

BUDHI M. SUYITNO



REKAYASA SISTEM ENERGI NASIONAL

[Document subtitle]



2022

KATA PENGANTAR

Disertai puji syukur kepada Tuhan Yang Maha Kuasa, pada akhirnya buku Referensi Rekayasa Sistem Energi, hadir di depan sidang pembaca khususnya para peneliti dan mahasiswa. Berbagai kendala dan rintangan menyebabkan penyelesaian buku ini agak mundur. Bersyukur banyak kolega peneliti, dosen, staf kependidikan, mahasiswa dan lingkungan keluarga sangat mendukung dan tanpa henti selalu memberikan semangat. Pada kesempatan ini penyusun bermaksud menyampaikan ucapan terimakasih kepada mereka yang telah berjasa baik langsung maupun tak langsung atas penerbitan buku ini sebagai berikut:

1. Para pimpinan Universitas Pancasila (UP) yang telah menyediakan berbagai fasilitas sehingga proses penerjemahan berjalan lancar;
2. Pimpinan Fakultas Teknik Universitas Pancasila (FTUP) yang telah menyediakan fasilitas dan berbagai bantuan untuk penerbitan buku ini;
3. Para Guru Besar di lingkungan UP yang selalu menyediakan waktu untuk tukar pikiran dan diskusi yang bermanfaat;
4. Para kolega peneliti di lingkungan Program Studi Magister Teknik Mesin (MTM) dan Program S1 Teknik Mesin (TM) di lingkungan FTUP yang senantiasa berbagi ide dan gagasan untuk mengembangkan metoda penelitian terapan di FTUP;
5. Para peneliti di Pusat Kajian Energi Baru dan Terbarukan (EBT) yang menginspirasi para peneliti sehingga bergairah terus guna menambah materi HAKI dan inovasi;
6. Para staf kependidikan di lingkungan FTUP yang dengan tulus melakukan banyak koreksi dan penyempurnaan buku sehingga siap cetak;
7. Para mahasiswa tingkat Sarjana dan Pasca Sarjana FTUP yang telah bersama-sama mengembangkan penelitian tepat guna sesuai kebutuhan pasar;
8. Anggota keluarga di rumah yang memberikan kedamaian dan semangat untuk menyelesaikan tulisan ini;
9. Semua pihak yang tak dapat disebutkan satu per satu yang telah memberikan kontribusinya selama ini sampai proses penerbitannya.

Demikian penyusun telah sampaikan terimakasih setulus-tulusnya, bila ada kesalahan yang sengaja maupun tidak sengaja mohon dibukakan pintu maaf sebesar-besarnya.

Jakarta, 23 Februari 2022

Budhi M. Suyitno

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR.....	ii
DAFTAR ISI.....	iii
1 BAGIAN I PENGANTAR ENERGI	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Hukum Dasar Energi.....	1
1.3. Konservasi Energi Nasional	2
1.4. Energi dan Pelestarian Lingkungan.....	4
1.5. Perubahan Paradigma.....	6
Referensi Bagian I.....	9
2 BAGIAN II SISTEM ENERGI.....	11
2.1. Umum	11
2.2. Pengertian Sistem.....	11
2.3. Sistem Makro	12
2.4. Sistem Mikro.....	12
2.5. Siklus Rekayasa Sistem Energi (RSE)	13
2.6. Kegunaan Laporan Studi Kelayakan RSE.....	14
2.7. Rekayasa Perancangan Desain (<i>Project Design Engineering</i>).....	14
2.8. Evaluasi Pasar	14
Referensi Bagian II	14
3 BAGIAN III SUMBER DAYA ENERGI NASIONAL.....	17
3.1. Umum	17
3.2. Kebutuhan Energi Nasional	18
3.3. Cadangan Energi Tak Terbarukan.....	21
3.4. Cadangan Energi Alternatif.....	23
3.5. Energi Alternatif Lainnya dan Bauran Energi.....	30
Referensi Bagian III.....	33
4 BAGIAN IV SEJARAH SINGKAT ENERGI NASIONAL.....	35
4.1. Umum	35
4.2. Bonanza Minyak	35
4.3. Keanggotaan OPEC	36
4.4. Fluktuasi Harga BBM 1970-2016.....	37
4.5. BBM Komersial	40

Referensi Bagian IV.....	42
5 BAGIAN V REGULASI ENERGI	44
5.1. Umum	44
5.2. Regulasi Energi UU No.30/2007 tentang Energi	50
5.3. Regulasi BBM.....	52
Referensi Bagian V	53
6 BAGIAN VI KETAHANAN ENERGI NASIONAL.....	55
6.1. Umum	55
6.2. Konsep dan Implementasi Konversi Energi Nasional.....	56
6.3. Perubahan Paradigma Energi	58
6.4. Semangat Kemandirian Energi.....	61
Referensi Bagian VI.....	62

BAGIAN I

PENGANTAR ENERGI

1.1. Latar Belakang

Energi berasal dari kata *ergon* yang artinya kerja dalam Bahasa Yunani. Selain kerja, energi bisa berbentuk potensial yang terkandung di dalam setiap benda atau materi yang diam dan energi gerak (kinetik) manakala benda atau materi tersebut sedang bergerak dengan kecepatan tertentu. Energi dapat berubah bentuk apa saja, namun energi bersifat kekal. Hukum kekekalan energi mengajarkan kepada kita bahwa total energi sampai kapanpun tak berubah. Kekekalan energi ini berlaku untuk seluruh alam semesta beserta isinya. Baik di dalam inti atom sampai ukuran terkecil maupun di bentangan semesta tak terbatas, energi selalu ada dan kekal. Energi dapat didefinisikan sebagai materi fisik yang tak kasat mata, berupa daya atau kekuatan, menjadi sumber hidup dan kehidupan manusia khususnya serta alam semesta (*universe*) umumnya.

Dengan kata lain, energi berada di segala sesuatu dan pada saat yang sama energi juga meliputi segala sesuatu. Selanjutnya agar lebih memahami energi dalam kehidupan sehari-hari, seyogyanya kita mulai dengan energi yang langsung dikonsumsi. Sesuai penggunaannya oleh masyarakat, kalangan konsumen mengenal energi primer dan sekunder. Energi primer biasanya langsung digunakan sesuai keadaan fisik asli dari sumbernya. Seperti batubara misalnya langsung menjadi arang pembakaran pada lokomotif uap, minyak mentah dan gas bumi langsung dipakai sebagai bahan bakar, sinar matahari sebagai pengering gabah, kayu bakar untuk memasak dan angin sebagai penggerak perahu layar. Kalau diurut akan ditemukan masih banyak contoh energi primer di kalangan masyarakat umumnya. Sementara energi sekunder berasal dari energi primer yang telah melalui tahap proses pengolahan agar para konsumen lebih mudah memanfaatkannya. Seperti BBM (bahan bakar minyak), BBG (bahan bakar gas) dan listrik.

1.2. Hukum Dasar Energi

Untuk melengkapi dasar pembahasan lebih lanjut, maka berikut akan disampaikan landasan teori dasar tentang hukum energi dari sudut Termodinamika. Termodinamika berasal dari bahasa Yunani yaitu *therme* (kalor) dan *dynamis* (gaya). Terdapat empat hukum mutlak terkait dengan termodinamika, yaitu:

- a. Hukum Termodinamika 0 (Keseimbangan Termal)

Jika dua sistem berada dalam kesetimbangan termal dengan sistem ketiga, maka mereka berada dalam kesetimbangan termal satu sama lain

b. Hukum Termodinamika 1 (Konservasi Energi)

Energi tidak dapat diciptakan ataupun dimusnahkan, melainkan hanya bisa diubah bentuknya saja dengan dasar perhitungan: $Q = W + \Delta U$ dimana Q adalah kalor atau energi yang diterima/dilepas, W = energi dalam bentuk kerja/usaha, dan ΔU adalah perubahan energi.

c. Hukum Termodinamika 2 (Entropi)

Hukum Termodinamika 2 membakukan konsep entropi sebagai karakteristik fisik sistem termodinamika. Entropi memprediksi arah proses spontan dan menentukan apakah proses tersebut mampu balik atau tidak, walaupun selalu tunduk terhadap ketentuan konservasi energi sebagaimana hukum Termodinamika 1. Hukum Termodinamika 2 dapat diformulasikan melalui observasi bahwa entropi dari sistem terisolasi yang menandakan evolusi spontan tak dapat berkurang, yaitu saat mencapai kondisi keseimbangan termodinamika dengan nilai entropi tertinggi. Jika semua proses dalam sistem mampu balik, maka entropi akan konstan. **Kalor mengalir secara alami dari benda yang panas ke benda yang dingin; kalor tidak akan mengalir secara spontan dari benda dingin ke benda panas tanpa dilakukan kerja.**

d. Hukum Termodinamika 3 (Temperatur dan Entropi)

Entropi suatu kristal sempurna pada suhu absolut nol adalah sama dengan nol

1.3. Konservasi Energi Nasional

Berdasarkan data tahun 2011 (*Handbook of Energy and Economic Statistics in Japan 2011 Diterbitkan oleh The Energy Conservation Center of Japan*) yang diterbitkan oleh *The Energy Conservation Center of Japan* dan data studi pada tahun 2018 terkait dengan *Development of Consumption and Supplying Energy in Indonesia's Economy*, konsumsi energi listrik per kapita di Indonesia tergolong rendah, yaitu pada tingkat 572 kWh/kapita dengan GDP \$2,251/kapita (572.2251). Pada tingkat konsumsi seperti ini, posisi Indonesia masih dibawah rata-rata konsumsi listrik ASEAN (914.2655) maupun dunia (2517.9170). Semakin tinggi GDP suatu negara maka akan memerlukan peningkatan pasokan listriknya. Secara umum gambaran kondisi Indonesia saat ini seperti berikut:

- Ketergantungan terhadap energi fosil masih besar (97%);
- Disparitas konsumsi energi antar daerah cukup signifikan;

- Pertumbuhan permintaan energi berkisar 7% per tahun;
- Indonesia impor energi untuk memenuhi kekurangannya;
- Akses penduduk terhadap energi listrik masih rendah: rasio Rumah Tangga berlistrik masih 67,63%, infrastruktur energi masih terbatas di perkotaan/wilayah padat penduduk, belum menjangkau ke pelosok pedalaman;
- Energi per kapita masih rendah (572.2251);
- Potensi energi alternatif sangat besar, namun baru sedikit yang dimanfaatkan;
- Penggunaan energi masih jauh dari efisien, konservasi energi berpotensi tinggi;
- Emisi sektor energi terus meningkat

Dalam pengembangan energi ke depan selain terus memacu konservasi energi maka keseimbangan antara ketahanan dengan ekonomi nasional dan lingkungan harus tetap terjaga. Seperti amanat Undang-undang No.30/2007 tentang Energi pasal 25 seperti berikut ini:

- Konservasi energi nasional menjadi tanggungjawab pemerintah, pemerintah daerah, pengusaha dan masyarakat;
- Konservasi energi nasional mencakup seluruh tahap pengelolaan energi;
- Pengguna dan produsen peralatan hemat energi yang melaksanakan konservasi energi diberi kemudahan/insentif oleh pemerintah;
- Pengguna sumber energi dan pengguna energi yang tidak melaksanakan konservasi energi diberi disinsentif oleh pemerintah;
- Ketentuan lebih lanjut mengenai pelaksanaan konservasi energi diatur dengan peraturan pemerintah atau pemerintah daerah.

Selanjutnya dalam Pasal 9–14 dari UU No.30/2007 itu menyebutkan pelaksanaan konservasi energi meliputi:

- Penyediaan energi: perencanaan (pemilihan sarana-prasarana, peralatan, bahan dan proses) serta pengoperasian sistem energi yang efisien;
- Pengusahaan energi: penerapan teknologi yang efisien dan memenuhi standar;
- Pemanfaatan energi: mewajibkan pengguna energi (diatas 6000 TOE) per tahun wajib menerapkan manajemen energi;
- Konservasi sumber daya energi (SDE): penetapan SDE yang diprioritaskan untuk diusahakan, jumlah SDE yang dapat diproduksi dan pembatasan SDE yang dalam batas waktu tertentu tidak dapat diusahakan.

PP No. 70/2009 Tentang Konservasi Energi Pasal 12: Mewajibkan pengguna energi diatas 6000 TOE/tahun menerapkan manajemen energi antara lain:

- Menunjuk manajer energi;
- Menyusun program konservasi energi;
- Melaksanakan audit energi secara berkala;
- Melaksanakan rekomendasi hasil audit energi;
- Melaporkan pelaksanaan konservasi energi kepada pemerintah.

Pasal 13: manajer energi dan auditor energi wajib memiliki sertifikat kompetensi sesuai dengan ketentuan peraturan perundangan-undangan yang berlaku.

Pasal 20: insentif yang diberikan pemerintah kepada pengguna energi, antara lain:

- Fasilitas perpajakan berupa pembebasan pajak daerah dan bea masuk untuk peralatan hemat energi;
- Dana suku bunga rendah untuk investasi konservasi energi;
- Audit energi dalam pola kemitraan yang dibiayai oleh pemerintah.

1.4. Energi dan Pelestarian Lingkungan

Dalam pemanfaatan energi belakangan ini masyarakat konsumen juga harus mempertimbangkan masalah kelestarian lingkungan hidup. Energi berbasis fosil (batubara, minyak dan gas bumi) yang banyak dipakai di sektor industri dan transportasi ditengarai sebagai penyumbang terbesar emisi karbon dioksida (CO₂) yang mencemari lingkungan. Selain efek gas rumah kaca, perusakan ozon di atmosfer dan perubahan iklim terkait erat dengan masalah lingkungan. Pemanasan global terjadi sebagai akibat ulah manusia yang abai akan pelestarian lingkungannya. Sehingga terjadi peningkatan suhu permukaan planet bumi yang merata dalam kurun waktu seabad terakhir ini. Gejala pencairan gletser di kutub utara dan selatan, peningkatan permukaan air laut secara *gradual* dari tahun ke tahun disertai tenggelamnya beberapa pulau-pulau kecil di Nusantara maupun lautan Pasific dan perubahan cuaca ekstrim di seluruh dunia.

Perkembangan sistem keenergian Indonesia dalam beberapa dasawarsa terakhir, menunjukkan bahwa sumber daya energi yang semula didominasi minyak bumi telah makin bergeser ke gas bumi dan batu bara. Walaupun mengalami pergeseran jenis mineralnya, tetapi tidak terjadi perubahan dari dominasi bahan bakar fosil sebagai penopang utama sumber energi. Selain berperan sebagai penyedia kebutuhan energi nasional, ketiga sumber daya energi

tersebut juga mempunyai peran lain yang sangat penting dalam menopang sistem perekonomian nasional, yaitu sebagai komoditas ekspor sumber penghasil devisa dan pendapatan pemerintah.

Ternyata bahwa selagi potensi kemampuan produksi masih tinggi, rujukan dalam mengendalikan tingkat eksploitasi lebih berorientasi pada perolehan devisa dan pendapatan pemerintah yang sebanyak-banyaknya, dan bukan merujuk pada tingkat kebutuhan maupun *sustainability* pemenuhan kebutuhan energi dari sumber daya energi nasional. Hal ini dapat dilihat dari perkembangan tingginya rasio ekspor terhadap konsumsi dalam negeri dari tahun ke tahun, dan dalam hal minyak bumi pola laku yang demikian itu terjadi sampai *resource constraint* benar-benar dialami. Sebagai akibatnya, Indonesia yang mempunyai cadangan minyak bumi yang tak terlalu besar, pada 2004, cepat sekali berubah kedudukan dari *net oil exporter* menjadi *net oil importer*. Kecenderungan cara pandang yang sama juga dapat dilihat pada kebijakan pengelolaan sumber daya gas bumi dan batu bara.

Kebijakan penggunaan berbagai macam sumber energi (*energy-mix*) yang diterapkan pemerintah saat ini lebih banyak menekankan pengelolaan energi dari sisi penawaran (*supply side*). Sementara itu sisi permintaannya (*demand side*) dioperasikan secara optimal. Pengguna energi masih menikmati subsidi yang cenderung membuat mereka berperilaku boros. Sistem perpajakan cenderung tidak pandang bulu bagi mereka yang telah memiliki kesadaran untuk menggunakan energi secara hemat. Penyediaan bahan bakar minyak (BBM) dan tenaga listrik untuk keperluan dalam negeri memang dapat dikatakan tidak pernah lepas dari subsidi. Dapat dikatakan bahwa BBM dan tenaga listrik merupakan komoditas yang secara berkelanjutan ada dalam situasi gagal pasar, apalagi karena alur penyediaannya yang dapat diandalkan dan merata di seluruh wilayah negara masih belum sepenuhnya terwujud. Walaupun sektor tenaga listrik mengalami pertumbuhan yang tinggi, tingkat dan jangkauan pelayanan tenaga listrik masih terbatas, dan tidak merata. Keandalannya masih belum memuaskan, baik dari segi kontinuitas ketersediaan maupun dari segi kualitas tegangan.

