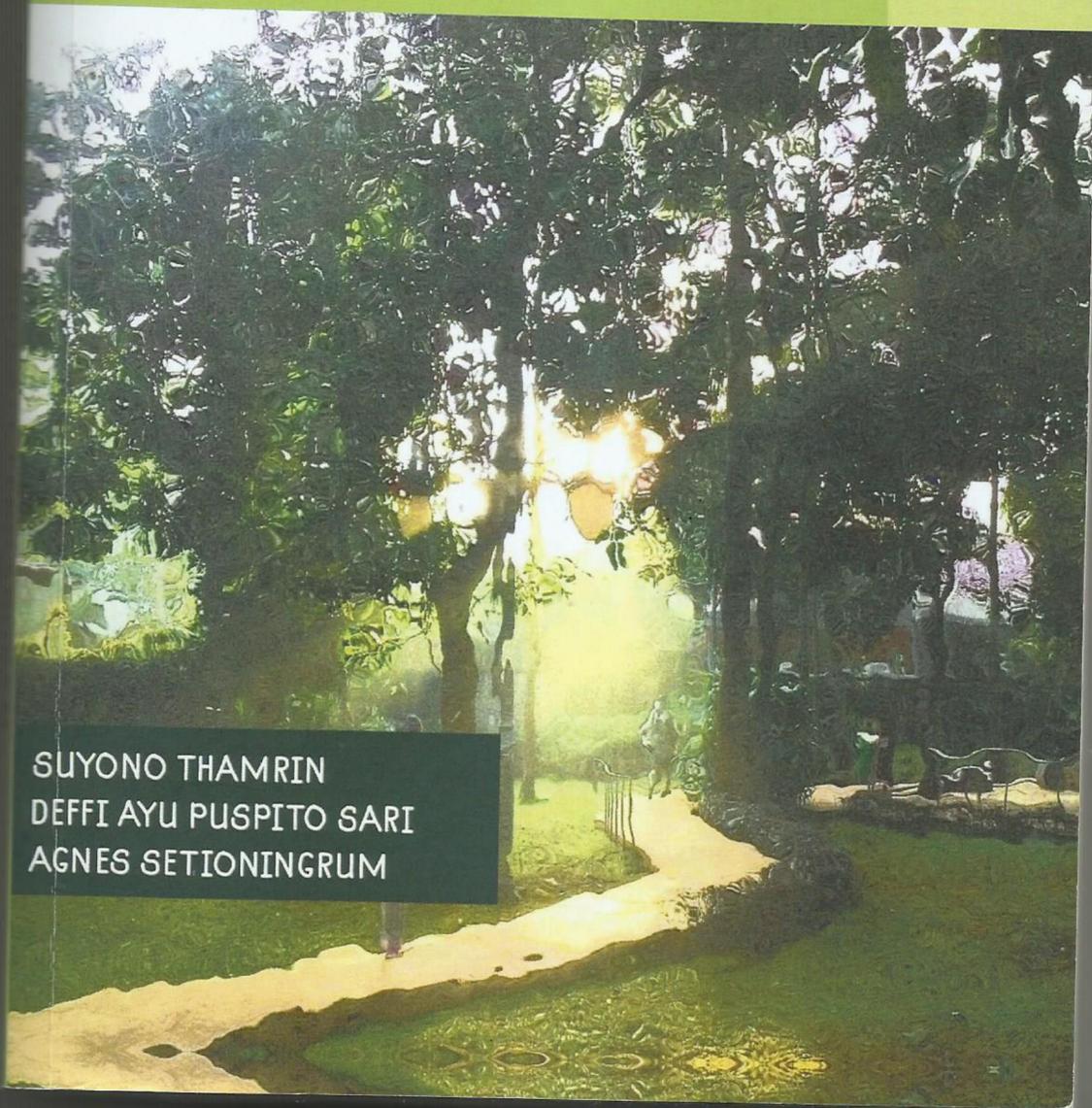


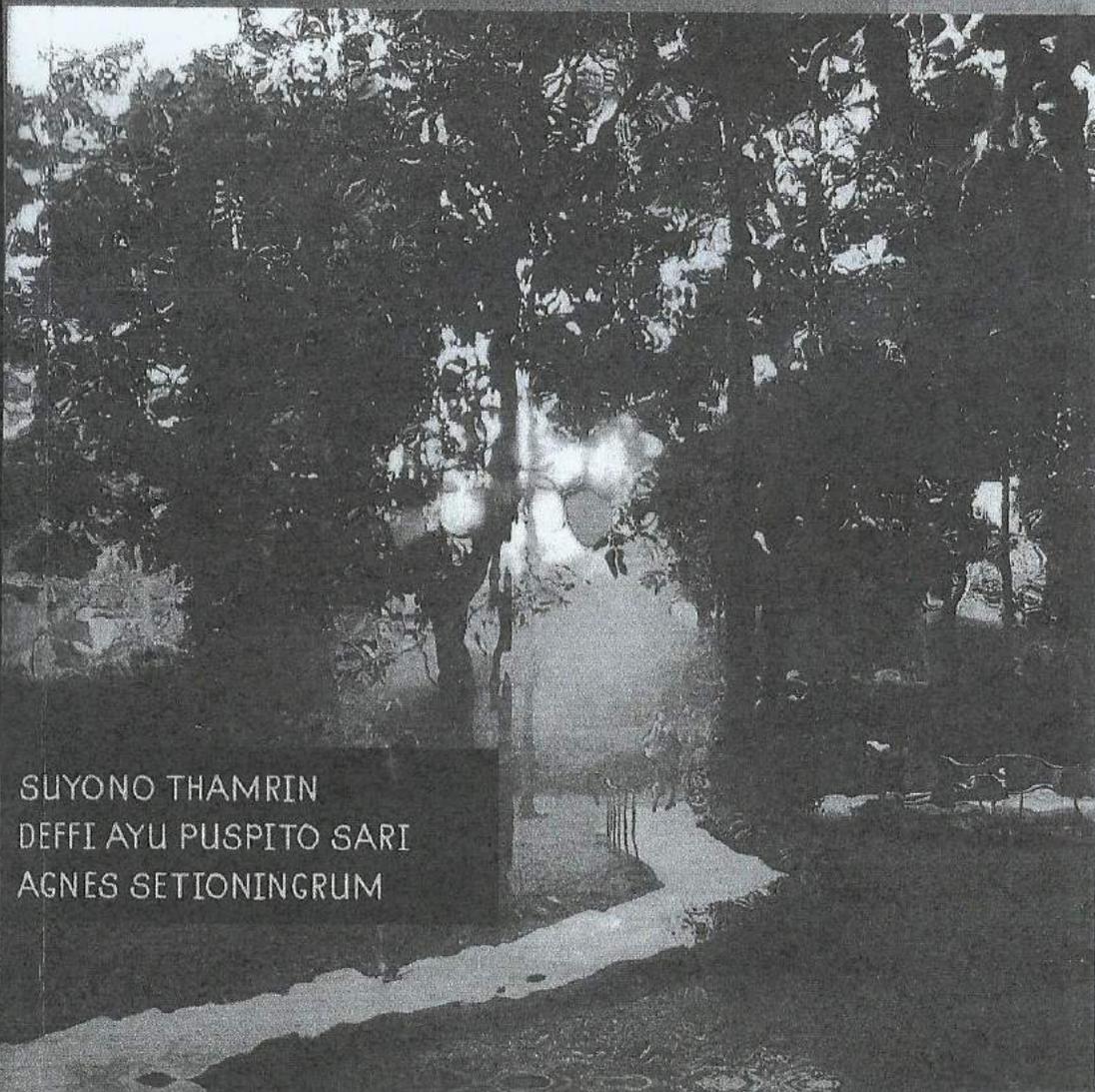
# ENERGI BARU DAN TERBARUKAN

SUYONO THAMRIN  
DEFFI AYU PUSPITO SARI  
AGNES SETIONINGRUM

SIGN  
HERE



# ENERGI BARU DAN TERBARUKAN



SUYONO THAMRIN  
DEFFI AYU PUSPITO SARI  
AGNES SETIONINGRUM

B23

ENERGI TERBARU DAN TERBARUKAN



UNIVERSITAS PERTAHANAN  
2019

# ENERGI TERBARU DAN TERBARUKAN

**Penulis :**

**Dr. Drs. Suyono Thamrin, S.T., M.Eng.Sc  
Deffi Ayu Puspito Sari, S.TP., M.Agr., Ph.D  
Agnes Setioningrum S.T**

**Editor :**

**Prof. Dr. Ir. Armansyah H. Tambunan**

**Layout :**

**Dr. Sri Sundari SE., M.M  
Agnes Setioningrum S.T**

**ISBN : 978-602-5808-32-6**

Hal 183 halaman

Hak Cipta dilindungi Undang-undang, Desember 2018

Diterbitkan Oleh UNIVERSITAS PERTAHANAN  
Bogor, April 2019  
Kawasan IPSC, Sentul, Bogor Indonesia 16730

Undang-undang Republik Indonesia No : 19 Tahun 2002 Tentang Hak Cipta.

Leingkup Hak Cipta Pasal 2 :

1. Hak cipta merupakan hak eksklusif bagi pencipta atau pemegang Hak Cipta untuk mengumumkan atau optimis setelah suatu ciptaannya, yang timbul secara mengurangi pembatasan menurut persatuan perundang undangan yang berlaku.

Ketentuan Pidana Pasal 27 :

1. barang siapa dengan sengaja atau tanpa hak melakukan perbuatan sebagaimana di maksud dalam pasal 2 ayat (1) atau pasal 29 ayat (1) dan ayat (2) dipidana dengan pidana penjara masing-masing paling singkat 1 (Bulan) dan / atau denda paling sedikit Rp. 1.000.000 (satu juta rupiah), paling lama 7 (tujuh) tahun dan / atau denda paling banyak Rp. 5.000.000.000,00 (lima milyar rupiah).
2. Barang siapa dengan sengaja menyiarkan memamerkan, mendengarkan atau menjual kepada umum suatu Ciptaan atau barang pelanggaran Hak Cipta atau Hak Terkait sebgaimana dimaksud pada aya (1) dipidana denga denda pidana penjara paling lama 5 (lima) tahun dan/atau denda paling banyak Rp.500.000.000,00 ( lima milyar rupiah).

# PRAKATA

Puji dan syukur kami panjatkan kehadirat Tuhan Yang Maha Esa, hanya dengan perkenan-Nya Buku Energi Baru dan Terbarukan ini dapat diselesaikan. Buku ini menggambarkan mengenai kondisi energi di Indonesia hingga potensi dan tantangan pengembangan energi baru dan terbarukan di Indonesia. Energi memiliki peranan penting dalam pencapaian tujuan sosial, ekonomi, dan lingkungan untuk pembangunan berkelanjutan serta merupakan pendukung bagi kegiatan ekonomi nasional.

Buku Energi Baru dan Terbarukan ini diharapkan dapat menjadi salah satu referensi yang digunakan oleh penelitian lain yang membutuhkan informasi tentang potensi energi baru dan terbarukan di Indonesia. Selain itu buku ini juga dapat memperkuat dan mendukung upaya penyusunan dan implementasi kebijakan sektor energi di Indonesia.

Akhir kata, penulis menyampaikan terimakasih dan penghargaan kepada semua pihak yang telah memberikan kontribusi dalam penyelesaian buku ini. Semoga dapat bermanfaat bagi perkembangan ilmu pengetahuan dan masa depan bangsa yang lebih baik.

# DAFTAR ISI

<b>Judul</b> .....	1
<b>Prakata</b> .....	2
<b>Daftar Isi</b> .....	3
<b>Daftar Gambar</b> .....	5
<b>Daftar Tabel</b> .....	7
<b>Pendahuluan</b> .....	9
<b>I. Energi</b> .....	13
1.1 Pengertian Energi .....	13
1.2 Klasifikasi Energi .....	14
<b>II. Kondisi Energi Indonesia</b> .....	41
2.1 Kondisi Energi Indonesia .....	41
2.2 Potensi Energi Baru Terbarukan.....	58
2.3 Target Energi Baru Terbarukan.....	65
<b>III. Bisnis Energi Baru Terbarukan</b> .....	71
3.1 Energi Panas Bumi .....	71
3.2 Energi Nuklir .....	86
3.3 Energi Angin .....	94
3.4 Mikrohidro .....	97

3.5 Biofuel .....	102
3.6 Bioethanol .....	106
3.7 Biogas .....	112
3.8 Energi Surya .....	116
3.9 Biodiesel .....	125
3.10 Kebijakan Energi .....	133
<b>IV. Kendala dan Tantangan .....</b>	<b>145</b>
4.1 Kendala dan Tantangan Energi Baru Terbarukan .....	145
4.2 Ketersediaan Bahan Baku .....	155
4.3 Ketersediaan Sumber Daya Manusia.....	166
4.4 Ketersediaan Teknologi .....	168
4.4.1 Teknologi Pembangkit Listrik Panas Bumi .....	171
4.4.2 Teknologi Pembangkit Listrik Tenaga Angin .....	174
4.4.3 Teknologi Biofuel .....	177
<b>Daftar Pustaka .....</b>	<b>180</b>
<b>Tentang Penulis .....</b>	<b>183</b>

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Skema penggolongan sumber daya alam .....	11
Gambar 1.2 Roadmap sektor energi nuklir di Indonesia oleh Kemenristek .....	21
Gambar 1.3 Proses produksi solar sel monokristal silikon dan modul .....	24
Gambar 1.4 Roadmap sektor energi surya di Indonesia oleh Kemenristek .....	25
Gambar 1.5 Roadmap sektor energi bayu (angin) di Indonesia oleh Kemenristek .....	26
Gambar 1.6 Roadmap sektor energi panas bumi di Indonesia oleh Kemenristek .....	27
Gambar 1.7 Roadmap sektor mikro hidro di Indonesia oleh Kemenristek .....	28
Gambar 1.8 Roadmap sektor energi hydrogen fuel cell di Indonesia oleh Kemenristek .....	31
Gambar 1.9 Roadmap sektor bahan bakar padat dan gas dari biomassa di Indonesia oleh Kemenristek .....	33
Gambar 1.10 Roadmap sektor energi biodiesel di Indonesia oleh Kemenristek .....	35
Gambar 1.11 Roadmap sektor energi biodiesel di Indonesia oleh Kemenristek .....	36
Gambar 1.12 Roadmap sektor energi arus laut di Indonesia oleh Kemenristek .....	37
Gambar 1.13 Roadmap sektor energi gelombang laut di Indonesia oleh Kemenristek .....	38
Gambar 2.1 Perbandingan Bauran Energi Primer	

2016 dan 2030.....	46
Gambar 2.2 Neraca Energi Indonesia .....	48
Gambar 2.3 Pangsa Konsumsi Energi Sektoral per Jenis Energi .....	51
Gambar 2.4 Bauran Energi Final 2016 .....	53
Gambar 2.5 Perkembangan Penyediaan Energi .....	54
Gambar 2.6 Sumber Daya Minyak dan Gas Bumi .....	55
Gambar 2.7 Proyeksi Penyediaan Energi Nasional .....	55
Gambar 2.8 Kebutuhan Energi Final Menurut Sektor .....	56
Gambar 2.9 Kebutuhan Energi Final Menurut Sektor .....	57
Gambar 3.1 Skema kerja PLTU .....	77
Gambar 3.2 Skema kerja PLTP satu fase (fase uap) .....	78
Gambar 3.3 Skema kerja PLTP dua fase (fase uap dan air).....	79
Gambar 3.4 Tipikal PLTS Terpusat Off-Grid dengan Larik Fotovoltaik dan Rumah Pembangkit .....	119
Gambar 3.5 Contoh Rangkaian Modul Fotovoltaik .....	120
Gambar 3.6 Struktur Modul Fotovoltaik .....	122
Gambar 3.7 Rumah Pembangkit .....	124
Gambar 3.8 Proses Pembuatan Biodiesel .....	132
Gambar 3.9 Reaksi Pembentukan Biodiesel .....	133
Gambar 3.10 Kapasitas Terpasang dan Penambahan Kapasitas Berdasarkan Jenis Pembangkit pada Tahun 2016 .....	136
Gambar 4.1 Sumber Daya Minyak Bumi 2015 .....	156
Gambar 4.2 Sumber Daya Gas Bumi 2015 .....	157
Gambar 4.3 Cadangan Batubara Indonesia Status 2015 .....	158
Gambar 4.4 Sebaran Potensi Panas Bumi .....	160
Gambar 4.5 Peta Potensi Tenaga Air Skala Besar .....	160
Gambar 4.6 Peta Potensi Tenaga Angin .....	161
Gambar 4.7 Peta Lokasi Potensi Tenaga Surya .....	162
Gambar 4.8 Peta Lokasi Potensi Tenaga Arus Laut .....	164

Gambar 4.9 Potensi CBM Indonesia .....	165
Gambar 4.10 Potensi (cekungan) Shale Gas Indonesia .....	165
Gambar 4.11 Penyebaran Penduduk Indonesia Tahun 2010 dan 2015 .....	167
Gambar 4.12 Tipe Pembangkit Listrik Panas Bumi .....	173
Gambar 4.13 Komponen Wind Turbine .....	175

# DAFTAR TABEL

Tabel 1.1 Pangsa energi nuklir dalam Total Pembangkit Listrik Campuran .....	21
Tabel 1.2 Perbandingan metrik untuk teknologi pembangkit mikro .....	30
Tabel 1.3 Potensi Nasional Biogas dari Kotoran Ternak ...	32
Tabel 1.4 Pemanfaatan Bioenergi .....	34
Tabel 2.1 Sumber Energi Primer di Indonesia.....	44
Tabel 2.2 Cadangan energi tak terbarukan .....	60
Tabel 2.3 Cadangan energi terbarukan .....	60
Tabel 2.4 Perkiraan kebutuhan energi tenaga listrik .....	61
Tabel 2.5 Sumber Daya Energi Baru dan Terbarukan ....	62
Tabel 2.6 Target bauran energi Indonesia hingga tahun 2050 .....	66
Tabel 2.7 Target bauran .....	67
Tabel 2.8 Target energi terbarukan (RE) Indonesia tahun 2025, kebijakan, dan peraturan pendukungnya ....	68
Tabel 3.1 Penggolongan sistem panas bumi .....	75
Tabel 3.2 Potensi energi <i>geothermal</i> di Indonesia .....	82
Tabel 3.3 Sejarah penelitian tentang energi nuklir .....	86
Tabel 3.4 Rincian Negara yang Memiliki PLTN (unit) .....	90
Tabel 3.5 Negara pengguna PLTN sampai akhir April 2001.....	91
Tabel 3.6 Tanaman yang mengandung minyak .....	103
Tabel 3.7 Kelompok Bahan Bakar Nabati .....	105
Tabel 3.8 Rata-rata energi konten pada bahan bakar .....	109
Tabel 3.9 Komponen biogas .....	113
Tabel 3.10 Sifat-sifat campuran biodiesel .....	126

Tabel 3.11 Persyaratan kualitas biodiesel menurut SNI-04-7182-2006 .....	129
Tabel 3.12 Feed in Tariff EBT Berdasarkan Jenis Energi...	138
Tabel 3.13 Biaya Pokok Penyediaan Tenaga Listrik Nasional Tahun 2015 .....	142
Tabel 4.1 Sebaran Radiasi Potensi Tenaga Surya Berdasarkan Titik Penukuran Kabupaten/Kota ...	162
Tabel 4.2 Potensi Bahan Bakar Nabati .....	166
Tabel 4.3 Populasi dan Ketenagakerjaan .....	168
Tabel 4.4 Perbandingan Capital Cost untuk tipe onshore dan offshore wind turbine .....	176
Tabel 4.5 Pro dan kontra antar Teknologi Generasi Biofuel	177

## PENDAHULUAN

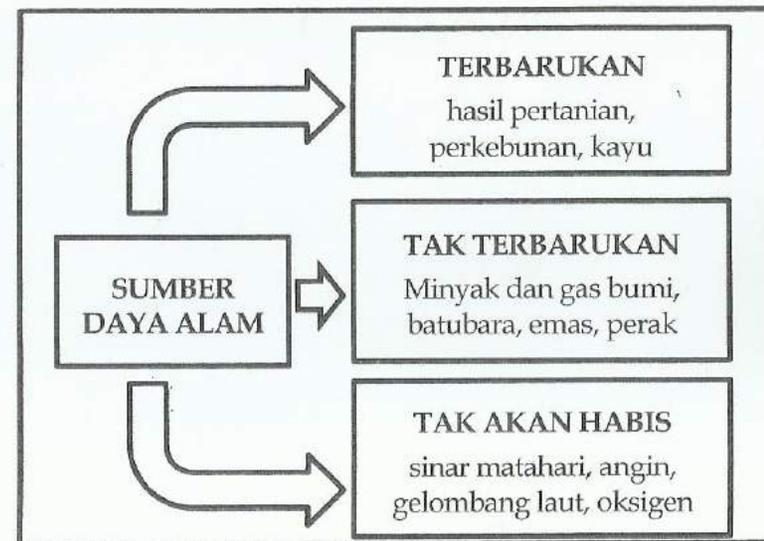
Air, angin, tanah dan api merupakan komponen alam yang hakiki dan diperlukan manusia secara mendasar. Keberadaan komponen tersebut sudah tersedia sebelum adanya manusia. Selama dunia masih berputar, komponen-komponen alam tersebut tidak akan habis. Tuhan menciptakan manusia sebagai makhluk hidup yang penuh dengan akal, inovasi, bijak, dan kreasi. Manusia yang sehat jasmani dan rohani wajib memanfaatkan secara bijak komponen alam yang telah disediakan dan dapat diperoleh “secara gratis” tersebut. Kesengsaraan pada kelompok manusia akan terjadi ketika manusia memanfaatkan salah satu komponen alam tersebut secara berlebihan.