Pembangkit energi dari sumber yang terbarukan (*renewable*) seperti biomassa, pasang surut laut, arus laut, *ocean thermal energy*, angin, surya, dan panas bumi saat ini belum sepenuhnya mendapat dukungan kebijakan yang saat ini cenderung mengikuti kemauan pasar energi global. Indonesia sudah menjadi pengimpor BBM dan belum mampu melepaskan ketergantungannya akan bahan bakar fosil yang tak-terbarukan (*non-renewable*) ini. Meskipun cadangan batu bara masih tergolong besar dan dapat diandalkan untuk beberapa puluh tahun ke depan, Indonesia perlu memikirkan agar sumber yang tak-terbarukan ini pun dapat

dimanfaatkan secara bijaksana. Jika minyak bumi dan *petrol dollar* sudah menjadi bagian masa lampau, maka batu bara dan gas bumi harus dimanfaatkan dengan cara yang berbeda.

Menuju 2030 Indonesia harus mampu mengembangkan sumber daya manusia dan teknologi yang berbasis sumber energi alternatif yang melimpah ini. Pada gilirannya teknologi yang dikuasai nanti akan mendorong pengembangan berkelanjutan. Pada tingkat akar rumput sudah banyak inisiatif masyarakat yang telah menggunakan produk EBT (Energi Baru Terbarukan) untuk memenuhi kebutuhan harian mereka. Seperti diberitakan beberapa media cetak ada komunitas mandiri energi yang tumbuh di beberapa daerah dengan memanfaatkan EBT dari bahan baku lokal. Sebagai contoh di daerah luar Jawa tercatat komunitas energi mandiri di Lombok Timur NTB, untuk provinsi Jawa Timur ditemukan di Lumajang, provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta di Yogyakarta dan Jawa Barat di Bandung.

Keinginan dan kreatifitas akan kemandirian energi ini yang bermunculan di daerah merupakan bukti kesadaran masyarakat agar tidak tergantung lagi terhadap pasokan pemerintah. Gambaran ini menunjukkan lingkungan kondusif telah tercipta di akar rumput berupa komunitas lokal yang berpotensi untuk dipersatukan ke dalam jaringan komunitas lebih besar bahkan sampai tingkat nasional. Jaringan ini akan semakin produktif jika bertaut dengan program kebijakan energi nasional yang telah diuraikan diatas. Kiranya masih ada optimisme untuk merealisasikan solusi **Energi Bagi Kesejahteraan Rakyat** akan tercapai.

1.5. Perubahan Paradigma

Setelah menyimak ulasan diatas, berikut akan disajikan beberapa kasus penanganan kebijakan energi (*best practices*) yang telah diterapkan sebagai pelajaran. Negara Swedia dipilih karena kesungguhan seluruh pemangku kepentingan untuk secara bertahap merubah ekonominya dari *Hydrocarbon based Economy* menuju *Low Carbon Economy*. Sedangkan Brazil sudah menerapkan kebijakannya secara komprehensif sejak 40-an tahun yang lalu menuju pemanfaatan *biofuel* secara signifikan.

a. Swedia sebagai salah satu Negara anggota *International Energy Agency* (IEA) cukup sukses dengan program kebijakan energinya antara lain:

- 1) Menurunkan intensitas karbon;
- 2) Meningkatkan pemakaian energi baru dan terbarukan (EBT);
- 3) Mendahulukan pemakaian *biofuel* (minyak nabati) dan tenaga angin;
- 4) Menerapkan pajak energi dan emisi karbon dioksida dengan sungguh-sungguh.

Pada tahun 2009 Swedia telah mencanangkan “*Integrated Climate and Energy Policy Framework*”. Setelah beberapa tahun berlalu, saat ini pencapaiannya cukup signifikan. Jika kebijakan tersebut berlanjut maka diharapkan pada tahun 2020 akan tercapai sasaran seperti berikut ini:

- 1) Penurunan intensitas energi 20%;
- 2) Pemakaian EBT akan mencapai 50% dari konsumsi final dan 10% dari transportasi;
- 3) Penurunan emisi gas rumah kaca (*Green House Gases*) sampai 40%.

Seperti diatas pada tahun 2030 akan dicapai sasaran diantaranya:

- 1) Armada angkutan bebas dari *fossil fuel* (minyak bumi, batubara dan gas bumi); dan
- 2) Penggantian tenaga nuklir pada pasokan listrik domestiknya (41%) dengan energi yang lebih ramah lingkungan.

Sehingga pada tahun 2050, akan ditargetkan net emisi gas rumah kaca mencapai angka nol. Strategi kunci yang diterapkan untuk mendukung pencapaian sasaran tersebut yaitu meliputi:

- 1) Penanganan programnya mengacu pada *cost-effective market*;
- 2) Keuntungan masyarakat konsumen; dan
- 3) Inovasi teknologi.

Khusus untuk inovasi teknologi, selain terobosan dalam penemuan produk, proses dan penggunaan energi terutama EBT, maka pasar listrik eceran juga diperkenalkan kepada masyarakat dengan dilengkapi jaringan listrik pintar (*smart grids*) dan meteran pintar (*smart meters*).

- b. Brazil mulai awal tahun 70-an, saat krisis BBM melanda dunia, telah mempromosikan *push program of bioethanol* yang diproduksi dari tanaman tebu sebagai bahan bakar alternatif. Tahun 1975 “*Programa Nacional do Alcool*” mulai digulirkan. Setahun kemudian memperkenalkan campuran etanol 10% dengan bensin sebagai bahan bakar. Secara bertahap tiap tahun meningkat, sehingga tahun 1993 campuran etanol mencapai 22% dan bensin murni tak boleh lagi dijual di pasar. Bahkan sejak tahun 2009 sampai sekarang campurannya menjadi 25%.

Seiring dengan tekad “*Kebangkitan Ekonomi Brazil: upaya Brazil untuk mandiri secara ekonomi dan energi*”, berbagai inovasi bio-teknologi juga dikembangkan. Bibit tebu yang dipakai sebagai bahan dasar etanol, melalui rekayasa genetika produksinya menjadi berlipat ganda. Demikian pula teknologi proses, pengemasan, pemasaran dan pendistribusian mengalami kemajuan luar biasa, termasuk munculnya mobil fleksibel berbahan bakar

campuran. Bukan hanya *push program* saja yang disiapkan, tapi Brazil pun melengkapinya dengan *pull incentive* berupa:

- 1) Pinjaman berbunga lunak untuk pembangunan penyulingan bio-etanol;
- 2) Pembelian etanol dijamin oleh perusahaan minyak milik Negara dengan harga wajar;
- 3) Hanya eceran etanol terjaga dan terjangkau oleh konsumen, dengan kemungkinan mencampur bensin dan etanol;
- 4) Pajak diberi keringanan, khususnya selama tahun 1980 guna merangsang pembelian kendaraan etanol.

Dalam perjalanan sukses Brazil sekitar 40 tahun tersebut, bukannya tanpa hambatan. Pernah setelah 20 tahun berjalan, Brazil mengalami masa-masa sulit memenuhi permintaan pasar, sehingga perlu mengimpor etanol. Jika pada awalnya kendaraan dirancang khusus berbahan bakar etanol, saat ini telah ada inovasi yang lebih fleksibel untuk mencampur bensin dengan etanol. Sejak tahun 2003 yang awalnya dimotori oleh mobil Eropa, setelah sukses akhirnya diikuti mobil lainnya dari berbagai merk. Mobil fleksibel itu di tahun 2004 memenuhi pangsa pasar 22% dari total penjualan, kemudian tahun 2005 menjadi 73%, tahun 2008 tercatat 87,6% dan tahun 2009 mencapai angka 94%. Pangsa yang menakjubkan ini juga ditunjang harga etanol yang terjangkau publik yaitu sekitar USD 17.5 *per barrel*.

Tahun 2000 jumlah tenaga kerja di industri bio-etanol ini tercatat 642 ribu orang. Lima tahun kemudian jumlah tersebut meningkat 50% atau menjadi 982 ribu pekerja. Pertumbuhan tenaga kerja lebih banyak terjadi di pabrik etanol (84%) daripada di ladang tebu (16%). Pada sepuluh tahun terakhir pendapatan per kapita penduduk Brazil naik terus secara signifikan sekitar 3x lipat dan saat ini telah mencapai USD 7,500.

Selain tebu, tanaman lainnya seperti singkong dan jagung juga dapat dibuat sebagai bahan bio-etanol (alkohol). Walaupun hanya berbasis tebu selama ini Brazil dikenal sebagai penghasil bio-etanol terbesar kedua di dunia setelah Amerika Serikat (AS). Sedangkan di AS selain tebu, tanaman jagung juga dipilih sebagai bahan etanol. Belajar dari sukses bio-etanol, maka sesuai tuntutan pasar, sejak tahun 2002 pemerintah Brazil meluncurkan Program Biodiesel dengan bahan baku dari jarak dan kelapa sawit. Namun sampai tahun 2013 ini program tersebut masih pada tingkat penelitian belum sampai ke pasar konsumen.

c. Indonesia

Dewasa ini Indonesia menghadapi masa transisi energi. Selain perubahan paradigma dari *supply management* menjadi *demand management*, juga secara gradual merubah orientasi kebijakan untuk lebih memprioritaskan energi baru dan terbarukan (EBT) dan alternatif

lainnya yang jauh lebih efisien dan ramah lingkungan. Transisi Energi tersebut dapat dipetakan sebagai berikut:

1) Perubahan Paradigma:

Tadinya berorientasi ke sisi pasokan (*supply side*); bersumber energi fosil, berapapun harganya kalau perlu disubsidi dan energi terbarukan sebagai alternatif. Semua pasokan digunakan untuk memenuhi kebutuhan energi sektoral (rumah tangga, industri, transportasi dan komersial) yang kurang efisien. Dewasa ini berubah dan berorientasi ke sisi permintaan (*demand side*); penataan dan pengelolaan sisi permintaan sektoral menjadi jauh lebih efisien kemudian dipenuhi dengan sumber energi terbarukan yang disertai energi fosil sebagai penyeimbang.

2) EBT sebagai Sumber Utama:

Tahun 2012 Bauran energi menunjukkan bahwa EBT masih 7%, selama lebih satu dekade tak beranjak persentasenya. Ke depan tahun 2030 misalnya EBT akan terus meningkat sampai diatas 20% atau bahkan akan menjadi mayoritas di tahun 2045.

3) Perubahan Kebijakan sebagai berikut:

- Dari zaman pengutamaan fisik mekanik bertransformasi ke zaman digital;
- Dari pemakaian BBM ke pengecasan elektrik;
- Dari selang atau pipa ke kabel atau kawat;
- Dari jaringan kabel listrik konvensional (*conventional grid*) ke jaringan cerdas (*smart grid*);
- Dari ketahanan energi apa adanya cadangan operasional ke cadangan strategis, penyangga dan operasional sekaligus.

Referensi Bagian I

1. Syahrial E, Adam R, Suharyati, Ajiwihanto N, Indarwati RRF, Kurniawan F, Kurniawan A, Suzanti VM. 2012 Handbook of Energy and Economic Statistics of Indonesia. 2012. 1–115 p.
2. Presiden Republik Indonesia. Undang-Undang No. 30 Tahun 2007. 2007 p. 83–111.
3. Presiden Republik Indonesia. Peraturan Pemerintah Republik Indonesia no 70/ 2009 Konservasi Energi. 2009. p. 1–17.
4. Badaruddin M. Indonesia Rejoining OPEC: Dynamics of the Oil Importer and Exporter Countries. JAS (Journal ASEAN Stud. 2016;3(2):116.

5. Rianto F, Utari DS, Jenawi B, Sujarwani R. Renewable Energy on Islands: Lessons for Indonesia to Apply. *J Rekayasa Bahan*
6. Natashya J. Hambatan Ekspor Crude Palm Oil (CPO) Indonesia ke Uni Eropa pasca Kebijakan Renewable Energy Directive (RED). *J Sentris*. 2020;2(2):127–55.
7. Suyitno BM. Energi Bagi Kesejahteraan Rakyat. In: *Seminar Internasional Teknik Mesin*. 2012. p. 1–12.
8. Yáñez Angarita EE, Silva Lora EE, da Costa RE, Torres EA. The energy balance in the Palm Oil-Derived Methyl Ester (PME) life cycle for the cases in Brazil and Colombia. *Renew Energy*. 2009;34(12):2905–13.
9. Amorim H V., Lopes ML, De Castro Oliveira JV, Buckeridge MS, Goldman GH. Scientific challenges of bioethanol production in Brazil. *Appl Microbiol Biotechnol*. 2011;91(5):1267–75.
10. Soccol CR, Vandenberghe LP de S, Medeiros ABP, Karp SG, Buckeridge M, Ramos LP, Pitarelo AP, Ferreira-Leitão V, Gottschalk LMF, Ferrara MA, Silva Bon EP da, Moraes LMP de, Araújo J de A, Torres FAG. Bioethanol from lignocelluloses: Status and perspectives in Brazil. *Bioresour Technol*. 2010;101(13):4820–5.
11. Okedu K. A Variable Speed Wind Turbine Flywheel Based Coordinated Control System for Enhancing Grid Frequency Dynamics. *Int J Smart Grids, ijSmartGrid [Internet]*. 2018;2(2).
12. Blum NU, Sryantoro Wakeling R, Schmidt TS. Rural electrification through village grids - Assessing the cost competitiveness of isolated renewable energy technologies in Indonesia. *Renew Sustain Energy Rev*. 2013;22:482–96.
13. Yudha SW, Tjahjono B. Stakeholder mapping and analysis of the renewable energy industry in Indonesia. *Energies*. 2019;12(4):1–19.
14. Udin U. Renewable energy and human resource development: Challenges and opportunities in Indonesia. *Int J Energy Econ Policy*. 2020;10(2):233–7.
15. Marquardt J. A Struggle of Multi-level Governance: Promoting Renewable Energy in Indonesia. *Energy Procedia*
16. S. I. Faizah and U. A. Husaeni, “Development of consumption and supplying energy in Indonesia’s economy,” *Int. J. Energy Econ. Policy*, vol. 8, no. 6, pp. 313–321, 2018.

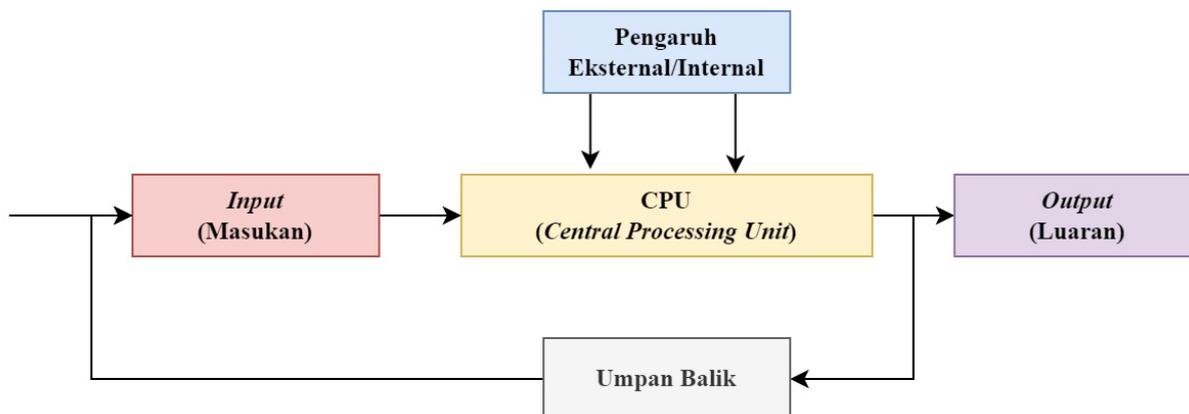
BAGIAN II SISTEM ENERGI

2.1. Umum

Dalam keseharian, secara sederhana masyarakat mengenal dua macam sistem energi, yaitu sistem makro dan mikro. Sistem makro meliputi alam semesta di luar manusia (*macro system*) dan sistem mikro manusia itu sendiri (*micro system*). Keduanya merupakan sistem yang identik, dengan kata lain manusia merupakan miniatur alam semesta dengan segala kompleksitasnya. Itulah sebabnya ada kalimat bijak Kenalilah dirimu sendiri (*move in*) sebelum mengenal alam semesta (*move out*). Ringkasnya dengan bahasa sederhana *move in* dulu sebelum dapat *move on*. Analogi dengan ulasan di atas, untuk mempermudah pembahasan energi lebih lanjut, maka dibedakan menjadi sistem energi makro di tingkat nasional dan sistem energi mikro di tingkat proyek, produk dan sebagainya.

2.2. Pengertian Sistem

Suatu sistem makro/mikro bisa terdiri dari kumpulan sub sistem atau elemen sistem yang saling berkontribusi, tergantung satu sama lain dan terintegrasi menjadi satu kesatuan guna mencapai tujuan sistem (Gambar 2.1).



Gambar 2.1. Skema suatu proses pada "sistem"

Selanjutnya bermacam-macam istilah di dalam praktek kesisteman yang sering dijumpai diantaranya sebagai berikut:

- a. **System thinking** adalah cara memvisualisaikan dan menganalisis sistem secara konseptual maupun fisiknya;

- b. **System approach** diperlukan guna merealisasikannya melalui kerangka kerja untuk merumuskan dan menyelesaikan masalah. Disamping itu *system approach* juga merupakan metodologi untuk penyelesaian masalah sekaligus mengelola sistem.
- c. **System Engineering** Suatu ilmu perancangan sistem yang kompleks secara totalitas untuk memastikan seluruh subsistem bekerja sebagaimana seharusnya secara efektif dan efisien. Juga dapat dikatakan *all systems go*, mengandung arti keseluruhan sistem yang mencakup sampai jutaan elemen/komponen yang membentuk karya rekayasa beserta pendukung sistemnya dengan seluruh personil dan fasilitas lainnya siap untuk jalan.
- d. **Rekayasa Sistem Energi (mengubah system engineering)**, ilmu perancangan sistem yang diterapkan di sektor energi sebagai sumber penggerak semua elemen/komponen untuk menghasilkan unjuk kerja, produk jadi atau pelayanan secara terus menerus berkesinambungan dan berimbang dalam harmoni semesta.

2.3. Sistem Makro

Sistem energi nasional yang mempunyai *input* (Anggaran, Lembaga/Kementerian, SDM sipil/militer, UU/Regulasi, Manajemen, dll), CPU (*central processor unit*: memproses semua *input* untuk memenuhi kriteria dan standar *output*), pengaruh eksternal/internal mencerminkan berbagai masukan tambahan yang harus dikelola dalam proses yang optimal, umpan balik memberikan peluang terus-menerus memperbaiki diri guna memenuhi output. Dalam sistem makro energi nasional, dikenal ada 8 elemen dasar yang meliputi:

- a. Undang-undang ESDM
- b. Peraturan Operasional
- c. Struktur Kelembagaan: VMST
- d. Tenaga Ahli
- e. Petunjuk Pelaksanaan
- f. Perijinan, Sertifikasi dan Lisensi
- g. Pengawasan dan Pemeriksaan
- h. Penyelesaian Masalah Keamanan dan Keselamatan.

2.4. Sistem Mikro

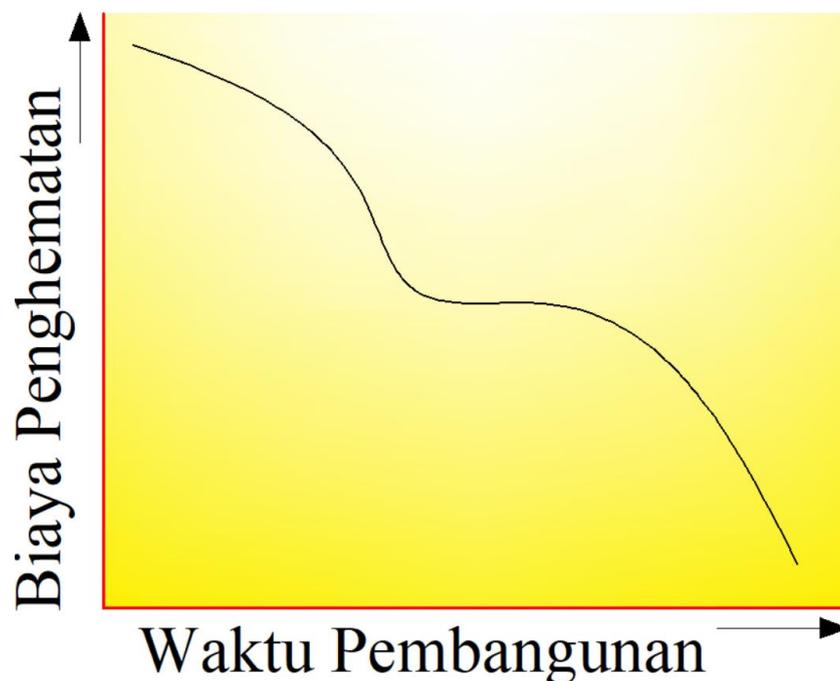
Sistem mikro meliputi proyek energi regional maupun *urges*, produk energi berupa mesin, motor, *engine*, pembangkit energi dan peralatan lainnya yang merupakan replika sistem makro. Berbeda dengan sistem makro yang berskala nasional di tataran kebijakan pada sistem mikro lebih berorientasi ke implementasi fisik unsur-unsur yang lebih spesifik secara bersama.

2.5. Siklus Rekayasa Sistem Energi (RSE)

Suatu sistem baik makro/mikro akan terus berjalan manakala mengikuti siklus berkesinambungan dan semua tahapan proses berfungsi sebagaimana mestinya. Secara ringkas Rekayasa Sistem Energi (RSE) meliputi tahapan sebagai berikut:

- a. Pra-Investasi: meliputi antara lain gagasan RSE, pra-studi kelayakan RSE, studi kelayakan RSE, studi pendukung dan studi lingkungan;
- b. Pembangunan RSE: meliputi antara lain *engineering design*, pembangunan RSE, pengadaan bahan baku/komponen/suku cadang/fasilitas RSE, produksi percobaan, pelatihan dan persiapan operasinya;
- c. Operasi RSE: meliputi antara lain perawatan, ekspansi, inovasi dan rehabilitasi;
- d. Umpan balik: mekanisme ini merupakan proses terus menerus dan sensitif terhadap adanya permasalahan, ancaman, tantangan yang menghadang, peluang yang terbuka, kritikan dan masukan lainnya baik langsung maupun tidak langsung dari masyarakat untuk diselesaikan.

Waktu pembangunan sistem berhubungan dengan biaya penghematan. Terlihat pada Gambar 2.2 dimana kurva hubungan antara waktu pembangunan dan biaya penghematan saling berhubungan. Grafik tersebut menunjukkan biaya Rekayasa Sistem Energi dapat dihemat melalui analisis *value engineering* selama proses pra-investasi. Pada awal RSE akan lebih banyak penghematan daripada saat mendekati akhir RSE.



Gambar 2.2. Hubungan antara biaya penghematan dengan waktu pembangunan

2.6. Kegunaan Laporan Studi Kelayakan RSE

Laporan Studi Kelayakan RSE sangat diminati oleh:

- a. Para calon investor, pemilik RSE dan para pemangku kepentingan lainnya;
- b. Para pemilik modal termasuk perusahaan modal ventura akankah perlu turut berpartisipasi pada RSE ini atau tidak sebagai suatu alternatif bisnis, para calon donor dana;
- c. Calon pemberi dana pinjaman atau lembaga keuangan lainnya yang biasanya menyediakan kredit, perusahaan penyewaan barang modal, underwriter, para emiten bursa efek dsb.;
- d. Badan pengatur ijin penanaman modal asing maupun nasional, regulator lingkungan dan aparat pemerintah yang terkait lainnya.

2.7. Rekayasa Perancangan Desain (*Project Design Engineering*)

- a. Menyiapkan lahan atau tempat lokasi pembangunan dan pengoperasian proyek RSE;
- b. Memilih pemakaian teknologi, sarana dan prasarana produksi, standar dan fasilitas lainnya yang akan dipakai dalam pengoperasian proyek RSE;
- c. Merencanakan pembangunan dan pengoperasian proyek RSE secara lengkap;
- d. Menyusun jadwal pembangunan proyek RSE sampai pengoperasiannya, termasuk *network planning*, *flowchart* dan *contingency planning*;
- e. Menyusun tata letak/*layout* pabrik dan fasilitas pendukungnya, khususnya untuk proyek manufaktur RSE.

2.8. Evaluasi Pasar

- a. Merupakan urutan pertama dalam studi kelayakan proyek RSE;
- b. Operasi pasar akan berhasil jika proyek RSE (dalam bentuk produk) tersebut sangat kompetitif dan menguntungkan saat mulai penetrasi pasar (jika proyek infrastruktur untuk kepentingan publik, maka segi manfaat dan keuntungan intangible lebih dominan);
- c. Hasil evaluasi berupa:
 - 1) Adakah *captive market* saat ini dan adakah cukup besar permintaan di masa depan;
 - 2) Perkiraan bentuk persaingan yang akan dihadapi dan apakah proyek RSE mampu menggaet pangsa pasar yang memadai;
 - 3) Perkiraan pengaruh bisnis internal maupun eksternal yang harus diantisipasi.

Referensi Bagian II

1. Liu H, Zhang G, Zheng X, Chen F, Duan H. Emerging miniaturized energy storage devices for microsystem applications: From design to integration. *Int J Extrem Manuf.* 2020;2(4).

2. Brenna M, Falvo MC, Foadelli F, Martirano L, Poli D. Sustainable Energy Microsystem (SEM): Preliminary energy analysis. 2012 IEEE PES Innov Smart Grid Technol ISGT 2012. 2012;1–6.
3. Iannacci J. Microsystem based Energy Harvesting (EH-MEMS): Powering pervasivity of the Internet of Things (IoT) – A review with focus on mechanical vibrations. *J King Saud Univ - Sci*
4. Kutty AA, Abdella GM, Kucukvar M, Onat NC, Bulu M. A system thinking approach for harmonizing smart and sustainable city initiatives with United Nations sustainable development goals. *Sustain Dev*. 2020;28(5):1347–65.
5. Tsai WT. Service-oriented system engineering: A new paradigm. *Proc - SOSE 2005 IEEE Int Work Serv Syst Eng*. 2005;2005(November 2005):3–6.
6. Levi PJ, Kurland SD, Carbajales-Dale M, Weyant JP, Brandt AR, Benson SM. Macro-Energy Systems: Toward a New Discipline. *Joule [Internet]*. 2019;3(10):2282–6.
7. Sun Y. Sensitivity analysis of macro-parameters in the system design of net zero energy building. *Energy Build [Internet]*. 2015;86:464–77.
8. Messner S, Schratzenholzer L. MESSAGE-MACRO: Linking an energy supply model with a macroeconomic module and solving it iteratively. *Energy*. 2000;25(3):267–82.
9. Göke L. A graph-based formulation for modeling macro-energy systems. *Appl Energy [Internet]*. 2021;301(July):117377.
10. Albers A. Five Hypotheses about Engineering Processes and their Consequences. In: *Proceedings of the 8th International Symposium on Tools and Methods of Competitive Engineering - TMCE 2010*. 2010. p. 1–13.
11. Dutson AJ, Todd RH, Magleby SP, Sorensen CD. A Review of Literature on Teaching Engineering Design Through Project-Oriented Capstone Courses. *J Eng Educ*. 1997;86(1):17–28.
12. Dounis AI, Caraiscos C. Advanced control systems engineering for energy and comfort management in a building environment-A review. *Renew Sustain Energy Rev*. 2009;13(6–7):1246–61.
13. Summers JD, Shah JJ. Mechanical engineering design complexity metrics: Size, coupling, and solvability. *J Mech Des Trans ASME*. 2010;132(2):0210041–02100411.
14. Du X, Chen W. Towards a better understanding of modeling feasibility robustness in engineering design. *J Mech Des Trans ASME*. 2000;122(4):385–94.

15. Liu H, Chen W. Relative Entropy Based Method for Sensitivity Analysis in Engineering Design. 2005. 1–37 p.
16. Aughenbaugh JM, Paredis CJJ. The value of using imprecise probabilities in engineering design. *J Mech Des Trans ASME*. 2006;128(4):969–79.

BAGIAN III

SUMBER DAYA ENERGI NASIONAL

3.1. Umum

Energi adalah kemampuan untuk melakukan kerja, sedangkan kerja merupakan gerakan benda/orang akibat adanya usaha. Energi selalu lekat dengan kehidupan manusia sehari-hari. Semua makhluk merupakan bagian dari energi itu sendiri. Para ilmuwan sejak dahulu kala senantiasa sibuk guna meneliti berbagai cara untuk memperoleh sumber energi bagi kehidupan manusia. Seperti telah diketahui bahwa berbagai energi yang dinikmati para konsumen dapat berupa bahan bakar minyak dan listrik. Sumber energi primer seperti minyak bumi, batubara, gas bumi, tenaga air, angin, matahari, dan panas bumi misalnya merupakan sumber daya alam yang dapat diolah untuk memenuhi kebutuhan energi nasional. Setelah melalui pengolahan sesuai prosesnya masing-masing hasil produknya akan sampai ke tangan konsumen menjadi energi sekunder atau produk akhirnya berupa bensin dan solar serta listrik.

Walaupun demikian, kebanyakan hanya sumber energi tak terbarukan berasal dari fosil (minyak bumi, batubara dan gas bumi) yang secara terus menerus dieksploitasi. Sedangkan sumber energi *urge* yang lebih efisien dan efektif baru sedikit dikembangkan. Mineral alam lainnya seperti uranium dan thorium yang dapat diolah sebagai energi nuklir, untuk pembangkit listrik, belum dipandang sebagai alternatif sumber energi. Sedangkan sumber energi alam yang terbarukan (tenaga air, angin, matahari, energi arus, gelombang dsb.) belum banyak dimanfaatkan. Demikian pula energi nabati seperti biomasa yang mudah dijadikan bahan bakar terbarukan masih belum menjadi prioritas energi alternatif bagi masyarakat.

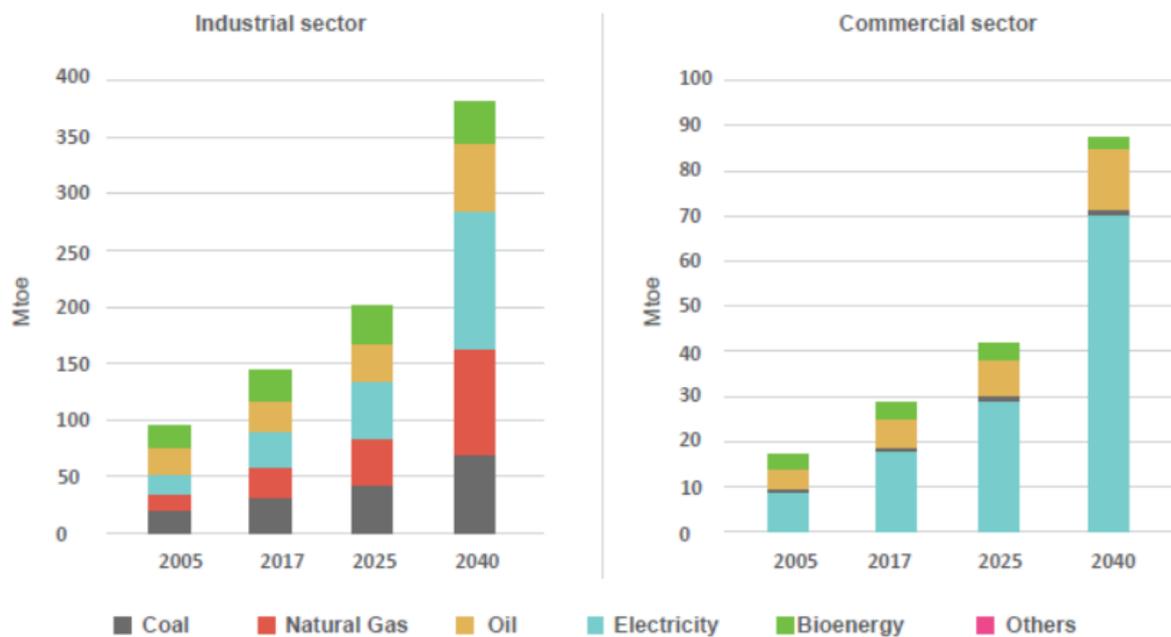
Pada saat ini, negara seperti **mengubah** yang dulunya salah satu eksportir minyak bumi, sekarang menjadi *net-importer* bukan *by design* tetapi *by accident*. Negara seperti Amerika Serikat dan Kanada misalnya, walaupun mempunyai kandungan minyak bumi cukup berlimpah, namun pemerintahnya sengaja memilih atau *by design* untuk mengimpor. Sebab mereka memperlakukan deposit minyak bumi tersebut sebagai cadangan strategis untuk generasi berikutnya. Sedangkan yang dialami, minyak bumi dipandang sebagai sumber pendapatan negara yang penting, sehingga setiap tahun dieksploitasi dan diolah sebanyak mungkin. Karena dari tahun ke tahun *lifting* minyak bumi semakin menurun dan sebaliknya konsumsi bahan bakar minyak semakin meningkat, tanpa disadari atau *by accident* mengimpor minyak bumi berupa minyak mentah lebih besar daripada kemampuan produksinya.