Terdapat beberapa penggolongan sumber daya alam yaitu berdasarkan atas: (1) Adanya tanda-tanda kehidupan, (2) Kenampakan bentuk fisik, (3) Dapat diperbarukan atau tidak.

- 1) Berdasarkan atas adanya tanda-tanda kehidupan, sumber daya alam digolongkan menjadi:
  - a. Biotis, menunjukkan adanya kehidupan, seperti tumbuhan, hewan, dan manusia.
  - b. Abiotis, tidak menunjukkan adanya kehidupan, seperti tanah, air, dan udara.
- 2) Berdasarkan atas kenampakan bentuk fisik, sumber daya alam digolongkan menjadi:

- a. Non-fisik, sumber daya alam yang tidak tampak oleh mata manusia, seperti gas, udara, suara.
  - b. Fisik, sumber daya alam yang tampak oleh mata manusia, seperti air, kayu, minyak, batubara.
- 3) Berdasarkan atas kemungkinan untuk diperbarukan, sumber daya alam digolongkan menjadi:
- a. Sumber daya alam yang terbarukan (*renewable natural resources*), sumber daya alam yang keberadaannya kembali dapat diharapkan, seperti hasil-hasil pertanian, kayu, air.
  - b. Sumber daya alam yang tak terbarukan (*non renewable natural resources*), sumber daya alam yang keberadaannya kembali tidak dapat diharapkan karena pada suatu saat akan habis, seperti minyak bumi, batubara, gas alam, dan emas.
  - c. Sumber daya alam yang tidak akan habis (*constinuous natural resources*), sumber daya alam yang keberadaannya di alam sepanjang masa, seperti angin, gelombang laut, sinar matahari, dan oksigen.

Rakyat akan merasakan dampak terlebih dahulu ketika sumber daya alam semakin langka, sedang pertumbuhan ekonomi kurang selaras dengan pemanfaatan sumber daya secara bijaksana. Strategi pengelolaan sumber daya alam diperlukan untuk mengatasi hal tersebut. Gambar 1.1 menjelaskan menggambarkan mengenai penggolongan sumber daya alam terbarukan, tak terbarukan, dan tak akan habis.



Gambar 1.1 Skema penggolongan sumber daya alam

Kebutuhan akan energi di Indonesia terus mengalami peningkatan seiring dengan meningkatnya pertumbuhan ekonomi dan bertambahnya jumlah penduduk. Namun, meningkatnya kebutuhan energi ini belum dapat diimbangi dari sisi penyediaannya. Meskipun Pemerintah telah berusaha secara optimal dalam menyediakan energi untuk memenuhi permintaannya, tidak jarang terjadi peristiwa kelangkaan pasokan energi pada suatu daerah yang disebabkan antara lain gangguan distribusi maupun peningkatan kebutuhan energi yang melonjak drastis. Tingginya pertumbuhan permintaan energi di beberapa wilayah inilah semakin memperlebar kesenjangan antara sisi permintaan dengan penyediaan energi, yang berpotensi pada terjadinya krisis energi apabila tidak mendapat perhatian khusus dari pemerintah.

# Bab 1

## *ENERGI*

### *1.1 Pengertian Energi*

Menurut UU No.30 Tahun 2007, energi dapat diartikan sebagai kemampuan untuk melakukan kerja yang dapat berupa panas, cahaya, mekanika, kimia, dan elektromagnetika. Sedangkan berdasarkan Peraturan Presiden No.5 Tahun 2006, energi merupakan daya yang dapat digunakan untuk melakukan berbagai proses kegiatan meliputi listrik, energi mekanik dan panas. Sumber energi selalu mengalami konversi atau perubahan dari satu bentuk ke bentuk energi lain agar energi dapat digunakan oleh konsumen. Beberapa bentuk penggunaan energi yaitu dalam bentuk energi panas (binatu, masak, pengeringan), energi cahaya (lampu), energi mekanik (putaran motor), energi gerak (hewan tarik), dan bentuk energi lainnya. Aliran energi terbagi atas beberapa komponen sebagai berikut:

- a. Energi primer: merupakan energi yang secara alami tersedia di lingkungan, yaitu sumber energi primer.
- b. Energi sekunder: merupakan energi yang siap untuk ditransmisikan atau diangkut.
- c. Energi akhir: merupakan energi yang dibeli atau diterima konsumen.

- d. Energi berguna: merupakan energi yang akan di input dalam aplikasi penggunaan akhir.

Sebagai contoh aliran energi adalah: sumberdaya hidro sebagai bentuk energi primer, listrik pada stasiun PLTA sebagai bentuk energi sekunder, energi listrik di pabrik sebagai bentuk energi akhir, serta energi berguna dalam bentuk daya poros untuk penggergajian, panas untuk memasak, atau cahaya lampu. Akan terdapat sebagian energi yang hilang pada setiap tahap konversi, perubahan energi primer menjadi energi berguna yang relevan. Eliminasi tahap yang tidak diperlukan dari aliran energi dilakukan untuk mengurangi ongkos dan menghindari kehilangan yang tidak perlu (Sukandarrumidi, Kotta, Wintolo, 2015).

## 1.2 Klasifikasi Energi

Jenis energi secara umum dapat dikategorikan dalam 6 kategori yaitu:

- a. Energi bunyi
- b. Energi kalor (panas)
- c. Energi cahaya
- d. Energi mekanik (pegas)
- e. Energi kimia
- f. Energi listrik
- g. Energi nuklir

Kemudahan dan efisiensi pengkonversian energi listrik menjadi bentuk energi lain menjadikan energilistrik sebagai energi yang sangat mudah terpakai. Penggunaan dan keuntungan energi listrik sangat luas, serta mudah dalam pengaturan dan penyebaran (distribusi) secara simultan dan tidak terputus-putus. Energi elektromagnetik berhubungan

dengan radiasi elektromagnetik termasuk radiasi sinar infra merah dan ultraviolet. Bentuk energi dasar yang mana semua jenis energi dapat dikonversikan menjadi energi panas merupakan energi thermal. Pengelompokkan energi berdasarkan bentuknya, sebagai berikut:

- a. Energi padat
- b. Energi cair
- c. Energi gas

Sedangkan dalam aspek teknologi, energi dapat dikelompokkan menjadi:

- a. Energi konvensional (teknologi energi yang biasa digunakan masyarakat)
- b. Energi non-konvensional (teknologi energi yang belum biasa digunakan masyarakat)

Pengelompokkan energi berdasarkan segi ekonomi, yaitu:

- a. Energi komersial (minyak, listrik, gas, batubara, dan lain-lain).
- b. Energi non-komersial (kayu, arang, sampah, jerami, dan lain-lain)

Pengelompokkan energi dari sudut ketersediaannya sebagai berikut:

- a. Sumber energi baru terbarukan (*renewable energy*). Sumber energi ini merupakan sumber energi yang tidak pernah habis dan dapat diperbaharui. Contoh energi terbarukan adalah angin, air, dan matahari. Energi yang dimiliki suatu benda secara umum, akan habis jika digunakan terus-menerus. Energi alternatif merupakan nama lain dari energi baru dan terbarukan.
- b. Sumber energi yang tidak dapat diperbaharui/konvensional (*non-renewable energy*), merupakan sumber energi yang dapat habis atau hanya

dapat digunakan sekali. Minyak, batubara, gas alam, dan kayu merupakan contoh energi habis pakai. Energi tersebut disebut tidak terbarukan karena sumber-sumber energi konvensional tidak dapat tergantikan dalam waktu singkat. Sumber-sumber energi konvensional dapat menimbulkan polusi udara, air dan tanah, sehingga tidak ramah lingkungan dan dapat berdampak kepada penurunan tingkat kesehatan dan standar hidup. Uranium merupakan salah satu sumber energi tidak terbarukan yang tidak berasal dari bahan bakar fosil. Bahan bakar fosil merupakan sumber energi tidak terbarukan.

Listrik sebagai salah satu sumber energi sekunder hasil konversi sumber-sumber energi konvensional dan terbarukan. Berbeda dengan sumber-sumber energi lainnya, listrik dinamakan sumber energi sekunder atau pembawa energi karena dimanfaatkan untuk memindahkan, menyimpan, atau mendistribusikan energi. Produksi energi listrik memerlukan sumber energi primer. Berdasarkan kategorinya, energi dapat diklasifikasikan sebagai berikut:

a. Energi bunyi

Benda yang bergertar menghasilkan bunyi. Terkadang kaca jendela rumah akan ikut bergetar ketika mendengar bunyi Guntur yang sangat keras. Hal tersebut disebabkan oleh bunyi sebagai salah satu bentuk energi yang energinya terambatkan melalui udara. Tidak hanya mengenai kaca rumah, sebenarnya ketika terjadi Guntur energi yang dimiliki Guntur juga mengenai seluruh bagian rumah, tetapi energi yang dimiliki Guntur tidak cukup besar untuk menggetarkan bagian rumah yang lainnya.

b. Energi kalor (panas)

Salah satu bentuk energi yang dapat mengakibatkan perubahan suhu ataupun perubahan wujud zat adalah kalor. Pada umumnya energi kalor merupakan hasil sampingan dari perubahan bentuk energi lainnya. Energi kimia dapat menghasilkan energi kalor, contohnya pembakaran bahan bakar. Energi kinetik benda-benda yang bergesekan juga dapat menghasilkan energi kalor. Panas yang dirasakan telapak tangan ketika telapak tangan tersebut digosok-gosokkan merupakan salah satu energi kalor yang dihasilkan dari energi kinetik.

c. Energi cahaya

Salah satu sumber energi yang berupa cahaya adalah matahari. Api dan lampu merupakan contoh benda-benda yang dapat memancarkan cahaya sehingga menghasilkan energi cahaya. Bentuk energi kalor (panas) biasanya menyertai energi cahaya. Energi yang dipancarkan matahari dengan memanfaatkan sel surya dapat diubah menjadi energi listrik.

d. Energi mekanik (pegas)

Energi pegas dimiliki semua benda yang elastis atau lentur. Busur panah, per, pegas, trampoline dan ketapel merupakan contoh benda elastis. Benda elastis yang ditekan, diregangkan, atau digulung akan kembali ke bentuk semula setelah dilepaskan gaya yang diberikan. Energi potensial dimiliki benda ketika benda tersebut diberi gaya. Energi potensial pada benda akan berubah menjadi energi kinetik ketika gaya tersebut dilepaskan.

e. Energi kimia

Salah satu dari banyak bentuk energi yang ada di alam semesta di sekitar kehidupan manusia adalah energi kimia. Selama reaksi kimia energi kimia bisa dilepaskan dan

diserap. Suatu zat atau benda harus berubah menjadi zat baru dengan sifat yang berbeda agar reaksi kimia terjadi. Ketika hal tersebut terjadi, reaksi eksotermis atau reaksi pelepasan energi kimia, dan reaksi endotermis atau penyerapan energi kimia dapat terjadi.