Sumber energi fosil lainnya (batubara dan gas bumi) lebih banyak diekspor (dalam skema jangka panjang dan murah) dalam bentuk bahan mentah yang kandungan nilai tambahnya sedikit. Jika kondisi ini terus berlangsung, suatu saat deposit sumber energi fosil semakin menipis dan akhirnya habis. Kondisi tersebut bila ditinjau dari kemandirian dan ketahanan energi jelas sangat merugikan dan perlu kebijakan komprehensif yang lebih *pro-poor*, *pro-job*, *pro-green* and *pro-social welfare*. Dengan demikian sudah saatnya ada peninjauan kembali tentang besaran deposit sumber energi alam sebagai cadangan strategis nasional dan sekaligus untuk memperhitungkan cadangan operasionalnya.

Atas pertimbangan di atas, saat ini sudah seharusnya pemerintah, swasta dan komunitas masyarakat berupaya mendorong tumbuhnya penyediaan energi baru dan terbarukan (EBT) atau *renewable*, yang ramah lingkungan, murah dan aman tanpa mengabaikan energi alternatif lainnya seperti nuklir. India misalnya sanggup mengembangkan pembangkit listrik tenaga nuklir (PLTN) berbasis thorium yang aman dan murah (radiasi rendah dan tak dapat diubah menjadi bahan bom nuklir). Sementara ini pihak pemerintah sudah merampungkan Undang-undang 30 Tahun 2007 tentang Energi dan terbentuknya Dewan Energi Nasional (DEN) yang independen. Selanjutnya sebagaimana diamanatkan oleh UU 30/2007 di atas dan Peraturan Pemerintah PP 70 Tahun 2009 tentang Konservasi Energi yang akan dituangkan dalam konsep Kebijakan Energi Nasional (KEN), dan diikuti dengan Rencana Umum Energi Nasional (RUEN) dan Rencana Umum Energi Daerah (RUED). Mineral dan Batubara (minerba)

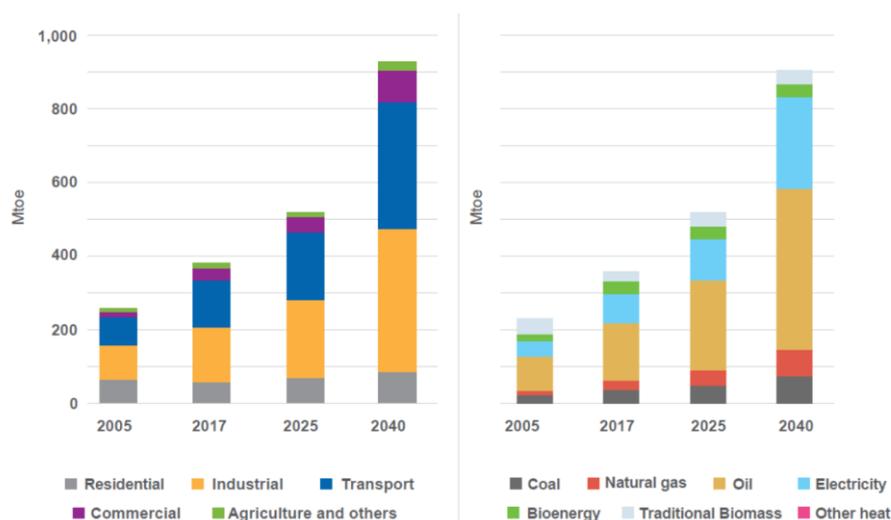
3.2. Kebutuhan Energi Nasional

Seperti terlihat pada Gambar 3.1, grafik kebutuhan energi nasional terus meningkat cukup pesat. Diproyeksikan sampai di tahun 2040 akan mencapai 87 sampai 370 MTOE untuk sektor komersil dan industri. Proyeksi kebutuhan meningkat secara tajam antara tahun 2025 hingga 2040 untuk semua sektor. Proyeksi kebutuhan ini dikaitkan dengan jumlah penduduk dan pertumbuhan ekonomi yang dicerminkan oleh pendapatan tercatat sekitar USD 4,050/kapita. Selain itu Indonesia sejak beberapa tahun terakhir sudah masuk kelompok negara G-20 yang PDB (Pendapatan Domestik Bruto) melebihi 1 Triliun *dollars*.



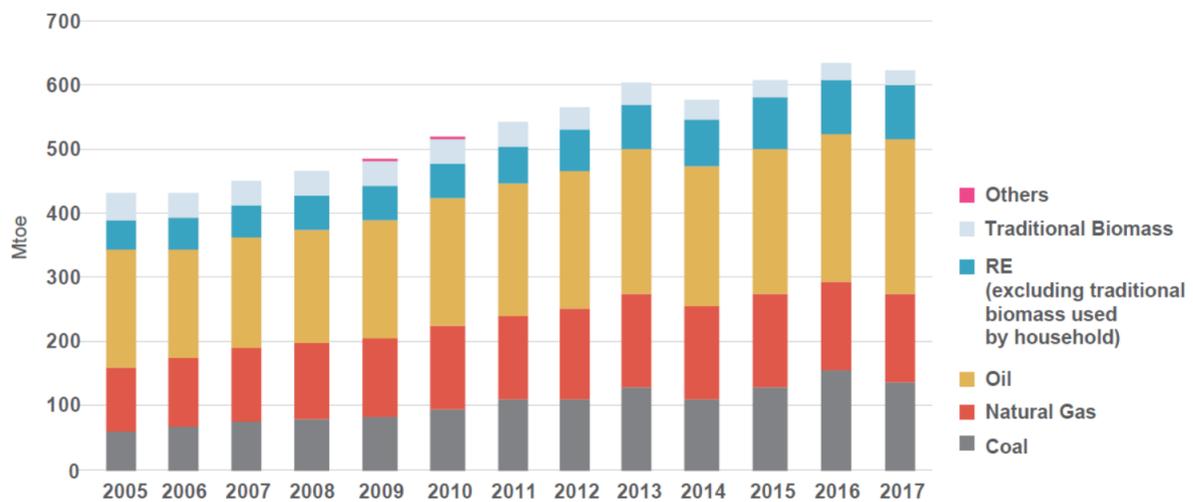
Gambar 3.1. Tendensi Kebutuhan Energi Nasional

Pada Gambar 3.2 menunjukkan bauran sumber energi primer yang terdiri dari batubara, gas alam, minyak, listrik, energi bio, biomassa dan sumber lainnya. Pada Gambar yang sama juga terlihat penggunaan energi pada sektor perumahan, industri, transportasi, komersil dan pertanian. Terjadi peningkatan yang tajam untuk sektor industri dan transportasi. Hal ini mengindikasikan tren pemakaian energi kedepannya dipengaruhi oleh peningkatan jumlah penduduk, kenaikan mobilitas dan pemenuhan dari industri. Sebaliknya, penggunaan energi pada sektor perumahan cenderung tetap. Hal ini memperkuat indikasi bahwa penggunaan energi pada sektor perumahan cenderung tetap dan tidak dipengaruhi oleh perubahan penduduk dan peningkatan penghasilan domestik.

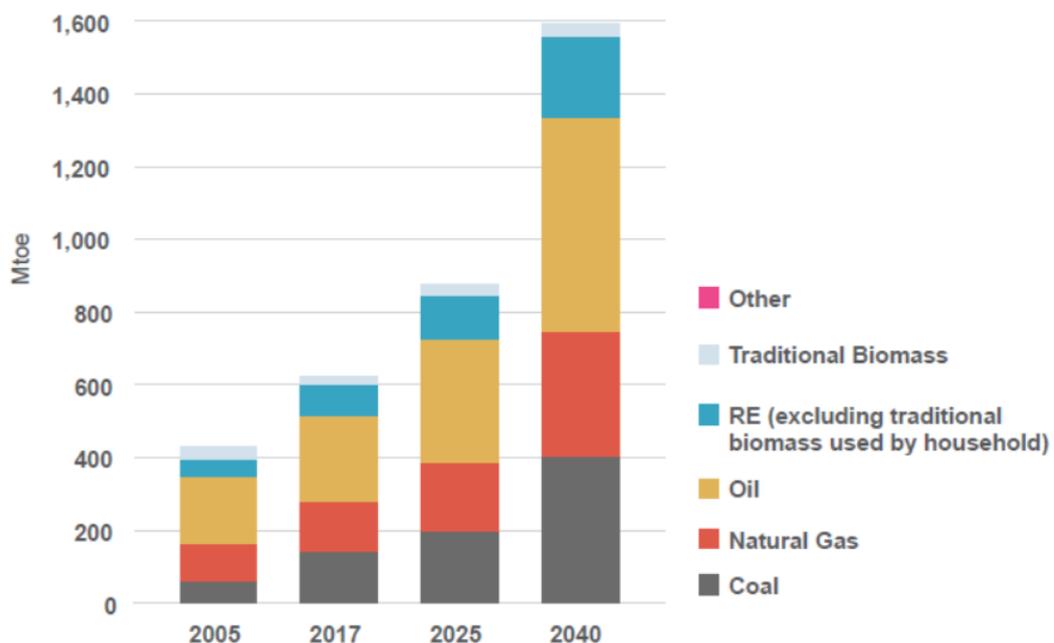


Gambar 3.2. Proyeksi Peningkatan Kebutuhan Energi Nasional

Pada Gambar 3.3 menunjukkan penggunaan energi *final* yang meliputi batu bara, gas alam, minyak, energi terbarukan (RE), dan biomassa. Penggunaan batubara cenderung fluktuatif dengan nilai yang tidak bervariasi secara tajam. Penggunaan minyak dan gas alam cenderung mengalami peningkatan pada nilai ekuivalensi yang hampir sama. Hal yang menarik adalah pemenuhan sumber energi alternatif, khususnya pada 5 tahun ke belakang yang cenderung meningkat. Hal ini mengindikasikan mulai terbentuknya satu pemahaman utuh untuk mulai transformasi energi dan mendukung pendekatan energi rendah karbon.



Gambar 3.3. Kebutuhan Energi Total Tahun 2000-2010



Gambar 3.4. Kebutuhan Energi Primer Tahun 2000-2010

3.3. Cadangan Energi Tak Terbarukan

Energi jenis ini telah dieksploitasi sejak dahulu kala di banyak belahan bumi, termasuk di Indonesia. Cepat atau lambat sumber energi ini akan habis. Energi fosil seperti minyak bumi, batubara dan gas bumi ini jika sudah habis maka tak dapat diperbaharui. Berikut akan dijabarkan kandungan energi tak terbarukan yang masih potensial untuk dimanfaatkan. Beberapa jenis energi yang tergolong tak terbarukan adalah sebagai berikut:

a. Energi fosil

Merupakan sumber energi yang terbentuk dari makhluk hidup yang tertimbun dalam kerak bumi selama jutaan tahun sehingga menjadi energi fosil berupa minyak bumi, batubara dan gas bumi. Ketiga energi fosil tersebut tergolong tak ramah lingkungan karena hasil pembakarannya mengemisikan gas karbon yang bersifat polutif terhadap atmosfer bumi. Walaupun demikian selama masih belum ada penggantinya, energi ini masih menjadi andalan komoditi ekspor banyak negara. Seperti negara Timur Tengah, Asia Tengah, Kanada, Amerika Serikat dan Amerika Latin masih bergantung pada komoditas ini. Di antara negara tersebut seperti Amerika Serikat, masih terdapat cadangan berupa *shale oil*, lapisan tipis minyak yang terhimpit batuan karang dalam kerak bumi yang sangat luas tetapi biaya eksplorasinya mahal. Beberapa alternatif terakhir minyak bumi merupakan komoditas strategis yang menjadi sumber konflik tak terelakkan, khususnya di Kawasan Timur Tengah dan Asia Tengah.

Di Indonesia cadangan energi fosil berupa minyak bumi, batubara dan gas bumi dapat diuraikan seperti berikut ini:

1) Minyak Bumi

Seperti diperlihatkan Tabel 3.1, dari tahun 2000 sampai 2010 tercatat penurunan jumlah cadangan terbukti, cadangan potensi dan cadangan total yang cenderung menurun. Di tahun 2010 jumlah masing-masing menjadi cadangan terbukti 4.23 milyar *barrel*, potensi 3.53 milyar *barrel* dan totalnya tinggal 7.76 milyar *barrel*. Dengan demikian asupan devisa negara dari energi minyak bumi semakin menurun, jika tanpa penemuan eksplorasi tambang baru yang terbukti. Atau jika hal ini berlangsung terus pada suatu saat Indonesia akan berubah dari negara pengekspor minyak menjadi net importir.

Tabel 3.1. Cadangan Minyak Bumi Nasional 2010

Tahun	Cadangan Terbukti	Potensi	Total
2000	5.12	4.49	9.61
2005	4.19	4.44	8.63
2010	4.23	3.53	7.76

Dalam satuan milyar <i>barrel</i>

2) Batubara

Untuk batubara cadangannya masih cukup signifikan. Beberapa fakta mengungkap bahwa cadangan batubara pada Tabel 3.2 tercatat 105,187.44 juta ton dan cadangan terbukti 21,131.84 juta ton. Sebagian besar batubara yang diekspor masih dalam bentuk curah belum diproses menjadi batubara cair yang mempunyai nilai tambah lebih tinggi. Di beberapa wilayah Indonesia tambang batubara dapat ditemukan cukup dangkal di permukaan tanah seperti di pulau Kalimantan atau di kedalaman permukaan tanah seperti di pulau Sumatra yang akan mempengaruhi kualitas nilai kalornya. Sehingga dikenal batubara muda untuk permukaan dangkal dan tua bagi batubara di kedalaman permukaan. Walaupun sudah ada UU Minerba 2009 yang mewajibkan pembangunan *smelter*, namun kenyataan di lapangan masih tak mematuhi bunyi undang-undang tersebut.

Tabel 3.2. Cadangan Batubara Nasional Tahun 2010

Tahun	Sumber Daya	Cadangan Terbukti	
2010	105,187.44	21,131.84	
Dalam satuan Juta Ton			
<i>Anthracite</i>	1 Ton = 4.9893 BOE	<i>Ombilin Coal</i>	1 Ton = 4.8452 BOE
<i>Imported Coal</i>	1 Ton = 4.2766 BOE	<i>Tanjung Enim Coal</i>	1 Ton = 3.7778 BOE
<i>Kalimantan Coal</i>	1 Ton = 4.2766 BOE	<i>Lignite</i>	1 Ton = 3.0649 BOE
BOE = <i>Barrel Oil Equivalent</i>			

3) Gas Bumi

Selanjutnya Tabel 3.2 menunjukkan bahwa khusus gas bumi, cadangan terbukti, potensi dan totalnya dari 2005 sampai dengan 2010 selalu naik turun. Tahun 2005 ada peningkatan untuk masing-masing cadangan terbukti, potensi dan total namun di tahun 2010 masing-masing tercatat sebagai berikut; cadangan terbukti 108.4 TSCF, potensi 48.74 TSCF dan total 157.4 TSCF (1 MSCF setara dengan 0,1796 BOE). Negara tetangga Singapura menikmati kontrak jangka panjang suplai gas dari kepulauan Natuna melalui pipa bawah laut. Sebaliknya kebutuhan gas bumi nasional sebagian dipenuhi dari impor.

Tabel 3.3. Cadangan Gas Bumi Nasional 2010

Tahun	Cadangan Terbukti	Potensi	Total
2000	94.75	75.56	170.31

2005	97.26	88.54	185.80
2010	108.4	48.74	157.14
1 MSCF = 0.1796 BOE			

b. Energi Mineral

Mineral alam radioaktif yang terbentuk seiring dengan sejarah planet bumi dapat dimanfaatkan sebagai sumber energi setelah melalui rangkaian proses yang sangat kompleks dan penuh pertimbangan keselamatan jiwa manusia. Karena sifatnya yang radioaktif, seperti Uranium dan Thorium keduanya dapat diolah menjadi sumber tenaga energi nuklir. Di alam, Uranium dapat ditemukan dalam bentuk isotop U^{234} sedangkan Thorium dalam bentuk isotop U^{232} . Perbedaan keduanya terletak pada kemampuannya mengemisikan sinar radioaktif. Kalau Uranium dapat mengemisikan sinar radioaktif alfa, beta dan gama maka Thorium hanya mampu mengemisikan sinar alfa dan beta saja. Dengan kata lain Thorium radioaktifnya lemah. Uranium dapat ditemukan di dekat pertambangan emas misalnya Tembaga Pura di Papua dan Thorium di pertambangan timah Bangka-Belitung. Data mengenai jumlah cadangan dan potensi mineral nuklir ini belum dipublikasikan dengan baik, sehingga masih berupa dugaan yang cukup besar jumlahnya.

Energi nuklir ini tergolong paling bersih dan paling efisien dibandingkan energi fosil di atas. Banyak negara Eropa, Amerika, Jepang, India, Pakistan, Iran dan Korea Utara telah mampu memanfaatkannya untuk sumber pembangkit listrik tenaga nuklir yang sangat murah dan efisien. Negara adidaya umumnya menganut politik energi sangat ketat. Mereka menutup rapat-rapat bagi negara lain untuk ikut menikmati energi ini, selain teknologinya sangat maju juga aturan keselamatan radiasi internasionalnya rumit dan berbelit.

3.4. Cadangan Energi Alternatif

Energi alternatif terdiri dari energi baru dan terbarukan serta energi nuklir. Energi terbarukan atau sebutan poplarnya energi baru dan terbarukan (EBT) adalah sumber energi yang ramah lingkungan dan tidak memberikan kontribusi terhadap perubahan iklim dan pemanasan global yang disebabkan oleh emisi gas karbon yang mengotori atmosfer bumi. Maraknya isu EBT berkaitan dengan timbulnya kesadaran kolektif masyarakat dunia akan lingkungan yang sehat, alami dan lestari. Efek gas rumah kaca (*greenhouse effect*) menjadi topik pembicaraan sejalan dengan isu perubahan iklim. Berbagai perubahan iklim secara reguler muncul menjadi acuan masyarakat dunia. Sebut saja Protokol Kyoto, Kopenhagen dan Paris. Emisi gas karbon beserta polutan lainnya yang telah teridentifikasi berasal mayoritas dari

pembuangan sisa pembakaran, alat transportasi dan rumah tangga yang kesemuanya menggunakan bahan bakar fosil. Kesadaran akan pelestarian lingkungan juga memunculkan kesepakatan global terhadap program *Sustainable Development Goals* (SDGs) yang telah menjadi komitmen unsur pemerintah dan swasta sedunia. Sebagai solusi jangka panjang agar dapat mengurangi emisi karbon, dicarilah bahan bakar alternatif dan pilihannya jatuh ke EBT. Energi nuklir juga tergolong energi alternatif, namun karena ketatnya regulasi tiap negara maupun internasional menjadi kurang populer sebagai pilihan. Karena kemunculannya masih baru maka EBT belum mampu bersaing atau menggantikan energi fosil dalam waktu dekat. Negara seperti China dan Kawasan Skandinavia sudah berkomitmen bahwa mulai tahun 2030, secara gradual akan beralih ke EBT untuk suplai listriknya.

Pengertian energi terbarukan memang tidak selamanya mengacu pada bahan bakar minyak. Hal ini memang wajar karena sebagian besar energi yang ada di bumi menggunakan minyak bumi sebagai bahan utamanya. Dengan semakin berkurangnya minyak bumi yang ada di bumi, maka umat manusia akan semakin merasa bingung jika pasokan minyak bumi semakin tergerus habis. Nah, itulah mengapa energi terbarukan menjadi salah satu solusi untuk menangani hal ini.

a. Potensi Energi Alternatif



NO	ENERGI BARU-TERBARUKAN	SUMBER DAYA (SD)	KAPASITAS TERPASANG (KT)	RASIO KT/SD (%)
1	2	3	4	5 = 4/3
1	Tenaga Air	75,670 MW	5,705.29 MW	7.54
2	Panas Bumi	29,038 MW	1,189 MW	4.00
3	Mini/Mikro Hydro	769.69 MW	217.89 MW	28.31
4	Biomass	49,810 MW	1,618.40 MW	3.25
5	Tenaga Surya	4.80 kWh/m ² /day	13.5 MW	-
6	Tenaga Angin	3 – 6 m/s	1.87 MW	-
7	Uranium	3,000 MW (e.g. 24,112 ton) for 11 years ²⁾	30 MW	1.00

*) Hanya di Kalan – Kalimantan Barat

Gambar 3.5. Potensi energi baru terbarukan di Indonesia

Dari sekian banyak jenis energi, terlihat pada Gambar 3.5 ada 7 (tujuh) yang sudah tercatat potensinya, yaitu tenaga air, panas bumi, mini/mikro hidro, biomasa, tenaga surya, tenaga angin dan uranium.

1) Tenaga Air (*Hydropower*)

Hydropower merupakan sumber energi terbarukan di mana energi yang dihasilkan berasal dari pergerakan air. Air yang bergerak, seperti jatuhnya air terjun akibat gravitasi dapat dimanfaatkan untuk menggerakkan turbin yang selanjutnya energi gerak tersebut

diubah menjadi energi listrik. Secara geografis, Indonesia memiliki banyak sungai yang dapat dimanfaatkan untuk dapat menghasilkan energi. Potensi tenaga air di Indonesia untuk dapat menghasilkan listrik mencapai angka 70,000 MW. Namun, angka sebesar itu belum termanfaatkan seluruhnya, hanya sekitar 6 persen atau 3,500 MW saja yang baru dihasilkan.

Tabel 3.4. Potensi tenaga air

No.	Pulau	Potensi (MW)
1	Sumatra	15,600
2	Jawa	4,200
3	Kalimantan	21,600
4	Sulawesi	10,200
5	Bali, NTB dan NTT	620
6	Maluku	430
7	Papua	22,350
Total		75,000

2) Panas Bumi

Panas bumi merupakan salah satu bentuk energi yang tersimpan dalam bentuk panas di dalam perut Bumi. Panas tersebut berasal dari inti Bumi yang temperaturnya mencapai lebih dari 5,000 derajat Celcius. Panas yang berasal dari inti Bumi itu merembes ke permukaan hingga akhirnya perlahan hilang ke angkasa. Dalam memanfaatkan panas Bumi sebagai energi, cara yang dilakukan adalah dengan menggunakan air yang disirkulasikan ke dalam bebatuan tempat sumber panas Bumi berada. Air yang terkena aliran panas akan mendidih hingga akhirnya menghasilkan uap. Uap air tersebut dimanfaatkan untuk menggerakkan turbin hingga listrik akhirnya dihasilkan. Di Indonesia sendiri, potensi panas bumi sangat tinggi, namun pemanfaatannya masih jauh dari kata optimal.

Tabel 3.5. Potensi panas bumi

Tahun	Sibayak	Lahendong	Kamojang	Salak	Darajat	Wayang Windu	Dieng
	Luar Jawa		Jawa				
2005	74	1,012	7,462	24,168	7,551	6,809	2,518
2006	165	1,240	8,096	24,527	7,633	6,625	2,544
2007	84	1,311	8,121	24,346	10,322	6,524	1,209
2008	289	2,349	12,100	24,482	13,487	6,665	1,644
2009	497	2,665	12,612	24,538	13,977	12,989	780
2010	525	3,020	12,337	23,331	14,137	13,386	0
2011	231	1,134	6,487	12,138	6,928	6,695	0

3) Mini/mikro Hidro

Mini/mikro hidro mirip dengan Tenaga Air yang telah dikemukakan sebelumnya, merupakan sumber energi terbarukan yang melimpah di seluruh pelosok tanah air dalam skala yang jauh lebih kecil yaitu mikro. Air yang bergerak, seperti aliran sungai yang deras, air terjun akibat gravitasi dan pancuran kecil dapat berguna untuk menggerakkan mikro turbin yang menghasilkan listrik.

Tabel 3.6. Potensi tenaga mini/mikro hidro

No.	Pulau	Kapasitas Per Tahun (kW)					
		2005	2006	2007	2008	2009	2010
1	Sumatra	55,699	55,923	56,181	56,629	56,719	59,546
2	Jawa	39,447	39,447	39,809	39,809	39,809	41,793
3	Kalimantan	849	849	849	1,273	1,273	1,336
4	Sulawesi	102,346	102,346	103,268	103,666	103,666	108,833
5	Bali, NTB, NTT	11,965	11,965	11,965	12,053	12,053	12,654
6	Maluku, Papua	4,296	4,296	4,296	4,296	4,369	4,587

4) Biomasa

Salah satu bentuk energi terbarukan adalah bio-energi yang diperoleh dari biomassa, baik itu untuk menghasilkan listrik dan panas ataupun diproses lagi untuk menghasilkan bahan bakar cair untuk alat transportasi, contohnya adalah biodiesel, bioavtur, biofuel dan lain-lain. Biomassa adalah segala bentuk bahan nabati yang dapat berasal dari tumbuhan, hewan ataupun dari mikroorganisme, seperti bakteri, mikroalga ataupun kapang yang dapat memberikan energi, baik dengan dibakar langsung, maupun setelah diubah menjadi bahan lain yang pembakarannya lebih mudah. Sumber energi biomassa berasal dari makhluk hidup termasuk sisa atau pembuangan dari manusia dan hewan. Instalasi biomassa dapat dibangun untuk menghasilkan gas yang disebut biogas.

Tabel 3.7. Potensi biomassa

No.	Pulau	Kapasitas Per Tahun (kW)					
		2005	2006	2007	2008	2009	2010
1	Sumatra	924.61	924.61	924.61	924.61	1,607.5	1,687.48
2	Jawa	10.9	10.9	10.9	10.9	10.9	11.44
3	Kalimantan	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
4	Sulawesi	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
5	Bali, NTB, NTT	N/A	N/A	N/A	N/A	9.6	10.08
6	Maluku, Papua	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A

5) Tenaga Surya

Tabel 3.8. Kapasitas terpasang energi surya

No.	Pulau	Kapasitas Per Tahun (MWp)				
		2005	2006	2007	2008	2009
1	Sumatra	0.33	0.78	1.69	2.65	4.28
2	Jawa	0.33	0.40	0.53	0.78	1.15
3	Kalimantan	0.16	0.38	0.71	1.11	1.93
4	Sulawesi	0.12	0.64	1.37	1.98	2.85
5	Bali, NTB, NTT	0.12	0.35	0.62	1.00	1.41
6	Maluku, Papua	0.16	0.36	0.71	1.15	1.87

6) Tenaga Angin

Prinsipnya, energi angin dimanfaatkan dengan mengubah energi gerak yang timbul akibat pergerakan udara menjadi bentuk energi lain dengan menggunakan turbin. Beberapa negara di Eropa sangat memanfaatkan energi angin sebagai sumber utama energi terbarukan, sebut saja Belanda dan Denmark. Kedua negara tersebut memiliki kecepatan angin rata-rata lebih dari 5 meter per detik (m/s) sehingga termasuk ke dalam negara yang mampu memanfaatkan angin sebagai sumber energi. Bagaimana dengan Indonesia? Beberapa daerah di Nusantara diketahui memiliki kecepatan angin rata-rata yang bahkan melebihi angka 5 m/s, seperti misalnya daerah di Indonesia Timur. Dengan keadaan yang demikian seharusnya Indonesia mampu untuk memanfaatkan kelebihanannya dalam memanfaatkan angin sebagai sumber energi.

Tabel 3.9. Kapasitas terpasang energi bayu

No.	Pulau	Kapasitas Per Tahun (kW)					
		2005	2006	2007	2008	2009	2010
1	Sumatra	1.5	81.5	81.5	81.5	81.5	85.58
2	Jawa	285.75	285.75	285.75	285.75	285.75	300.04
3	Kalimantan	0	0	0	0	0	0
4	Sulawesi	148.7	228.7	388.7	588.7	588.7	618.14
5	Bali, NTB, NTT	591.05	591.05	911.05	911.05	911.05	956.6
6	Maluku, Papua	2	2	2	2	2	2

7) Uranium dan Thorium

Matahari merupakan sumber energi yang tak ada habisnya. Energi matahari ini yang menerangi langit dan menghangatkan planet bumi tergolong tipe energi nuklir atau lebih tepatnya hasil reaksi nuklir matahari. Secara singkat sebelum memahami reaksi nuklir, ada baiknya memahami bahwa atom adalah blok bangunan terkecil dari suatu materi.

Sedangkan materi adalah apapun yang mempunyai massa. Setiap atom mengandung inti atau nukleus. Di dalam nukleus terdapat proton dan neutron. Reaksi nuklir dapat dikatakan suatu reaksi yang mampu merubah inti atom. Atau sejumlah proton dan neutron mengalami perubahan sebagai hasil reaksi nuklir. Tenaga nuklir tak lain ialah penggunaan reaksi nuklir untuk memperoleh energi nuklir guna menghasilkan panas yang dimanfaatkan memutar turbin uap agar dapat memproduksi listrik. Proses ini dapat dijumpai di PLTN (pembangkit listrik tenaga nuklir).

Di seluruh dunia ada sekitar 450 reaktor tenaga nuklir yang dioperasikan oleh 31 negara dengan kapasitas totalnya lebih dari 380.000 MWe. Sementara itu ada lebih 60 reaktor baru yang dalam proses pembangunan. Keseluruhan reaktor nuklir ini menyumbang lebih dari 11% kebutuhan listrik dunia, sangat efisien, murah dan bersih tanpa emisi gas karbon dioksida.

Walaupun Indonesia punya potensi sebesar 3000 Mega Watt (MW) namun kapasitas terpasang baru 30 MegaWatt (MW). Itupun masih terbatas di lingkungan laboratorium penelitian. Umumnya masyarakat masih pro dan kontra pendapatnya. Mereka masih trauma dengan peristiwa ledakan Pusat Nuklir di Chernobil Rusia dan Fukushima Jepang. Sehingga belum ada kemauan politik yang kuat guna mendirikan fasilitas nuklir untuk kepentingan damai seperti mendirikan PLTN (pembangkit listrik tenaga nuklir). Seperti India, China dan Australia, mereka memilih PLTN berbahan Thorium yang lebih aman. Energi nuklir adalah sumber energi yang berasal dari reaksi berantai bahan-bahan radioaktif yang terjadi dalam sebuah reaktor. Energi yang dihasilkan dari proses ini sangatlah besar. Bayangkan saja, 1 gram zat radioaktif dapat menghasilkan listrik 50.000 kWh, jadi sangat baik digunakan untuk memenuhi kebutuhan listrik. Selain itu, energi nuklir ini tidak memancarkan gas rumah kaca dan tidak menyebabkan pemanasan global. Ada dua pilihan saat ini tentang bahan baku sebuah PLTN, antara materi nuklir Uranium dan Thorium.

a) Uranium (U)

Sudah banyak negara yang sejak lama mengembangkan potensi energi nuklir ini, contohnya Jepang. Disana, seluruh kebutuhan listriknya berasal dari tenaga nuklir. Akan tetapi, pemanfaatan nuklir dibayangi oleh persoalan lingkungan dan kesehatan. Kebocoran radiasi sangat membahayakan kesehatan manusia dan lingkungan hidup. Radiasinya dapat mengakibatkan kanker, cacat keturunan, bahkan kematian.

Sebagian besar reaktor nuklir di PLTN, memakai bahan baku materi nuklir Uranium yang di alam bebas dapat ditemui sebagai isotop U^{234} . Isotop ini melalui pengayaan dapat menjadi plutonium U^{235} yang dapat diubah menjadi bom nuklir yang dahsyat.

b) Thorium (Th)

Unsur kimia radioaktif dengan nomor atom 90; Thorium adalah bahan bakar nuklir yang berguna. Thorium ditemukan pada tahun 1828 oleh kimiawan Swedia Jöns Jacob Berzelius. Thorium berwarna putih keperakan dan menjadi abu-abu atau hitam pada paparan udara. Ketersediaan Thorium sekitar setengah dari ketersediaan timah dan tiga kali lebih banyak daripada uranium di kerak bumi. Thorium secara komersial diproduksi dari monasit mineral dan terjadi juga dalam mineral lain seperti *thorite* dan *thorianite*. Logam Thorium telah diproduksi dalam jumlah komersial dengan reduksi (ThF_4) dan dioksida (ThO_2) dan dengan elektrolisis dari tetraklorida ($ThCl_4$). Nama unsur Thorium berasal dari nama dewa *Norse* Thor.