Panas akan dilepaskan atau dirasakan kehangatan ketika terjadi reaksi eksotermik, sedangkan pada reaksi endotermik panas akan diserap dan akan dirasakan benda menjadi dingin. Ikatan kimia antara atom yang membentuk senyawa mengandung energi kimia yang terlibat dalam reaksi ini. Dapat diumpamakan ikatan kimia sebagai kapsul energi. Energi yang tersimpan dalam kapsul akan dilepaskan ketika ikatan tersebut menjadi rusak. Energi dari lingkungan dikemas ke dalam ikatan tersebut ketika ikatan kimia baru terbentuk, menyebabkan kapsul dan suhu lingkungan menurun. Struktur atom tidak pernah berubah selama reaksi kimia di mana energi kimia dilepaskan atau diserap, hanya ikatan antara atom yang rusak dan kembali membuat menjadi zat baru. Tidak ada energi kimia yang dilepaskan atau diambil ke dalam ketika tidak ada reaksi kimia terjadi.

#### f. Energi listrik

Penggunaan generator dan motor listrik dikenal dalam penerapan energi listrik, selain itu perlu dicermati kaidah tangan kanan dan tangan kiri berdasarkan *John Ambrose Fleming* (1849-1945) dengan makna sebagai berikut:

- kaidah tangan kiri, penerapannya dapat menggerakkan dunia (penerapan motor listrik, digunakan bagi mesin industri)

- kaidah tangan kanan, penerapannya dapat menyinari dunia (bermanfaat bagi sistem pembangkitan tenaga listrik/generator listrik).

Pengubahan energi mekanik menjadi energi listrik merupakan prinsip generator listrik, sedangkan perubahan energi listrik menjadi energi mekanik merupakan prinsip motor listrik. Generator listrik merupakan alat yang menghasilkan energi listrik dari sumber mekanik dengan menggunakan induksi dari sumber mekanik yang menggunakan induksi elektromagnetik, yaitu dengan memutar suatu kumparan dalam medan magnet sehingga timbul energi induksi.

Proses perubahan energi atau konversi energi pada turbin yang dihubungkan dengan generator dan pompa merupakan contoh penerapan perubahan energi listrik. Perubahan energi pada turbin mengubah energi fluida energi kinetik fluida) menjadi energi mekanik putaran poros turbin. Generator listrik diputar oleh putaran poros turbin, dan terjadi perubahan energi kedua yaitu dari energi mekanik menjadi energi listrik.

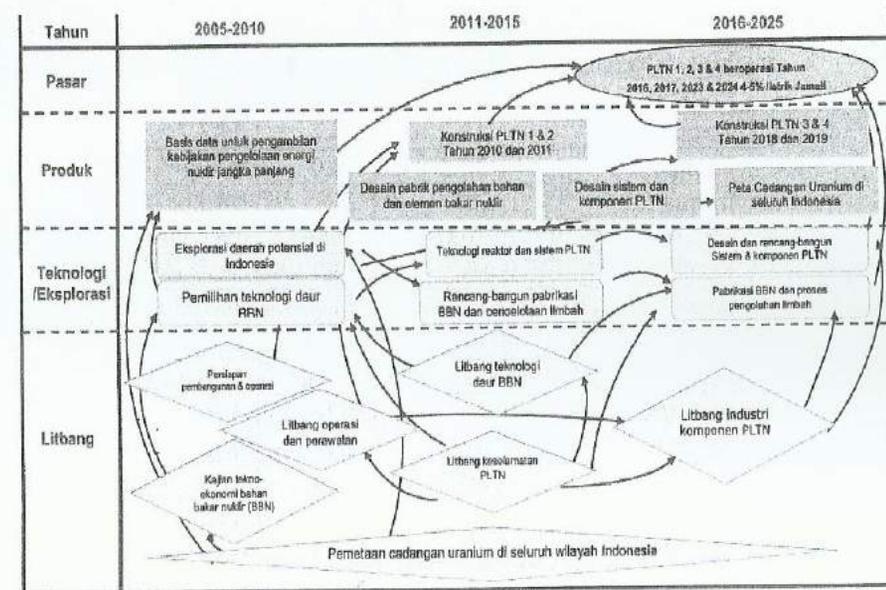
#### g. Energi nuklir

Pada satu sisi, energi nuklir secara luas dianggap sebagai pilihan yang layak dalam memungkinkannya pembangunan berkelanjutan. Namun pada sisi lain, energi nuklir juga salah satu sumber energi yang paling kontroversial. Pada awal tahun 2008, sebanyak 31 negara memanfaatkan energi nuklir untuk menghasilkan listrik. Negara-negara tersebut menganggap energi nuklir telah menyediakan ketahanan energi yang lebih baik dengan mengurangi ketergantungan terhadap bahan bakar fosil dari daerah yang tidak stabil. Listrik yang dihasilkan energi

nuklir umumnya digunakan untuk pencahayaan dan peralatan elektronik di rumah yang pusat bisnis. Beberapa negara seperti Finlandia, Perancis, dan Swedia memanfaatkan listrik yang dihasilkan energi nuklir untuk menyediakan porsi signifikan dalam penghangat rumah dan kantor. Selain itu listrik yang dihasilkan energi nuklir juga menyediakan energi untuk transportasi public pada banyak sistem subway, energi nuklir belum membuat kontribusi signifikan pada sektor transportasi.

Menurut Ferguson pada *A Nuclear Renaissance* dalam *Energy Security Challenges for the 21st Century* (2009), beberapa pembangkit listrik tenaga nuklir di dunia memiliki lebih dari satu reaktor nuklir. Total reaktor komersial secara global menghasilkan kombinasi daya listrik sekitar 390 Gigawatt (GW, 1 GW= 1000 MW). Secara tipikal, reaktor komersial yang besar menghasilkan 1000 MW daya listrik, walaupun beberapa reaktor baru yang masih dalam masa pembangunan memiliki *rate* lebih besar dari 1000 MW dan daya listrik dapat melebihi 1600 MW.

Reaksi berantai bahan-bahan radioaktif yang terjadi dalam sebuah reaktor menghasilkan sumber energi nuklir. Energi yang sangat besar, 1 gram zat radioaktif dapat menghasilkan listrik 50.000 kWh dihasilkan dari proses tersebut. Beberapa keunggulan energi nuklir tersebut yaitu tidak menyebabkan pemanasan global dan tidak menyebabkan efek gas rumah kaca. Efek yang ditimbulkan dari pemanfaatan energi nuklir pada lingkungan dan kesehatan. Jika terjadi kebocoran radiasi, akan sangat membahayakan kesehatan manusia dan lingkungan hidup. Kanker, cacat keturunan dan bahkan kematian dapat diakibatkan oleh radiasi nuklir.



Gambar 1.2 Roadmap sektor energi nuklir di Indonesia oleh Kemenristek

Sumber: Indonesia 2005-2025 Buku Putih, 2006

Tabel 1.1 Pangsa energi nuklir dalam Total Pembangkit Listrik Campuran (1999-2009)

Negara	Pangsa nuklir (%)		Produksi listrik energi nuklir (TWh)
	1999	2009	
Argentina	9.0	7.0	7.6
Armenia	36.4	45.0	2.3
Belgia	57.7	51.7	45.0
Brazil	1.1	3.0	12.2
Bulgaria	47.1	35.9	14.2
Kanada	12.4	14.8	85.3
Cina	1.1	1.9	65.7

Republik Ceko	20.8	33.8	25.7
Finlandia	33.0	32.9	22.6
Prancis	75.0	75.2	391.7
Jerman	31.2	26.1	127.7
Hungaria	38.3	43.0	14.3
India	2.6	2.2	14.8
Jepang	36.0	28.9	263.1
Kazakhstan	n/a	n/a	n/a
Korea Selatan	42.8	34.8	141.1
Lituania	73.1	76.2	10.0
Meksiko	5.2	4.8	10.1
Belanda	4.0	3.7	4.0
Pakistan	0.1	2.7	2.6
Romania	10.7	20.6	10.8
Rusia	14.4	17.8	152.8
Slovakia	47.0	53.5	13.1
Slovenia	37.2	37.9	5.5
Afrika Selatan	7.1	4.8	11.6
Spanyol	31.0	17.5	50.6
Swedia	46.8	34.7	50.0
Swis	36.0	39.5	26.3
Taiwan	25.3	20.7	39.9
Inggris	28.9	17.9	62.9
Ukraina	43.8	48.6	77.9
Amerika Serikat	19.8	20.2	796.9
Total			2.558

Sumber: *Is The Rapid Growth of Reliance on Nuclear Energy an Economically Viable Option*, dalam *Nuclear Power and Energy Security in Asia* (2012)

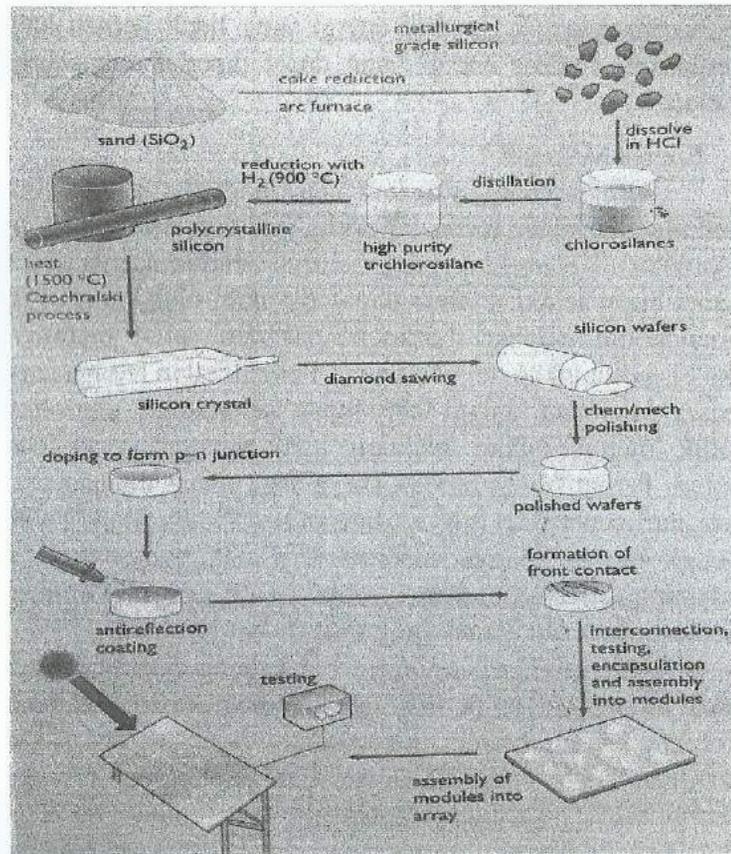
Menurut Arindya dalam Energi Terbarukan (2018), pengelompokan energi dari sudut ketersediaannya mejadi sumber energi baru dan terbarukan/ energi alternatif (*renewable energy*) dan sumber energi yang tidak dapat diperbaharui (*non-*