Logam Thorium dapat diekstrusi, digulung, ditempa, *swaged*, dan diputar, tapi memiliki kekuatan yang rendah. Sifat fisik lainnya seperti titik leleh dan titik didih sangat dipengaruhi oleh sejumlah kecil kotoran tertentu, seperti karbon dioksida.

Thorium ditambahkan ke magnesium dan paduan magnesium untuk meningkatkan kekuatan suhu tinggi mereka. Thorium telah digunakan dalam sel fotolistrik komersial untuk mengukur sinar ultraviolet dengan panjang gelombang berkisar 2000-3750 *angstrom*. Ditambahkan ke kaca, thorium menghasilkan gelas dengan indeks bias tinggi, berguna untuk aplikasi khusus. Thorium dulunya diminati sebagai komponen mantel untuk lampu gas dan minyak tanah dan telah digunakan dalam pembuatan filamen tungsten untuk bola lampu dan tabung vakum.

Radioaktivitas thorium ditemukan tahun 1898 oleh kimiawan Jerman Gerhard Carl Schmidt dan oleh fisikawan Perancis Marie Curie. Thorium alam adalah campuran isotop radioaktif, terutama yang paruh hidupnya sangat lama (paruh 1.40×10^{10} tahun), induk dari seri peluruhan radioaktif thorium. Isotop lainnya terjadi secara alami dalam uranium dan seri peluruhan actinium, dan thorium hadir di semua bijih uranium.

Thorium²³² berguna karena dapat menangkap pergerakan lambat dari neutron yang meluruh menjadi fisi uranium²³³. Isotop sintetis telah disusun; thorium²²⁹ (waktu paruh 7880 tahun), terbentuk dalam rantai peluruhan yang berasal dari *neptunium* unsur sintetis, berfungsi sebagai pelacak untuk thorium biasa (thorium²³²).

3.5. Energi Alternatif Lainnya dan Bauran Energi

a. Energi Hidrogen

Hidrogen dapat diubah menjadi bahan bakar pengganti BBM. Bahkan, diklaim lebih baik dari BBM yang kita kenal saat ini. Bahan bakar hidrogen tidak menghasilkan polusi, sehingga bahan bakar ini tidak merusak bumi. Persediaannya pun tidak akan habis karena cara pembuatannya hanya dari air, kemudian dibakar seperti bensin. Akan tetapi, untuk mendapatkan Hidrogen ini diperlukan banyak energi. Jika energi yang digunakan berasal dari bahan bakar fosil, maka keuntungan yang didapat akan minimal, sehingga harus ada sumber energi yang diperbaharui.

Tabel 3.10. Perkembangan energi alternatif

Uraian	Satuan	2005	2006	2007	2008	2009	2010
LISTRİK							
Panas Bumi	MW	852	852	982	1,052	1,189	1,189
PLTS	MW	1.23	2.91	5.63	8.67	13.5	13.5
PLT-Angin	MW	1.03	1.19	1.67	1.87	1.87	1.96
PLTA	GW	3.224	3.532	3.512	4.2	5.711	5.711
PLTMH	MW	215	215	216	218	218	229
PLT Biomassa	MW	935.51	935.51	935.51	935.51	1,628	1,628
BBN							
Biodiesel	Ribu kL	120	456.6	1,550	2,329.1	2,521.5	5,647.57
Bioetanol		2.5	12.5	135	192.4	212.5	223.12
Bio oil		0	2.4	37.2	37.2	40	42

b. Biofuel

Biofuel merupakan bahan bakar hayati yang dihasilkan dari bahan-bahan alam. Sumber dari energi terbarukan ini adalah tanaman yang memiliki kandungan gula tinggi seperti tebu dan sorgum serta tanaman yang memiliki kandungan minyak nabati tinggi seperti kelapa sawit, ganggang dan jarak. *Biofuel* adalah energi yang berasal dari bahan-bahan nabati, seperti minyak bumi, tanaman jarak, jagung, dan lain-lain. Energi ini dapat digunakan sebagai bahan bakar, yang disebut dengan Bahan Bakar Nabati (BBN). Bahan bakar nabati adalah dalam bentuk *biodiesel*, *bioethanol* dan bioavtur, yang dapat menjadi alternatif bahan bakar kendaraan. *Biofuel* dalam bentuk *biodiesel* dibuat dari minyak nabati, seperti minyak kepala sawit atau CPO dan minyak jarak pagar atau CJCO. Proses pembuatan *biofuel* ini pada dasarnya mereaksikan minyak nabati dengan *methanol* dan *ethanol*, dengan katalisator soda api. Kelemahan dari *biofuel* adalah tidak cocok dipakai untuk kendaraan bermotor yang memerlukan kecepatan dan daya yang tinggi.

1) Biodiesel

Biodiesel sebagai energi pengganti bahan bakar fosil telah lama menjadi wacana di beberapa negara dunia. Bahkan, telah ada negara yang mampu sedikit demi sedikit melepaskan ketergantungan pada BBM, dan beralih ke *biodiesel*. Energi yang berasal dari tumbuhan atau lemak binatang ini dapat digunakan, baik secara murni atau dicampur dengan bahan bakar lain. Sifatnya yang ramah lingkungan, dapat diperbaharui, serta dapat menghilangkan emisi gas buang, menjadikan *biodiesel* dapat menjadi solusi menghadapi kelangkaan energi fosil pada masa mendatang.

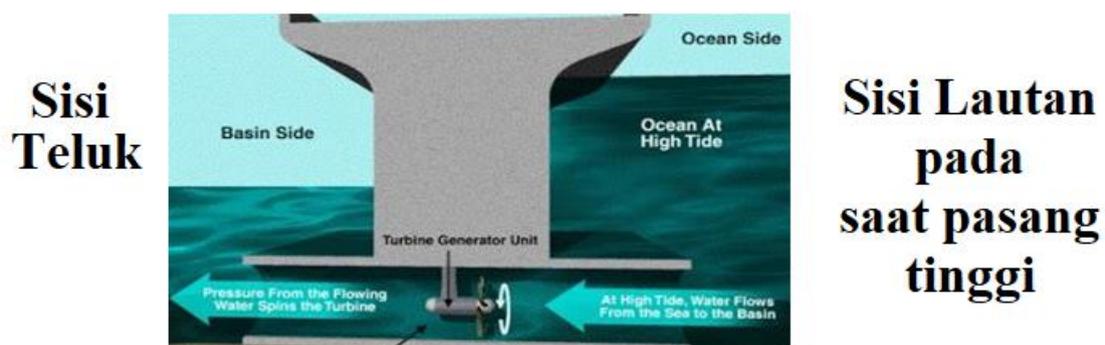
2) BioEtanol

Etanol (etil-alkohol) adalah sumber energi berupa hasil dari fermentasi tumbuhan tertentu, seperti; gandum atau jagung. Contoh negara di dunia yang sangat baik mengembangkan energi etanol ini adalah Brazil. Negara tersebut saat ini adalah negara nomor satu di dunia dalam hal penggunaan etanol sebagai bahan bakar kendaraan bermotor. Sekitar 15 milyar liter etanol dihasilkan setiap tahun di Brazil.

3) Bio-Metanol

Metanol (meta-alkohol) adalah bahan bakar yang berasal dari kayu. Metanol baik digunakan secara murni, atau juga digunakan sebagai campuran bensin. Satu hal yang menjadi kelemahan dari penggunaan untuk kendaraan adalah bahan bakar ini dapat mempercepat terjadinya korosi pada mesin kendaraan.

c. Energi Tidal



Gambar 3.6. Skema kerja sistem energi tidal

Energi tidal atau energi pasang surut air laut barangkali kurang begitu dikenal, atau mungkin kita belum pernah mendengarnya sama sekali. Jika dibandingkan dengan energi angin dan surya, energi tidal memiliki sejumlah keunggulan, antara lain memiliki aliran energi yang

lebih pasti/mudah diprediksi, lebih hemat ruang, dan tidak membutuhkan teknologi konversi yang begitu rumit. Kelemahan energi ini di antaranya adalah membutuhkan alat konversi yang handal yang mampu bertahan dengan kondisi air laut, terutama tingkat korosi dan kuatnya arus atau badai di laut. Prinsip kerja energi tidal ialah: saat pasang naik, air laut dengan volume jutaan kubik naik ke daratan. Jika di daratan itu dibuat bendungan yang besar, maka air pasang itu tertampung di dalam waduk. Di mulut waduk dipasang baling-baling yang berputar sesuai arah air. Biasanya digunakan dua arah putaran, yaitu saat pasang dan saat air surut.

d. Gelombang Laut

Selain energi tidal, potensi lain dari lautan yang dimanfaatkan adalah gelombangnya. Energi yang dimiliki gelombang laut tersebut dapat dikonversi menjadi listrik. Prinsip kerjanya adalah dengan mengumpulkan energi gelombang laut untuk memutar turbin generator. Saat ini beberapa negara telah berani mengembangkan potensi dari energi terbarukan ini.

e. Energi Piezoelektrik

Piezoelektrik adalah suatu yang dapat menghasilkan listrik dari hasil perubahan energi mekanik. Sistem penghasil energi ini sangat baik diterapkan pada tempat-tempat umum, seperti yang terpasang di sebuah lantai stasiun kereta Jepang dan juga di lantai rumah disco di Inggris. Prinsip kerjanya adalah tekanan dari orang-orang di tempat itu akan dikonversi menjadi listrik. Jadi, dapat digunakan untuk memenuhi kebutuhan listrik sekitar tempat tersebut. Di kampus FTUP telah melakukan penelitian "*polisi tidur*", yang dapat menghasilkan listrik berkelanjutan.

f. Bauran Energi

Penyediaan Energi di Mengubah masih didominasi energi fosil sementara penggunaannya belum efisien. Energi baru dan terbarukan (EBT) yang berlimpah belum dimanfaatkan secara maksimal. Padahal, EBT mempunyai peluang yang besar untuk mengembangkan berbagai teknologi energi terbarukan. Pengembangan EBT menjadi sumber energi utama akan memungkinkan harga energi dapat ditekan dan semakin murah (*avoided cost* sebagai *benchmark*). Sudah saatnya kita berkomitmen melaksanakan *Paris Agreement* dan melakukan *green innovation* untuk memanfaatkan EBT dan energi alternatif lainnya. Dengan menerapkan perencanaan yang seksama, inovasi hijau dan terobosan teknologi secara konsisten, bauran energi pada waktunya akan didominasi oleh EBT. Pergeseran

dominasi ini akan melewati masa transisi, sekaligus sebagai proses pembelajaran bagi warga masyarakat guna beralih ke EBT.

Tabel 3.11. Bauran energi

Energi	2012	2025 (Target)
Gas Bumi	20%	18%
Batu Bara	24.7%	23%
Minyak Bumi	48.4%	23%
Energi Baru dan Terbarukan	6.9%	26%

Referensi Bagian III

1. Øvergaard S. Definition of primary and secondary energy. Stand Int Energy Classif Int Recomm Energy Stat. 2008;(Energy Statistics):1–7.
2. Galiana FD, Bouffard F, Arroyo JM, Restrepo JF. Scheduling and pricing of coupled energy and primary, secondary, and tertiary reserves. Proc IEEE. 2005;93(11):1970–82.
3. Widarjono A, Susantun I, Ruchba SM, Rudatin A. Oil and food prices for a net oil importing-country: How are related in indonesia? Int J Energy Econ Policy. 2020;10(5):255–63.
4. Kharina A, Malins C, Searle S. Biofuels policy in Indonesia: overview and status report. Int Counc Clean Transp Washington, DC, USA. 2016;(August):14.
5. Kamahara H, Hasanudin U, Widiyanto A, Tachibana R, Atsuta Y, Goto N, et al. Improvement potential for net energy balance of biodiesel derived from palm oil: A case study from Indonesian practice. Biomass and Bioenergy
6. Rahman A, Dargusch P, Wadley D. The political economy of oil supply in Indonesia and the implications for renewable energy development. Renew Sustain Energy Rev [Internet]. 2021;144(September 2020):111027.
7. Hasan MH, Mahlia TMI, Nur H. A review on energy scenario and sustainable energy in Indonesia. In: Renewable and Sustainable Energy Reviews. Elsevier Ltd; 2012. p. 2316–28.
8. Santika WG, Urmee T, Simsek Y, Bahri PA, Anisuzzaman M. An assessment of energy policy impacts on achieving Sustainable Development Goal 7 in Indonesia. Energy Sustain Dev [Internet]. 2020;59:33–48.
9. Gunningham N. Managing the energy trilemma: The case of Indonesia. Energy Policy [Internet]. 2013;54:184–93.

10. Kraal D. Petroleum industry tax incentives and energy policy implications: A comparison between Australia, Malaysia, Indonesia and Papua New Guinea. *Energy Policy* [Internet]. 2019;126(November 2018):212–22.
11. Azam M, Khan AQ, Zaman K, Ahmad M. Factors determining energy consumption: Evidence from Indonesia, Malaysia and Thailand. *Renew Sustain Energy Rev* [Internet]. 2015;42:1123–31.
12. Suryantoro S, Dwipa S, Ariati R, Darma S. Geothermal Deregulation and Energy Policy in Indonesia. *World Geotherm Congr 2005*. 2005;(April):24–9.
13. Daryono, Wahyudi S, Suharnomo. The development of green energy policy planning model to improve economic growth in Indonesia. *Int J Energy Econ Policy*. 2019;9(5):216–23.
14. Dani S, Wibawa A. Challenges and policy for biomass energy in Indonesia. *Int J Business, Econ Law*. 2018;15(5):41–7.
15. International Renewable Energy Agency (IRENA). *Renewable Energy Prospects: Indonesia. REmap 2030*. 2017. 106 p.
16. Martosaputro S, Murti N. Blowing the wind energy in Indonesia. In: *Energy Procedia*. Elsevier B.V.; 2014. p. 273–82.
17. World Bank Group. *Solar Resource and Photovoltaic Potential of Indonesia* [Internet]. 2017. 86 p.
18. Hwang JH, Yoo SH. Energy consumption, CO2 emissions, and economic growth: Evidence from Indonesia. *Qual Quant*. 2014;48(1):63–73.
19. Andadari RK, Mulder P, Rietveld P. Energy poverty reduction by fuel switching. Impact evaluation of the LPG conversion program in Indonesia. *Energy Policy* [Internet]. 2014;66:436–49.
20. ASEAN Centre for Energy, *The 6th ASEAN Energy Outlook 2017-2040*

BAGIAN IV

SEJARAH SINGKAT ENERGI NASIONAL

4.1. Umum

Pada awal pemerintahan Orde Baru, yang menggantikan rezim Orde Lama era pemerintahan Soekarno, ekonomi Indonesia mengalami inflasi yang terdalam. Orde Baru dan Orde Lama adalah sebutan yang diperkenalkan oleh rezim Presiden Soeharto sehingga mudah dipahami oleh masyarakat bahwa pemerintahannya membawa nilai pembaharuan. Lahirnya Orde Baru diawali dengan terbitnya Surat Perintah 11 Maret 1966 (Supersemar) dan pemerintahan ini berlangsung selama 32 tahun hingga 1998. Sebagai langkah awal membenahan ekonomi Presiden Suharto mendapat bantuan dana segar dari 9 negara donor yang tergabung dalam kelompok internasional yang dikenal sebagai IGGI (*Inter-Governmental Group on Indonesia*). Lembaga IGGI ini yang berdiri tanggal 20 Februari 1967 di Amsterdam dikoordinir oleh Amerika beranggotakan Australia, Belanda, Belgia, Jepang, Jerman Barat, Italia, Kerajaan Inggris dan Prancis.

Tujuan IGGI, yaitu memberi bantuan kredit jangka dengan bunga ringan kepada Indonesia dalam membiayai pembangunannya. Selain itu melalui mekanisme penanaman modal asing para anggota IGGI turut berinvestasi di Indonesia sekaligus meningkatkan devisa negara. Sebagai kompensasi dana yang diterima, Indonesia memberikan konsesi atau kontrak karya utamanya untuk pengelolaan sumber daya alam (SDA) terutama di sektor pertambangan dan perminyakan. Pada awal tahun 1992, sebagai tindak lanjut tanggapan terhadap kritik keras Menteri Belanda Jan Pronk, pemerintahan Soeharto menghentikan partisipasinya di pertemuan tahunan IGGI dan lebih memilih bentuk group donor yang tergabung dalam *Consultative Group on Indonesia* (CGI) yang dipimpin Bank Dunia (*World Bank*).