*renewable energy*). Sumber energi yang tidak pernah habis merupakan sumber energi yang dapat diperbaharui sebagai berikut:

#### a. Energi Matahari

Jumlah energi yang luar biasa banyaknya dihasilkan oleh matahari yang terletak berjuta-juta dari Bumi (149 juta kilometer). Kebutuhan energi seluruh penduduk manusia di planet bumi dalam setahun dapat dipenuhi oleh energi yang dipancarkan matahari dan mencapai bumi setiap menitnya, jika bisa ditangkap dengan benar. Pemanfaatan tenaga surya secara langsung dalam kehidupan sehari-hari contohnya untuk mengeringkan pakaian atau mengeringkan hasil panen. Pemanfaatan tenaga surya juga dapat dengan cara-cara lain seperti sel surya (disebut sel “fotovoltaik”) yang mengkonversi cahaya memanaskan air, panas matahari langsung dipakai untuk memanaskan air yang dipompakan melalui pipa pada panel yang dilapisi cat hitam.

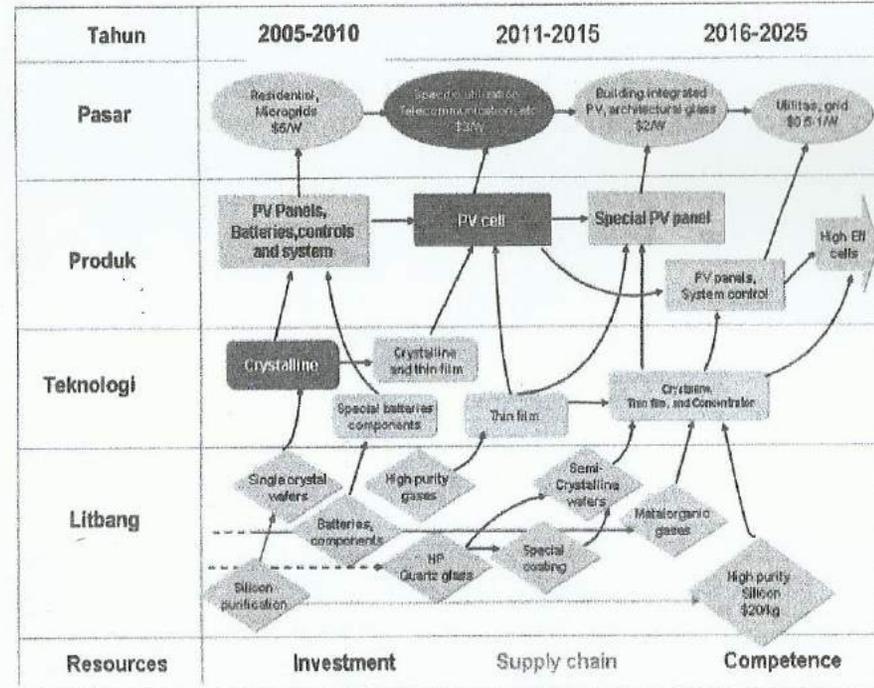
Penggunaan pengumpul panas yang disebut kolektor dapat meningkatkan pemanfaatan langsung energi matahari. Kolektor suhu mengkonsentrasikan sinar matahari pada suatu tempat sehingga diperoleh suhu yang lebih tinggi. Energi listrik juga dapat dihasilkan energi matahari. Energi matahari dikinversi untuk menghasilkan energi listrik, dengan menggunakan sel surya yang terdiri dari rangkaian panel unsur semikonduktor, misalnya lapisan unsur silikon yang tipis.



Gambar 1.3 Proses produksi solar sel monokristal silikon dan modul  
 Sumber: Renewable Energy, Power for a Sustainable Future (2004)

Menurut Basrur dan Collin dalam *Nuclear Power and Energy Security in Asia* (2012), sel fotovoltaik (*solar photovoltaic/PV*) merupakan material semikonduktor yang mengkonversi energi dari sinar matahari secara langsung menjadi listrik. Panel berlapis kaca yang terbuat dari sel silicon mono-kristal dan multi-kristal generasi pertama

adalah bentuk yang paling umum, namun ragam generasi kedua berupa lapisa tipis film saat ini tersedia terintegrasi ke dalam atap/genteng, sirap, dan foil.

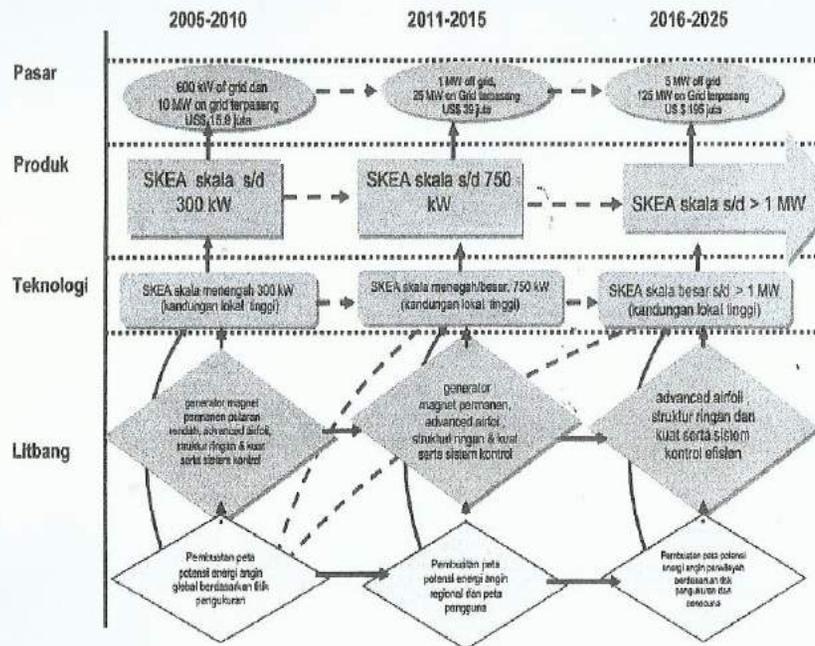


Gambar 1.4 Roadmap sektor energi surya di Indonesia oleh Kemenristek

Sumber: Indonesia 2005-2025 Buku Putih, 2006  
 Instalasi tipikal dari 2 kWe peak output (kWe.pk) mengandung 10-20 modul masing-masing sekitar 1 m2 yang tersambung pada inverter yang mendeterminasikan daya maksimal dan mengkonversi output DC menjadi arus AC yang kompatibel dengan grid.

b. Energi Angin

Hembusan angin dapat menghasilkan energi angin. Penerapan energi angin untuk berbagai keperluan mulai dilakukan beberapa negara, termasuk digunakan sebagai sumber daya energi. Sejak dulu Belanda sudah memanfaatkan energi angin untuk digunakan sebagai sumber energi. Di Belanda kincir angin digunakan untuk memompa air irigasi.



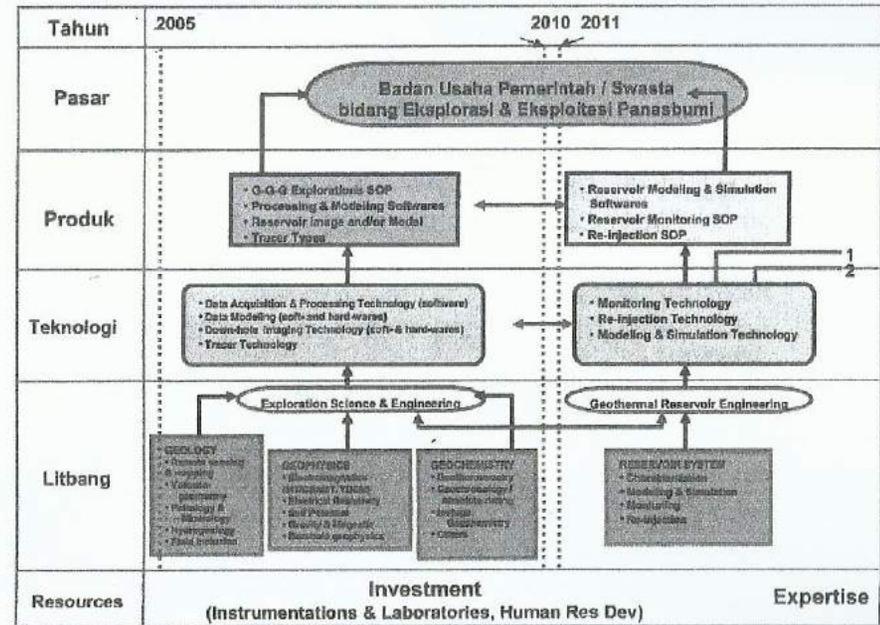
Gambar 1.5 Roadmap sektor energi bayu (angin) di Indonesia oleh Kemenristek

Sumber: Indonesia 2005-2025 Buku Putih, 2006  
Putaran kincir angin di Belanda yang lambat disebabkan oleh bentuknya yang besar dan terlihat berat. Baling-baling yang besar dan berat itu dapat menghasilkan

tenaga yang besar. Listrik juga dapat dihasilkan dari energi angin dengan menggunakan kincir angin yang disambungkan menggunakan generator yang dapat menghasilkan energi mekanik atau listrik (turbin angin).

c. Energi Panas Bumi

Energi yang berasal dari panas yang terdapat di dalam bumi disebut energi panas bumi. Aktivitas vulkanik (gunung berapi) dapat menyebabkan munculnya panas bumi di permukaan bumi. Beberapa lokasi yang menyemburkan gas atau air panas terdapat di sekitar gunung berapi.