4.2. Bonanza Minyak

Masa ketika minyak bumi atau bahan bakar minyak (BBM) memberikan keuntungan sangat besar bagi penerimaan negara sering disebut dengan Bonanza Minyak. Hal tersebut dapat terjadi ketika harga minyak secara tak terduga mengalami kenaikan berlipat ganda atau disebut *Oil Boom*, sehingga devisa negara melejit dalam waktu relatif singkat. Kenaikan harga minyak dunia tersebut merupakan berkah tak terduga bagi Pemerintah Indonesia kala itu. Penyebabnya tak lain ialah perbaikan nyata mekanisme perdagangan internasional akibat Bonanza Minyak yang terjadi sampai dua kali tersebut.

Peristiwa *Oil Boom* I terjadi tahun 1973/1974 akibat keputusan kartel minyak OPEC (*the Organization of Petroleum-Exporting Countries*), Indonesia sebagai salah satu anggotanya, untuk menaikkan harga minyak empat kali lipat melalui pengurangan kombinasi ekspor besar-besaran. Kemudian disusul *Oil Boom* II tahun 1979/1980 yang disebabkan oleh penutupan sementara minyak Iran sebagai akibat langsung terjadinya Revolusi yang ditandai dengan penggulingan rezim Shah, Mohammad Reza Pahlevi. Penutupan minyak Iran, sebagai pengeksport minyak terbesar setelah Arab Saudi, tentunya sangat berpengaruh terhadap terjadinya penurunan ekspor minyak OPEC. Tercatat waktu itu harga minyak menjadi dua kali lipat per barel. Dari dua kali peristiwa *Oil Boom* tersebut harga minyak yang tadinya hanya \$ 1.60 per barel di tahun 1970 menjadi \$35.00 per barelnya di tahun 1980.

Situasi tersebut berdampak ke penerimaan Negara yang melonjak Rp246.2 miliar tahun 1967/1970 dan Rp1,770.6 miliar 1974/1975 atau naik 619 persen. Selain itu, kontribusi dari hasil ekspor minyak untuk Anggaran Pendapatan Belanja Negara (APBN) jumlahnya melampaui pajak dan Investasi pemerintah meningkat dari Rp 118.2 miliar pada tahun 1969 menjadi Rp 4,4014.2 miliar pada tahun 1979 atau tumbuh 3,296 persen. Setelah mengalami era Bonanza Minyak, periode 1974–1981 ekonomi Indonesia menikmati pertumbuhan cukup tinggi dengan rata-rata setiap tahun 7.7 %. Namun demikian pada tahun 1982, ekonomi dunia mengalami keguncangan akibat anjloknya harga minyak dunia. Hantaman dari luar atau *external shock* ini utamanya disebabkan melemahnya pasar minyak dunia sehingga merusak ekspor Indonesia. Beberapa ahli memperkirakan dampaknya sepadan dengan bonanza minyak yang telah dinikmati Indonesia sebelumnya. Sejak peristiwa tersebut produksi minyak Indonesia semakin menurun. Sampai akhirnya tahun 2004 Indonesia menjadi *net importer* dan pada 2009 sudah bukan lagi anggota OPEC.

4.3. Keanggotaan OPEC

Sebagai negara produser minyak, Indonesia di masa jayanya pernah menjadi anggota organisasi kartel minyak dunia OPEC (*the Organization of Petroleum-Exporting Countries*). Sejak jaman Belanda atau lebih dari 135 tahun yang lalu Indonesia sudah dikenal sebagai produsen minyak dan gas bumi, dengan ditemukannya ladang minyak Sumatra Utara tahun 1885. Indonesia bergabung sebagai anggota OPEC mulai tahun 1961. Produksi minyak Indonesia dikontrol oleh OPEC sesuai alokasinya. Pada tahun 1991 pertemuan tingkat Menteri OPEC, kuota minyak Indonesia dibatasi 1.445 juta barrels per hari, yang faktanya masih lebih rendah dari kapasitas produksi sebesar 1.7 juta barrels per hari. Kuota Indonesia setara dengan 6% dari total produksi OPEC.

Namun seiring makin berkurangnya produksi dalam negeri Indonesia pada tahun 2004 tercatat sebagai *net importer*. Lima tahun kemudian yaitu tahun 2009 keanggotaan Indonesia di OPEC mengalami penangguhan. Sempat bergabung lagi di bulan Januari tahun 2016 namun hanya berjalan 10 bulan, karena bulan Nopember tahun yang sama keanggotaannya ditangguhkan lagi. Walaupun demikian menurut BP *Statistical Review of World Energy* 2019, Indonesia menemukan cadangan minyak terbukti sebesar 3.2 milyar barrels di akhir 2018. Dewasa ini tercatat lima besar perusahaan minyak yang masih beroperasi di Indonesia yaitu Chevron Pacific Indonesia, ExxonMobil, Pertamina EP, Pertamina Hulu Mahakam, and the China National Offshore Oil Corporation (CNOOC). Kelima perusahaan tersebut memproduksi lebih dari 73% (567,623 barel per hari) dari total produksi nasional Indonesia (773,923 barel per hari).

4.4. Fluktuasi Harga BBM 1970-2016

Selama periode 1970-2016 ada 6 (enam) Presiden RI telah menjalankan pemerintahannya. Hampir setiap presiden pernah mengambil keputusan menaikkan harga BBM. Dari keenam presiden RI tersebut, kecuali BJ. Habibie, lima diantaranya pernah menaikkan atau menurunkan harga BBM (lihat Tabel 4.1). Kebijakan Habibie yang tak pernah menyentuh harga minyak dinilai wajar, karena masa pemerintahannya yang paling singkat, hanya kurang dari 18 bulan.

Semasa pemerintahan Orde Baru, Presiden Soeharto (1966-1998) pernah menaikkan harga BBM sebanyak tiga kali. Pada 1991 harga BBM naik dari semula Rp 150 menjadi Rp 550 per liter. Dua tahun kemudian yaitu 1993, harga BBM kembali naik menjadi Rp 700 per liter. Menjelang akhir jabatannya di tengah-tengah krisis ekonomi 1998 menerpa Indonesia, harga BBM naik menjadi Rp 1,200 per liter. Setelah rezim Orde Baru runtuh dan digantikan pemerintahan BJ Habibie (Mei 1998–Oktober 1999), harga minyak tak pernah mengalami kenaikan. Sebaliknya ada penurunan harga BBM dari Rp 1,200 menjadi Rp 1,000 per liter.

Pada April 2000 atau di awal Era pemerintahan Presiden Abdurrahman Wahid atau Gus Dur (1999-2001), harga BBM mengalami penurunan menjadi Rp 600 per liter. Sekitar enam bulan kemudian harga BBM dinaikkan menjadi Rp 1,150 per liter. Pada Juni 2001, harga BBM kembali dinaikkan menjadi Rp 1,450 per liter. Sebagai presiden Indonesia kelima, Megawati Soekarnoputri (2001-2004) juga mengambil kebijakan menaikkan harga BBM dua kali. Pertama pada Maret 2002, harga BBM naik dari Rp 1,450 menjadi Rp 1,550 per liter. Kedua di awal Januari 2003 kembali harga BBM naik menjadi Rp 1,810 per liter.

Demikian juga selama dua periode kabinetnya (2004-2014), Presiden Susilo Bambang Yudhoyono (SBY) melakukan kebijakan menaikkan dan menurunkan harga BBM masing-masing empat kali naik dan tiga kali turun. Pertama Maret 2005 menaikkan harga BBM menjadi Rp 2,400 per liter. Kedua Oktober 2005 harga BBM kembali naik menjadi Rp 4,500 per liter. Ketiga Mei 2008 kembali menaikkan harga BBM menjadi Rp 6,000 per liter.

Tabel 4.1. Harga Bahan Bakar Minyak (BBM) 1970- 2016

Presiden	Periode	Kebijakan Harga BBM	Keterangan
Soeharto	1966-1998	<ul style="list-style-type: none"> Tahun 1991, Soeharto menaikkan harga BBM dari Rp 150 menjadi Rp 550 per liter; Tahun 1993, kembali menaikkan harga BBM dari Rp 550 menjadi Rp 700 per liter; Tahun 1998 awal Mei saat krisis ekonomi harga BBM melonjak jadi Rp 1,200 per liter. 	3 kali kenaikan harga BBM
BJ Habibie	1998-1999	Walaupun kepemimpinannya elative singkat, Habibie sempat menurunkan harga BBM dari Rp 1,200 menjadi Rp 1,000 per liter.	1 kali penurunan harga BBM
Abdurrahman Wahid	1999-2001	<ul style="list-style-type: none"> Tahun 2000 bulan April harga BBM turun menjadi Rp 600 per liter; Tahun 2000 bulan Oktober harga BBM naik menjadi Rp 1,150 per liter; Tahun 2001 bulan Juni harga BBM kembali naik menjadi Rp 1,450 per liter. 	1 kali turun dan 2 kali kenaikan harga BBM
Megawati Soekarnoputri	2001-2004	<ul style="list-style-type: none"> Tahun 2002 di bulan Maret Megawati menaikkan harga BBM menjadi Rp 1,550 per liter; Tahun 2003 di awal Januari naik lagi menjadi Rp 1,810 per liter. 	2 kali kenaikan harga BBM
Susilo Bambang Yudoyono	2004-2014	<ul style="list-style-type: none"> Tahun 2005 bulan Maret SBY menaikkan harga BBM menjadi Rp 2,400 per liter; Tahun 2005 bulan Oktober naik lagi menjadi Rp 4,500 per liter; Tahun 2008 bulan Mei naik lagi menjadi Rp 6,000 per liter; Tahun 2008 bulan Nopember harga BBM turun menjadi Rp 5,500; Tahun 2008 bulan Desember turun lagi menjadi Rp 5,000 per liter; Tahun 2009 bulan Januari harga BBM diturunkan menjadi Rp 4,500 per liter; 	4 kali kenaikan dan 3 kali penurunan harga BBM

		<ul style="list-style-type: none"> • Tahun 2013 juni harga BBM dinaikkan lagi menjadi Rp 6.500 per liter. 	
Joko Widodo	2014-sek	<ul style="list-style-type: none"> • Tahun 2014 bulan Nopember JKW menaikkan harga BBM Rp 2,000 per liter, Premium menjadi Rp 8,500 dan Solar menjadi Rp 7,500 per liter; • Tahun 2015 bulan Januari menurunkan harga Premium menjadi Rp 7,600 dan Solar menjadi Rp 7,250 per liter; • Tahun 2016 sesuai dengan turunnya harga minyak dunia, harga Premium turun menjadi Rp 7,150 untuk wilayah Jakarta dan Rp 6,950 di luar Jawa serta Solar menjadi Rp 5,950 per liter; • Tanggal 5 Januari tahun 2020, harga BBM Pertamina turun. 	1 kali naik dan 3 kali penurunan harga BBM

Pada akhir 2008, pertama kali SBY menurunkan harga BBM dari Rp 6,000 menjadi Rp 5,500 per liter. Kedua pada Desember 2008 harga BBM kembali turun menjadi Rp 5,000 per liter. Ketiga menjelang Pemilu 2009, tepatnya Januari 2009, harga BBM kembali turun menjadi Rp 4,500 per liter. Pada akhir jabatannya periode kedua, Juni 2013, SBY kembali menaikkan harga BBM menjadi Rp 6,500 per liter disertai penjelasan agar tak akan membebani pemerintahan periode berikutnya. Kebijakan Presiden SBY tersebut ternyata tidak menjamin beban pemerintahan penggantinya pasangan Jokowi–Jusuf Kalla bertambah ringan. Sebab selama SBY berkuasa pemerintah memberikan subsidi harga BBM yang anggarannya dapat mencapai empat ratusan triliun per tahun di akhir jabatannya.

Pemerintahan Jokowi seolah-olah tersandera anggaran negara yang tak sehat ini, oleh karena itu kebijakan kenaikan harga BBM pun diambil walau umur pemerintahannya belum genap satu bulan berjalan. Bulan Nopember 2014 Jokowi menaikkan harga BBM sebesar Rp 2.000 per liter. Jenis Premium naik dari Rp 6,500 per liter menjadi Rp 8,500 per liter dan Solar juga naik dari Rp 5,500 menjadi Rp 7,500 per liter. Kemudian Januari 2015 harga Premium turun menjadi Rp 7,600 dan Solar juga turun menjadi Rp 7,250 per liter. Seiring dengan penurunan harga minyak dunia, pada Tahun 2016 harga Premium turun menjadi Rp 7,150 untuk wilayah Jakarta dan Rp 6,950 di luar Jawa serta Solar turun menjadi Rp 5,950 per liter. Terhitung per tanggal 5 Januari 2020, harga BBM juga turun kembali. Upaya ini juga salah satu hasil positif dari pembubaran salah satu anak perusahaan Pertamina yakni Petral.

4.5. BBM Komersial

Di Indonesia, jenis BBM komersial tergolong bermacam-macam. Pertamina melakukan diversifikasi BBM, diarahkan ke segmen pasar tertentu dengan harga jual per liter nya bervariasi. Sehingga kalangan operator transportasi, rumah tangga dan kegiatan komersial lainnya dapat menyesuaikan pilihan harga dan jenis BBM sesuai kebutuhan mereka.

a. Bensin

Bensin merupakan jenis BBM primer yang langsung dapat dimanfaatkan untuk bahan bakar motor penggerak yang memakai sistem pengapian. Pertamina menawarkan berbagai jenis bensin sebagai berikut:

- 1) Premium, adalah bensin dengan ciri khas berwarna kuning, serta cocok untuk kendaraan berbahan bakar bensin. Premium menjadi jenis bahan bakar dengan nilai oktan paling rendah yang ada di lini produk bahan bakar bensin Pertamina. Di pasaran, Premium sejajar dengan produk dari Vivo, yakni Revvo 89. Untuk penggunaannya, bensin Premium cocok untuk mobil atau kendaraan dengan kompresi mesin rendah, yaitu di bawah 9:1. Kompresi mesin dengan angka seperti ini banyak ditemui pada mobil-mobil lawas. Semisal sepeda motor, mobil, dan motor tempel. Nilai RON premium adalah 88.
- 2) Peralite, kualitasnya, bensin beroktan 90, sedikit di atas Premium Oktan Peralite 90 Jenis bahan bakar Peralite memiliki banyak peminat. Alasannya antara lain, harga Peralite terjangkau dan memiliki nilai oktan yang sesuai dengan kebanyakan mobil. Oktan Peralite berada di angka 90 yang menjadikannya cocok untuk mobil-mobil bermesin bensin dengan rasio kompresi antara 9:1 hingga 10:1.
- 3) Pertamax, merupakan bensin beroktan 92, yang diperuntukan untuk mobil yang cocok diberi bahan bakar beroktan tinggi Oktan Pertamax 92 di atas Peralite, konsumen dapat memilih Pertamax yang memiliki nilai oktan 92. Nilai tersebut membuatnya cocok untuk digunakan pada mobil-mobil modern yang memiliki rasio kompresi mesin antara 10:1 sampai 11:1. Selain Pertamax, bahan bakar dengan nilai oktan sejenis lainnya ialah *Shell Super* atau *Total Performance 92*.
- 4) Pertamax Turbo, bensin beroktan 98, merupakan bensin yang ditujukan untuk mobil berteknologi tinggi Oktan Pertamax Turbo 98 Pertamax Turbo lahir dari kerjasama antara Pertamina dan Lamborghini. Pada 2016, Pertamax Turbo diluncurkan sebagai bahan bakar resmi even *Lamborghini Supertrofeo European Series*. Diketahui, nilai oktan Pertamax Turbo mencapai 98, cocok untuk mobil dengan rasio kompresi mesin antara 11:1 hingga 13:1.