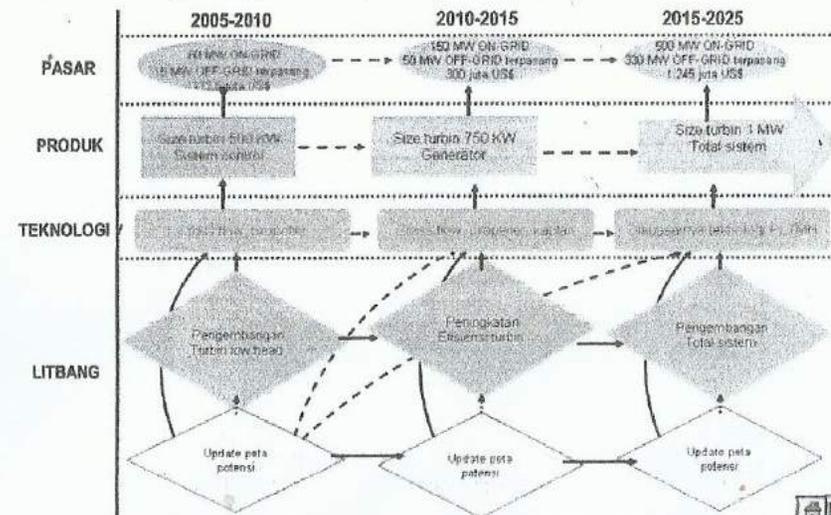
Gambar 1.6 Roadmap sektor energi panas bumi di Indonesia oleh Kemenristek

Sumber: Indonesia 2005-2025 Buku Putih, 2006

Uap alam, air panas, dan batuan kering panas merupakan 3 sumber utama panas geothermal. Pemanfaatan uap geothermal telah dilakukan terutama untuk pembangkit listrik. Secara luas, air panas telah dimanfaatkan untuk pemanfaatannya, tetapi pemakaiannya untuk pembangkit tenaga sedang diteliti. Sedangkan batuan kering panas merupakan sumber panas terbesar yang masih diteliti untuk penggunaan yang tepat.

#### d. Energi Hydropower

Kekuatan air dapat menghasilkan energi listrik yang disebut *hydropower*. *Hydropower* direkayasa dengan membendung air sungai, kemudian air tersebut diarahkan menuju turbin menggunakan pipa. PLTA (Pembangkit Listrik Tenaga Air) menerapkan prinsip tersebut.



Gambar 1.7 Roadmap sektor mikro hidro di Indonesia oleh Kemenristek

Sumber: Indonesia 2005-2025 Buku Putih, 2006

Jarak jatuhnya air ke turbin dan jumlah air yang mengalir merupakan prinsip dari stasiun pembangkit listrik tenaga air. Pasokan air sangat mempengaruhi operasional PLTA. Pada umumnya danau digunakan sebagai tempat penampungan air dalam jumlah besar. Waduk dibangun jika tidak terdapat danau. Tempat yang tepat untuk membangun waduk dan instalasi/stasiun pembangkit listrik dapat ditentukan para peneliti dengan penelitian selama beberapa tahun.

#### e. Hidrogen

Bahan bakar minyak (bbm) dapat diganti dengan bahan bakar yang berasal dari hidrogen. Hidrogen dinilai lebih baik dari bbm yang dikenal saat ini. Bahan bakar hydrogen tidak merusak bumi karena tidak menghasilkan polusi. Dengan pembuatan yang sederhana, yaitu hanya dari air yang kemudian di bakar seperti bensin, menjadikan persediaan bahan bakar hydrogen tidak akan habis. Disamping itu, energi yang banyak diperlukan untuk mendapatkan hidrogen. Dalam memaksimalkan keuntungan, harus ada sumber energi yang diperbaharui dibandingkan penggunaan energi yang berasal dari bahan bakar fosil.

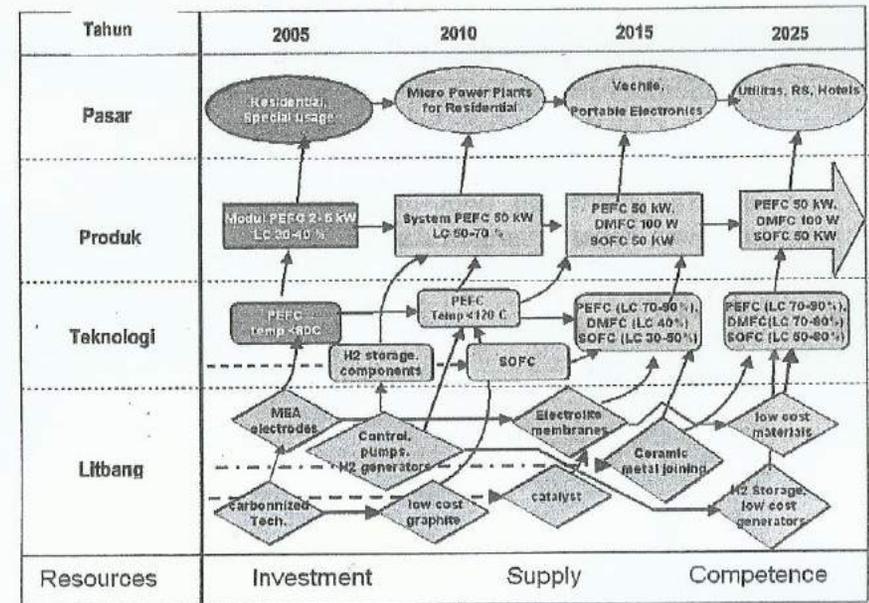
Menurut Skea, Ekins, dan Winskel dalam *Energy 2050 Making the Transition to a Secure Low Carbon Energy System* (2011), mekanisme *fuel cell* (sel bahan bakar) berbeda dari mekanisme mesin-mesin lainnya, secara elektro-kimia mengkonversi bahan bakar secara langsung menjadi listrik daripada membakarnya. Gas alam direformasi menjadi hidrogen pada prosesor bahan bakar yang secara katalis memisahkannya menjadi ion-ion dan elektron bersama dengan sel bahan bakar, menghasilkan

arus DC dan air. Karbondioksida juga dihasilkan ketika bahan bakar hidrokarbon direformasi, meskipun emisi dari polusi udara lainnya adalah sepersepuluh emisi dari sistem berbasis mesin tersebut.

Tabel 1.2 Perbandingan metrik untuk teknologi pembangkit mikro

	Kapasitas tipikal (kW)	Efisiensi/ COP/ hasil tahunan	Biaya terpasang saat ini (£,000)	Perkiraan usia (tahun)
Boiler terkondensasi	25 <sup>th</sup>	82-89%	1,5-2,5	10-20
Pemanas biomassa	<5 <sup>th</sup>	70-80%	2-4	20-30
Boiler biomassa	10-20 <sup>th</sup>	80-90%	5-15	
ASHP	5-15 <sup>th</sup>	2,9-3,5	1-6	15-25
GSHP		3,9-4,8	10-15	(hingga 50)
Solar photovoltaic	1.5 <sub>e</sub>	1000-1300 kWh	6-10	25-50
Solat thermal	3 <sup>th</sup>	800-1700 kWh	2-8	25+
	0,6-1,2 <sub>e</sub>	50-150 kWh kota	2+	15
		500-1000 kWh desa		
	1 <sub>e</sub>	20%	4-6	10-20
	3 <sup>th</sup>	75-80%		
	1 <sub>e</sub>	4-8%	3	10
	5-13 <sup>th</sup>	75-80%	(subsidi)	
	0,7-1 <sub>e</sub>	30-35%	15+	3-10
	0,5-3 <sup>th</sup>	70-75%		

Sumber: *Energy 2050 Making the Transition to a Secure Low Carbon Energy System*, 2011



Gambar 1.8 Roadmap sektor energi Hidrogen/Fuel Cell di Indonesia oleh Kemenristek

Sumber: Indonesia 2005-2025 Buku Putih, 2006

Dua jenis sel bahan bakar yang digunakan secara predominan untuk mikro-CHP yaitu membrane polimer elektrolit (PEMFC) dan padatan oksida (SOFC). Suhu rendah PEMFC (sekitar 80°C) menggunakan komposit fluoropolymer terhidrasi dan sejumlah kecil katalis platina, sedangkan SOFC menggunakan komposit keramik tipis dan campuran kromium yang dapat menahan suhu operasi hingga 500-900°C. Panas diekstraksi dari prosesor bahan bakar dan mengeluarkan gas buangan, menghasilkan antara 0,8 hingga 1,6 kW<sub>th</sub> per kW<sub>e</sub>.

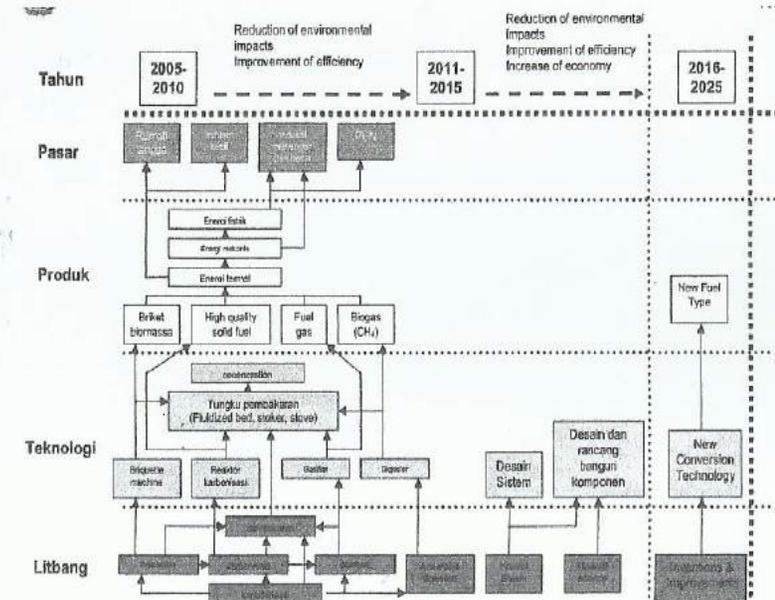
## f. Biomassa/Biogas

Massa tumbuhan dan kotoran hewan yang dapat memberikan energi, baik dengan dibakar langsung, maupun setelah diubah menjadi bahan lain yang pembakarannya lebih mudah, disebut Biomassa. Sisa atau pembuangan dari manusia dan hewan juga merupakan biomassa. Instalasi biomassa dapat dibangun dari tangka kotoran manusia dan hewan. Biogas merupakan gas yang keluar dari instalasi tersebut.

Tabel 1.3 Potensi Nasional Biogas dari Kotoran Ternak

No	Jenis Ternak	Populasi (ekor)	Produksi KTS (Ton/th)	Produksi Biogas setara minyak tanah (L/th)	Produksi Pupuk Organik (Ton/th)
1	Ruminansis		73,446,840	3,672,342,056	29,198,735
	Besar	18,707,204	66,294,374	3,314,718,738	26,517,749
	Kecil	27,766,988	7,152,466	357,623,318	2,680,986
2	Non Ruminansis	7,621,499	6,361,683	318,094,182	2,544,673
3	Unggas	1,636,838,840	8,906,363	445,318,170	3,562,545
<b>Total</b>				4,435,754,408	35,305.953

Sumber: Kajian Penyediaan dan Pemanfaatan Migas, Batubara, EBT dan Listrik, 2017



Gambar 1.9 Roadmap sektor bahan bakar padat dan gas dari biomassa di Indonesia oleh Kemenristek

Sumber: Indonesia 2005-2025 Buku Putih, 2006

## g. Biodiesel

Berbagai macam jenis tanaman yang dapat dimanfaatkan sebagai energi (bahan bakar nabati) seperti: kelapa sawit, kemiri sunan, jarak pagar, jagung, singkong atau ketela, tebu dan yang lainnya. Pada umumnya, potensi bioenergi dapat dimanfaatkan untuk biodiesel, bietanol, dan bioavtur. Biodiesel telah lama menjadi wacana di beberapa negara di dunia sebagai energi alternative pengganti bahan bakar fosil. Terdapat negara yang beralih ke biodiesel dan mampu mengurangi serta melepaskan ketergantungan pada bbm. Pemanfaatan energi yang berasal

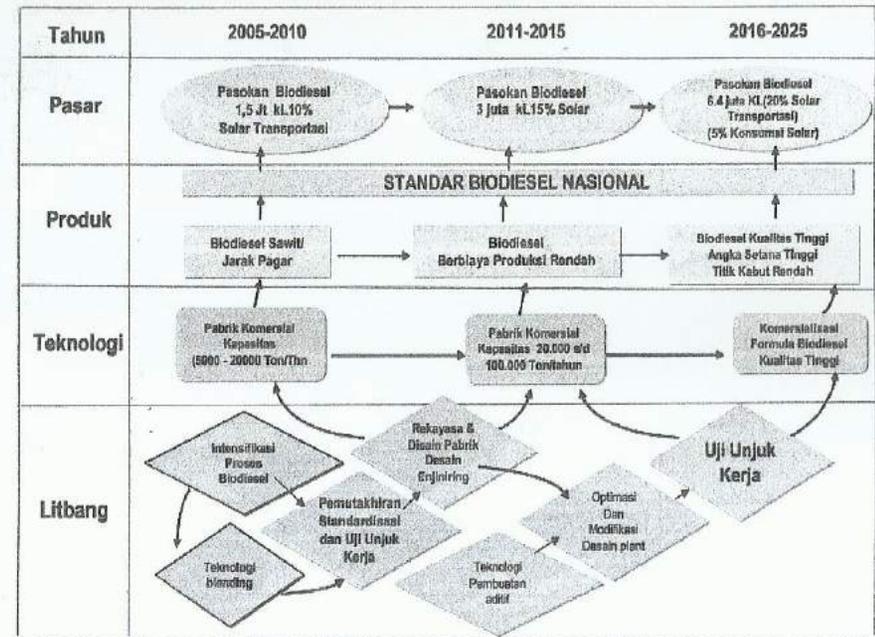
dari tumbuhan atau lemak binatang dapat dilakukan dengan pengolahan secara murni atau dicampur dengan bahan bakar lain. Bahan bakar alternative tersebut dapat diperbaharui, ramah lingkungan, dapat menghilangkan emisi gas buang, dan menjadikan biodiesel dapat menjadi solusi menghadapi kelangkaan energi fosil pada masa mendatang.

Tabel 1.4 Pemanfaatan Bioenergi

	Biodiesel	Bioetanol	Bioavtur
<b>Tanaman</b>	Kelapa sawit (crude palm oil), kemiri, sunan, dsb	Mollasseas, Singkong, Sagu, Sorgum, dsb	
<b>Produksi</b>	8 juta ton (domestic)	1,5 juta ton Mollasseas, 22 juta ton singkong	
<b>Kebutuhan</b>	2,5 juta ton (campuran 20%)		Campuran

Sumber: Kajian Penyediaan dan Pemanfaatan Migas, Batubara, EBT dan Listrik, 2017

Bioenergi juga dapat berasal dari pemanfaatan limbah ternak dan limbah organik. Indonesia memiliki jumlah hewan ternak sebagai bahan baku biogas yang cukup besar, antara lain 13 juta ternak sapi perah dan pedaging, serta sekitar 15.6 juta ternak setara dengan 1 juta unit digester biogas rumah tangga (2.3 juta SBM). Limbah organik cair dari industri sawit (POME), industri tahu dan lainnya yang juga dapat dimanfaatkan menjadi biogas.

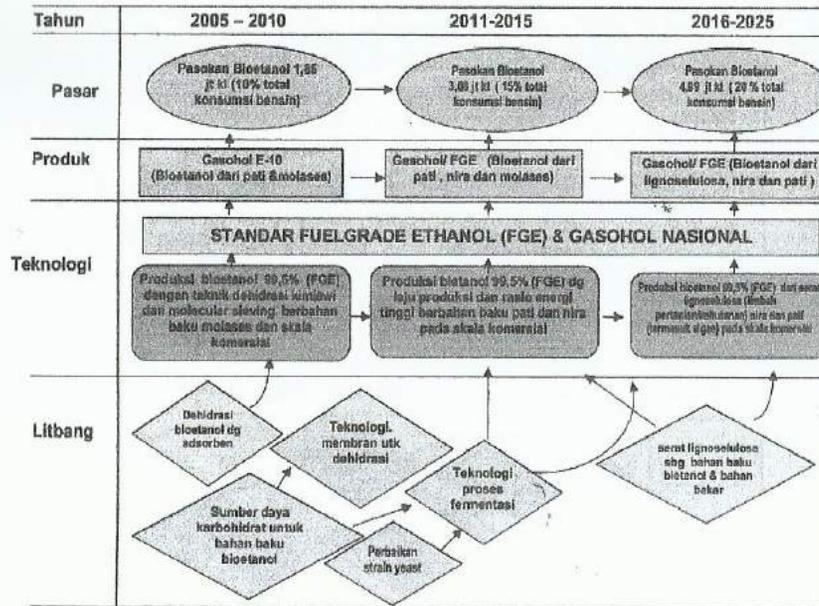


Gambar 1.10 Roadmap sektor energi biodiesel di Indonesia oleh Kemenristek

Sumber: Indonesia 2005-2025 Buku Putih, 2006

#### h. Etanol

*Etil alkohol* atau Etanol merupakan sumber energi berupa alkohol, yang merupakan hasil fermentasi tumbuhan tertentu, seperti jagung atau gandum. Brazil merupakan contoh negara di dunia yang sangat baik dalam mengembangkan energi alternatif etanol. Brazil juga menjadi negara nomor 1 di dunia dalam hal penggunaan etanol sebagai bahan bakar kendaraan bermotor. Setiap tahunnya Brazil dapat menghasilkan sekitar 15 milyar liter etanol.



Gambar 1.11 Roadmap sektor energi bioetanol di Indonesia oleh Kemenristek  
 Sumber: Indonesia 2005-2025 Buku Putih, 2006

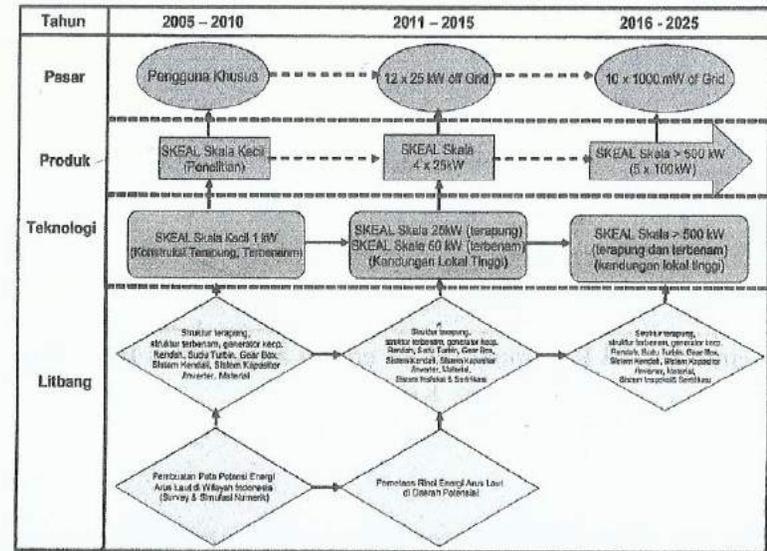
i. Metanol

Metanol alkohol atau methanol merupakan bahan bakar alkohol yang berasal dari kayu. Penggunaan methanol dapat dalam bentuk murni ataupun sebagai campuran bensin. Bahan bakar methanol dapat mempercepat terjadinya korosi pada mesin kendaraan, hal tersebut menjadi kelemahan dari penggunaan methanol.

j. Energi Tidal (Pasang Surut Air Laut)

Energi pasang surut air atau energi tidal merupakan sumber energi yang kurang dikenal. Keunggulan energi tidal dibandingkan energi angin dan energi surya yaitu memiliki

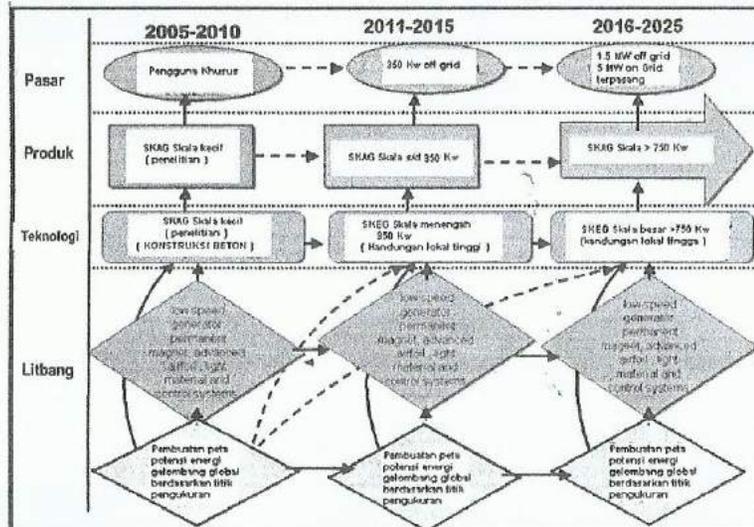
aliran energi yang lebih pasti/mudah diprediksi, tidak membutuhkan teknologi konversi yang begitu rumit, dan lebih hemat ruang. Namun energi ini membutuhkan alat konversi yang handal dan mampu bertahan dengan kondisi air laut, terutama tingkat korosi dan kuatnya arus atau badai di laut, hal tersebut menjadi kelemahan sumber energi ini. Energi tidal memiliki prinsip kerja yaitu ketika laut mengalami pasang naik, air laut dengan volume jutaan kubik naik ke darat. Waduk atau bendungan besar yang dibuat di daratan akan menampung air pasang tersebut. Baling-baling dipasang dimulut waduk dan berputar sesuai arah angin. Umumnya digunakan 2 putaran yaitu saat pasang dan saat air surut.



Gambar 1.12 Roadmap sektor energi arus laut di Indonesia oleh Kemenristek  
 Sumber: Indonesia 2005-2025 Buku Putih, 2006

### k. Gelombang Laut

Potensi lain dari lautan yang bisa dimanfaatkan selain energi tidal adalah gelombangnya. Gelombang laut memiliki energi yang dapat dikonversi menjadi listrik. Pengumpulan energi gelombang laut untuk memutar turbin generator merupakan prinsip kerjanya. pengembangan potensi dari energi terbarukan ini saat ini telah dilakukan beberapa negara.



Gambar 1.13 Roadmap sektor energi arus laut di Indonesia oleh Kemenristek

Sumber: Indonesia 2005-2025 Buku Putih, 2006

### l. Piezoelektrik

*Piezoelektrik* merupakan suatu sistem yang dapat menghasilkan listrik dengan mengubah energi mekanik. Penerapan sistem penghasil energi ini sangat baik padatempat-tempat umum, seperti yang terpasang di lantai

rumah disko di Inggris dan di sebuah lantai stasiun kereta Jepang. Konversi tekanan dari orang-orang ditempat itu menjadi listrik erupakan prinsip kerjanya. Sehingga dapat dikatakan kebutuhan listrik sekitar tempat tersebut dapat dipenuhi oleh *Piezoelektrik*.

# DAFTAR PUSTAKA

- Arindya, R. (2018). *Energi Terbarukan*. Yogyakarta: Teknosain.
- Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi. (2018). *Outlook Energi Indonesia 2018*. Jakarta: Pusat Pengkajian Industri Proses dan Energi.
- Basrur, R., & Collin, K. (2012). *Nuclear Power and Energy Security in Asia*. Abingdon: Routledge.
- Boyle, G. (2004). *Renewable Energy: Power for a Sustainable Future (second edition)*. New York: Oxford University Press.
- Haryanto, A. (2017). *Energi Terbarukan*. Yogyakarta: Teknosain.
- Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral. (2015). *Pemodelan dan Prakiraan Penyediaan dan Pemanfaatan Migas, Batu Bara, EBT & Listrik*. Jakarta: Pusat Data dan Teknologi Informasi Energi dan Sumber Daya Mineral.
- Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral. (2016). *Manajemen Rantai Penyediaan dan Pemanfaatan Energi Nasional*. Jakarta: Pusat Data dan Teknologi Informasi Energi dan Sumber Daya Mineral.
- Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral. (2017). *Kajian Pemodelan Prakiraan Penyediaan dan Pemanfaatan Energi dengan Skenario Optimasi*

- Pengolahan Batubara*. Jakarta: Pusat Data dan Teknologi Informasi Energi dan Sumber Daya Mineral.
- Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral. (2017). *Kajian Penyediaan dan Pemanfaatan Migas, Batubara, EBT dan Listrik*. Jakarta: Pusat Data dan Teknologi Informasi Energi dan Sumber Daya Mineral.
- Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral. (2018). *Instalasi Pembangkit Listrik Tenaga Surya*. Jakarta: GIZ Energising Development Indonesia.
- Kementerian Negara Riset dan Teknologi Republik Indonesia. (2006). *Indonesia 2005 - 2025 Buku Putih*. Jakarta: Kementerian Negara Riset dan Teknologi Republik Indonesia.
- Luft, G., & Korin, A. (2009). *Energy Security Challenges for the 21st Century*. Santa Barbara, California: Praeger Security International.
- Ministry of Energy and Mineral Resources Republic of Indonesia. (2018). *Handbook of Energy & Economic Statistics of Indonesia*. Jakarta: Ministry of Energy and Mineral Resources Republic of Indonesia.
- Peraturan Presiden RI No.22 Tahun 2017 tentang Rencana Umum Energi Nasional. (2017).

- Sekretariat Jenderal Dewan Energi Nasional. (2016). *Outlook Energi Indonesia 2016*. Jakarta: Sekretariat Jenderal Dewan Energi Nasional.
- Skea, J., Ekins, P., & Winskel, M. (2011). *Energy 2050: Making the Transition to a Secure Low Carbon Energy System*. New York: Earthscan.
- Soerawidjaja, T. H. (2019). Aneka Bahan Bakar Nabati (BBN) Cair dan Garis Besar Cara Pembuatannya. *Status Terkini Pengembangan Biofuel Asal Minyak Sawit dan Minyak Inti Sawit* (pp. 1-9). Bogor: MAKSI.
- Subagjo. (2019). Pengembangan Katalis Merah Putih untuk Produksi BBN. *Status Terkini Pengembangan Biofuel Asal Minyak Sawit dan Minyak Inti Sawit* (pp. 1-17). Bogor: MAKSI.
- Sukandarrumidi, Kotta, H., & Wintolo, D. (2015). *Energi Terbarukan: Konsep Dasar Menuju Kemandirian Energi*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Tarigan, B. H. (2013). *Bahan Bakar Alternatif Biodiesel*. USU Digital Library.

## TENTANG PENULIS



Dr. Drs. Suyono Thamrin, S.T., MEngSc. dosen program studi ketahanan energi Universitas Pertahanan, dilahirkan di Kudus, 2 Mei 1963, tamat Akademi TNI Angkatan Laut tahun 1987 korps Teknik, dan tamat S1 Universitas WR Supratman tahun 1992 bidang Sospol/ Administrasi Negara, dan tamat Sekolah Tinggi Teknologi Angkatan Laut (STTAL) tahun 1995 jurusan Teknik Manajemen Industri, menamatkan studi S2 di Queensland University of Technology bidang Engineering Science and Engineering Management dan menamatkan S3 di Universitas Jakarta bidang Manajemen Sumberdaya Manusia. Sebagai anggota militer, beberapa penugasan di KRI sebagai asisten Perwira motor pokok hingga *Chief Engineer* di KRI Kambani 971, dan juga penugasan di staf personel, staf logistik dan sebagai kepala biro di Kementerian Sekretaris Negara dan juga penugasan di *United Nation* sebagai *military observer*. Sebagai praktisi energi terbarukan terutama PLTS, penulis juga telah mengikuti *training* di bidang *defense and strategic studies* pada tahun 2013 di CDS CPLA, Crisis Management 2013 di King Hua University, Beijing, pelatihan energi terbarukan dan *design PV System*. Penulis juga aktif melaksanakan penelitian bersama koleganya tentang pemanfaatan medan magnet untuk membangkitkan energi listrik.

## TENTANG PENULIS



Deffi Ayu Puspito Sari, S.TP., M.Agr., Ph.D. lulus dari *Graduate School of Agricultural Science, Department of Resource and Environmental Economic, International Program of Human Security for Food and Agriculture, Laboratory of International Development Studies, Tohoku University, Japan* dan menerima gelar Master dan Ph.D dalam bidang *Biological Resource Science dan Agricultural Science*. Penulis mendapatkan gelar Sarjana Teknologi Pertanian dari Insitut Pertanian Bogor. Beasiswa yang diperoleh diantaranya dari Otsuka Toshimi Foundation, Asahi Glass Company dan Monbukagakusho Jepang. Penulis menjuarai kompetisi riset dan menerima hibah penelitian dari Tohoku Kaihatsu, Iijima Foundation, Universitas Bakrie, Universitas Pertahanan dan Kemenristekdikti. Bersama tim dari Universitas Bakrie menjuarai *Efficiency Energy Award* dari Kementerian ESDM.

Saat ini penulis adalah pengajar di prodi Teknik Lingkungan dan menjabat sebagai Kepala Penelitian dan Pengembangan Universitas Bakrie, selain itu penulis juga sebagai *expert lecturer* di Universitas Pertahanan. Sebelumnya penulis memiliki pengalaman mengajar di Sendai National College of Technology (Jepang), Universitas Tohoku (Jepang), dan Institut Pertanian Bogor, menjadi *research asisstant* di *International Program of Human Security* dalam proyek *Global 30* dan tergabung dalam *Tohoku University Hurdling Project*. Deffi telah menulis 57 publikasi internasional dengan total 112 sitasi.

## TENTANG PENULIS



Agnes Setioningrum S.T. dilahirkan di Jakarta, 22 November 1996 dan merupakan anak ketiga dari pasangan Setiono (alm.) dan Saonah. Agnes menamatkan pendidikan S1 Universitas Bakrie program studi Teknik Lingkungan pada tahun 2018. Gelar sarjana terbaik bidang program studi diperolehnya pada tahun yang sama dengan judul penelitian akhir *Simulasi Dispersi Asap dan Distribusi Suhu Udara pada Kasus Kebakaran Kelurahan Kebon Melati menggunakan Computational Fluid Dynamics*. Selama masa kuliahnya Agnes pernah menjabat sebagai Ketua Himpunan Mahasiswa Teknik Lingkungan Universitas Bakrie periode 2015-2016. Agnes mengikuti program magang pada PT Rekayasa Industri sebagai Staff Health, Safety, Security, and Environmental (HSSE) pada tahun 2017 dan sebagai Staff Lembaga Penelitian dan Pengembangan Universitas Bakrie (LPP-UB) pada tahun 2018.

# ENERGI BARU DAN TERBARUKAN

Kebutuhan akan energi di Indonesia terus mengalami peningkatan seiring dengan meningkatnya pertumbuhan ekonomi dan bertambahnya jumlah penduduk. Namun, meningkatnya kebutuhan energi ini belum dapat diimbangi dari sisi penyediaannya. Tingginya pertumbuhan permintaan energi di beberapa wilayah inilah semakin memperlebar kesenjangan antara sisi permintaan dengan penyediaan energi, yang berpotensi pada terjadinya krisis energi apabila tidak mendapat perhatian khusus. Energi baru terbarukan memiliki potensi untuk memenuhi tantangan pembangunan, pertumbuhan ekonomi dan lingkungan dapat ditangani secara bersamaan. Dibandingkan dengan potensinya, pemanfaatan potensi energi terbarukan di Indonesia masih sangat rendah, sehingga pengembangannya masih sangat terbuka.

ISBN 978-602-5008-32-6



9 786025 808326

# ENERGI BARU DAN TERBARUKAN

Kebutuhan akan energi di Indonesia terus mengalami peningkatan seiring dengan meningkatnya pertumbuhan ekonomi dan bertambahnya jumlah penduduk. Namun, meningkatnya kebutuhan energi ini belum dapat diimbangi dari sisi penyediaannya. Tingginya pertumbuhan permintaan energi di beberapa wilayah inilah semakin memperlebar kesenjangan antara sisi permintaan dengan penyediaan energi, yang berpotensi pada terjadinya krisis energi apabila tidak mendapat perhatian khusus. Energi baru terbarukan memiliki potensi untuk memenuhi tantangan pembangunan, pertumbuhan ekonomi dan lingkungan dapat ditangani secara bersamaan. Dibandingkan dengan potensinya, pemanfaatan potensi energi terbarukan di Indonesia masih sangat rendah, sehingga pengembangannya masih sangat terbuka.

ISBN 978-602-5808-32-6



9

786025

808326