- 5) *Pertamax Racing*, bensin beroktan 100, Tak banyak yang tahu bahwa Pertamina juga menyediakan bahan bakar untuk kebutuhan balap yang dinamakan *Pertamax Racing*. Bahan bakar tersebut memiliki nilai oktan 100 yang hanya digunakan pada mobil-mobil dengan mesin berkompresi di atas 13:1.
- b. *Minyak Solar*
Bahan bakar bernama lain *High Speed Diesel (HSD)* ini ditujukan bagi mobil yang berbasis diesel. Bahan bakar ini juga lazim dipakai untuk mesin urgea, serta transportasi umum.
- c. *Minyak Tanah*
Walau tidak dipakai untuk kendaraan jenis apa pun, bahan bakar ini tetap masuk ke dalam jenis BBM. Sebagaimana yang diketahui, bahan bakar ini lazim dipakai untuk kepentingan rumah tangga dan usaha kecil. Semisal memasak dan juga bahan bakar untuk penerangan.
- d. *Minyak Bakar*
Bahan bakar satu ini merupakan bahan bakar hasil residu dengan ciri khas berwarna hitam. Seperti halnya minyak tanah, jenis BBM ini tidaklah diperuntukan untuk kendaraan. Tetapi, dipakai untuk bahan bakar pada *steam power station*. Jenis BBM ini punya kekentalan yang cukup tinggi.
- e. *Minyak Diesel*
Jenis BBM ini cocok untuk kendaraan bermesin diesel. Ciri khas bahan bakar ini adalah warnanya yang hitam, serta bentuknya yang agak encer atau cair. Bahan bakar ini dihasilkan dari proses penyulingan minyak.
- f. *Biodiesel*
Kalau yang satu ini merupakan pengganti dari minyak diesel. Berbeda dengan diesel, bahan bakar ini dibuat dari sumber daya yang dapat diperbaharui. Semisal minyak hewani ataupun minyak nabati.
- g. *Pertamina Dex*
Dari namanya saja sudah jelas, bahan bakar ini merupakan asli buatan Pertamina. Bahan bakar ini mengandung *sulfur* di bawah 300 ppm, serta telah mencapai standar emisi gas

buang EURO 2. BBM ini sangat cocok untuk mobil dengan mesin *Diesel Common Rail System*. Pertamina Dex diyakini dapat menghasilkan tenaga yang besar, namun irit dan ekonomis.

h. *Aviation Turbine* (Avtur)

Bahan bakar satu ini khusus dipakai untuk pesawat terbang. Terutama, pesawat dengan tipe mesin *external combustion* alias mesin turbin. Avtur sendiri dibuat dari hasil fraksi minyak bumi.

i. *Aviation Gas* (Avgas)

Seperti halnya avtur, bahan bakar satu ini juga khusus dipakai untuk pesawat terbang. Adapun pesawat yang cocok untuk jenis BBM ini adalah pesawat bermesin *internal combustion*. Jenis BBM ini juga cocok untuk pesawat dengan mesin piston berbasis urge pengapian. Layaknya avtur, bahan bakar ini juga dibuat dari hasil fraksi minyak bumi.

Referensi Bagian IV

1. Posthumus GA. The inter-governmental group on indonesia. Bull Indones Econ Stud. 1972;8(2):55–66.
2. Setiawati N, Santi C, Utami M. Peranan Inter-Governmental Group On Indonesia (IGGI) dalam Perbaikan Perekonomian Indonesia Tahun 1967-1992. J Indones Hist. 2021;10(1):87–94.
3. Silver C, Azis IJ, Schroeder L. Intergovernmental transfers and decentralisation in Indonesia. Bull Indones Econ Stud. 2001;37(3):345–62.
4. Nehru V, Mckay L, Hofma B. Economic Brief for the Consultative Group on Indonesia. 2000.
5. Nehru V, Mckay L, Hofma B. Indonesia Accelerating Recovery in Uncertain Brief for the Consultative on Indonesia. 2000.
6. Pinto B. Nigeria during and after the oil boom: A policy comparison with Indonesia. World Bank Econ Rev. 1987;1(3):419–45.
7. Usui N. Dutch disease and policy adjustments to the oil boom: A comparative study of Indonesia and Mexico. Resour Policy. 1997;23(4):151–62.
8. Usui N. Policy adjustments to the oil boom and their evaluation: The Dutch Disease in Indonesia. World Dev. 1996;24(5):887–900.

9. Susanti E. Penanaman Modal Asing Sektor Pertambangan Minyak Dan Gas Bumi Nasional Pada Masa Orde Baru Tahun 1967-1981. *Avatara*. 2016;4(3).
10. Efendi D. Dasar pembangunan di Indonesia dan Malaysia: suatu analisis perbandingan. *Jebat Malaysian J Hist Polit Strateg Stud*. 2012;39(2):96–115.
11. Kharina A, Malins C, Searle S. Biofuels policy in Indonesia: overview and status report. *Int Counc Clean Transp Washington, DC, USA*. 2016;(August):14.
12. Cunado J. Structural breaks and real convergence in opec countries. *J Appl Econ [Internet]*. 2011;14(1):101–17.
13. Brémond V, Hache E, Mignon V. Does OPEC still exist as a cartel? An empirical investigation. *Energy Econ*.
14. Rahman, Hakim. Reaksi Pasar Modal Indonesia Terhadap Pengumuman Kenaikan Harga Bbm 22 Juni 2013. *Manag Anal J*. 2014;3(1):1–5.
15. Ikhsan M, Dartanto T, Usman S. Kajian dampak kenaikan harga BBM 2005 terhadap Kemiskinan. Lembaga Penyelidikan Ekonomi dan Masyarakat.
16. Dartanto T. BBM, Kebijakan Energi, Subsidi, dan Kemiskinan di Indonesia Teguh. *Inovasi2*. 5AD;05(November 2004):1–110.
17. Mulyani PA, Eia A, Esdm K, Migas D. Kajian Terhadap Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Subsidi Bahan Bakar Minyak (BBM) Indonesia Study On The Factors Affecting The Fuel Subsidy (BBM) In Indonesia. *J Ekon Kuantitatif Terap*. 2015;8(1):1–8.
18. Paillin DB, Wattimena E. Penerapan algoritma sequential insertion dalam pendistribusian BBM di Kawasan Timur Indonesia (Studi kasus pada PT. Pertamina Upms VIII Terminal Transit Wayame-Ambon). *Arika*. 2015;9(1):53–62.
19. Romlan MR. Outlook Energi Indonesia 2014. *Igarss 2014*. 2014;(1):1–5.
20. Shintawaty A. Prospek Pengembangan Biodiesel dan Bioetanol Sebagai Bahan Bakar Alternatif di Indonesia. *Econ Rev*. 2006;03(Maret):1–20.
21. Rivani E. Kebijakan Subsidi Bbm Dan Efisiensi Perekonomian. *Info Singk Ekon dan Kebijak Publik [Internet]*. 2014;VI(9).

BAGIAN V REGULASI ENERGI

5.1. Umum

Dalam kehidupan seluruh makhluk dimanapun dan kapanpun tak terpisahkan dari energi karena energi meliputi dan berada di segala sesuatu. Secara umum pengertian energi ialah kemampuan untuk melakukan kerja yang dapat berupa panas, cahaya, mekanika, kimia, dan elektromagnetika. Indonesia sangat kaya dengan sumber daya energi, berasal dari alam, baik yang dapat langsung dimanfaatkan sebagai energi maupun perlu diolah terlebih dahulu melalui proses konversi maupun transformasi. Sejalan dengan perkembangan IPTEK berbagai sumber energi baru mulai ditemukan, baik yang berasal dari sumber energi terbarukan maupun sumber energi tak terbarukan. Sumber energi terbarukan adalah sumber energi yang dihasilkan dari sumber daya energi yang berkelanjutan jika dikelola dengan baik, antara lain panas bumi, angin, bioenergi, sinar matahari, aliran dan terjunan air, serta gerakan dan perbedaan suhu lapisan laut. Sebaliknya sumber energi tak terbarukan akan habis jika dimanfaatkan terus menerus akhirnya. Seperti minyak bumi, gas alam, batubara dan mineral fosil lainnya lama kelamaan akan tereksploitasi sampai habis nilai ekonomisnya.

Bahan Bakar Minyak atau yang populer dengan sebutan BBM menjadi salah satu komoditas andalan sejak era kolonial di abad XIX dengan penemuan sumur-sumur minyak dan gas di Sumatra maupun Jawa. Selain sebagai sumber energi kehidupan sehari-hari, sesuai amanat Konstitusi/UUD 1945, maka BBM merupakan sumber kekayaan alam yang dikuasai negara dan ditujukan sebesar-besarnya bagi kemakmuran dan kesejahteraan rakyat. Pada awal Orde Baru sebagaimana telah dibahas di Bab sebelumnya, bonanza minyak dan gas bumi mampu mengakselerasi pertumbuhan ekonomi nasional dan menyelamatkan krisis ekonomi yang berkepanjangan.

Perwujudan amanat Konstitusi tersebut di era pemerintahan Jokowi dilakukan melalui penerapan kebijakan *Single Price Policy* di seluruh pelosok Nusantara. Dengan demikian masyarakat di pedalaman Papua atau di tempat terpencil lainnya dapat menikmati harga BBM yang sama. Penguasaan kembali Blok Rokan dan Mahakam oleh pemerintah, pembubaran unit bisnis anak perusahaan Pertamina bernama Petral dan pencabutan subsidi BBM yang salah sasaran, memberikan sinyal kuat bahwa pemerintah hadir dalam upaya menjalankan amanat Konstitusi.

Dari sisi pasokan sumber energi primer seperti minyak bumi, batubara, gas bumi, tenaga air, angin, matahari, dan panas bumi misalnya merupakan sumber daya alam yang dapat diolah untuk memenuhi kebutuhan energi nasional. Sedangkan di sisi kebutuhan, setelah melalui pengolahan sesuai prosesnya masing-masing hasil produk akhirnya akan sampai ke tangan konsumen berupa BBM (bensin atau solar) dan listrik. Walaupun demikian kebanyakan hanya sumber energi fosil (minyak bumi, batubara dan gas bumi) yang secara terus menerus dieksploitasi. Mineral alam lainnya seperti uranium dan thorium yang dapat diolah sebagai energi nuklir, untuk pembangkit listrik, belum dipandang sebagai alternatif sumber energi. Sedangkan sumber energi alam yang terbarukan (tenaga air, angin, matahari, energi arus, gelombang dsb.) belum banyak dimanfaatkan. Demikian pula energi nabati seperti biomasa yang mudah dijadikan bahan bakar terbarukan masih belum menjadi prioritas energi alternatif bagi masyarakat.

Mineral dan Batubara (minerba)

Presiden Joko Widodo tanggal 10 Juni 2020 telah menandatangani Undang-Undang No. 3 Tahun 2020 tentang Perubahan UU No. 4 Tahun 2009 tentang Pertambangan Mineral dan Batubara. UU Minerba baru juga diharapkan dapat mendorong pengembangan peningkatan nilai tambah (PNT) mineral dan batubara. Presiden Joko Widodo tanggal 10 Juni 2020 telah menandatangani Undang-Undang No. 3 Tahun 2020 tentang Perubahan UU No. 4 Tahun 2009 tentang Pertambangan Mineral dan Batubara. UU Minerba yang baru (UU No. 3/2020) sangat dinantikan oleh pelaku usaha dan disambut secara positif karena memberikan kepastian hukum dan kepastian investasi baik bagi pemegang IUP, IUPK serta KK dan PKP2B. Dengan terbitnya UU No. 3/2020, paling tidak bagi industri pertambangan ada secercah harapan ditengah kondisi Pandemi Covid-19 yang dampaknya sangat signifikan dan kemungkinan masih akan berkepanjangan.

UU Minerba baru selain memberikan kepastian hukum bagi perpanjangan/konversi KK/PPKP2B menjadi IUPK Operasi Produksi, juga mengatur beberapa hal penting. Kewenangan pengelolaan minerba yang sebelumnya didelegasikan oleh pemerintah ke pemerintah daerah, di dalam UU Minerba baru kewenangan berada ditangan pemerintah pusat. UU No. 3/2020 menetapkan sumber daya mineral dan batubara adalah kekayaan nasional oleh karena itu pengelolaannya dibawah kendali pemerintah pusat. Namun daerah tetap akan mendapatkan manfaat, bahkan diharapkan lebih besar, dari pengelolaan minerba pasca penerbitan UU No. 3/2020. Peran pemerintah daerah akan diatur lebih lanjut dalam peraturan

pemerintah (PP) yang segera akan disusun. Selain itu, UU juga memperkenalkan izin baru yaitu Surat Izin Pertambangan Batuan (SIPB) yang kewenangannya didelegasikan ke pemerintah provinsi.

UU Minerba baru juga diharapkan dapat mendorong pengembangan peningkatan nilai tambah (PNT) mineral dan batubara. Definisi dari PNT mineral dan batubara diatur secara terpisah didalam UU yang baru ini yang berbeda dengan pengaturan di UU sebelumnya. Selain itu UU Minerba baru juga memperkenalkan definisi pengelolaan dan pemanfaatan batubara. Dalam pelaksanaan PNT mineral, UU amandemen UU No. 4/2009 tersebut juga memperhatikan faktor kelayakan ekonomi (*economic feasibility*) dan juga akses pasar (*forward linkage*), hal mana yang sebelumnya tidak diatur di UU NO. 4/2009. Namun, aturan lebih detail di dalam PP yang perlu lebih dicermati agar kegiatan PNT mineral dapat dilaksanakan dengan baik.

Meskipun UU Minerba baru banyak mengatur ketentuan yang positif bagi pelaku usaha, namun penetapan sanksi pidana dan denda yang lebih berat perlu menjadi perhatian khusus bagi pemegang izin. Adanya sanksi pidana penjara maksimal 5 tahun dan/atau denda uang sampai Rp. 100 miliar tentu diharapkan mendorong kepatuhan dari pelaku usaha terhadap peraturan perundang-undangan. Oleh karena itu, penyusunan rancangan peraturan pelaksanaan (RPP) yang sedang disusun oleh pemerintah perlu mendapat perhatian penting dari seluruh pelaku usaha. Jika UU dan peraturan pelaksanaannya nanti positif mengakomodir *best practices* dan *concern* dari pelaku usaha serta bisa sinkron dengan peraturan sektoral lainnya, diyakini UU Minerba yang baru dapat membawa industri pertambangan ke arah yang lebih baik. Paling tidak, dalam jangka pendek bisa mendorong kegiatan usaha pertambangan lebih maksimal ditengah pelemahan demand akibat Pandemi Covid-19.

Undang–Undang Tentang Perubahan atas Undang-Undang Nomor 4 Tahun 2009 Tentang Pertambangan Mineral Dan Batubara.

Pasal 1

Dalam Undang-Undang ini yang dimaksud dengan:

1. Pertambangan adalah sebagian atau seluruh tahapan kegiatan dalam rangka, pengelolaan dan pengusahaan mineral atau batubara yang meliputi penyelidikan umum, eksplorasi, studi kelayakan, konstruksi, penambangan, pengolahan dan/atau pemurnian atau pengembangan dan/atau pemanfaatan, pengangkutan dan penjualan, serta kegiatan pasca tambang.

2. Mineral adalah senyawa anorganik yang terbentuk di alam, yang memiliki sifat fisik dan kimia tertentu serta susunan kristal teratur atau gabungannya yang membentuk batuan, baik dalam bentuk lepas atau padu.
3. Batubara adalah endapan senyawa organik karbonat yang terbentuk secara alamiah dari sisa tumbuh-tumbuhan.
4. Pertambangan Mineral adalah Pertambangan kumpulan Mineral yang berupa bijih atau batuan, di luar panas bumi, minyak dan gas bumi, serta air tanah.
5. Pertambangan Batubara adalah Pertambangan endapan karbon yang terdapat di dalam bumi, termasuk bitumen padat, gambut, dan batuan aspal.
6. Usaha Pertambangan adalah kegiatan dalam rangka perusahaan Mineral atau Batubara yang meliputi tahapan kegiatan penyelidikan umum, eksplorasi, studi kelayakan, konstruksi, penambangan, pengolahan dan/atau pemurnian atau pengembangan dan/atau pemanfaatan, pengangkutan dan penjualan, serta pascatambang.
 - 1) Kontrak Karya yang selanjutnya disebut KK adalah perjanjian antara pemerintah dengan perusahaan berbadan hukum Indonesia untuk melakukan kegiatan Usaha Pertambangan Mineral.
 - 2) Perjanjian Karya Perusahaan Pertambangan Batubara yang selanjutnya disebut PKP2B adalah perjanjian antara pemerintah dengan perusahaan berbadan hukum Indonesia untuk melakukan kegiatan Usaha Pertambangan Batubara.
 - 3) Perizinan Berusaha adalah legalitas yang diberikan kepada pelaku usaha untuk memulai dan menjalankan usaha dan/atau kegiatannya.
7. Izin Usaha Pertambangan, yang selanjutnya disebut IUP, adalah izin untuk melaksanakan Usaha Pertambangan.
8. Dihapus.
9. Dihapus.
10. Izin Pertambangan Rakyat, yang selanjutnya disebut IPR, adalah izin untuk melaksanakan Usaha Pertambangan dalam wilayah pertambangan rakyat dengan luas wilayah dan investasi terbatas.
11. Izin Usaha Pertambangan Khusus, yang selanjutnya disebut dengan IUPK, adalah izin untuk melaksanakan Usaha Pertambangan di wilayah izin usaha pertambangan khusus.
12. Dihapus.
13. Dihapus.

- 1) Surat Izin Penambangan Batuan, yang selanjutnya disebut SIPB, adalah izin yang diberikan untuk melaksanakan kegiatan Usaha Pertambangan batuan jenis tertentu atau untuk keperluan tertentu.
- 2) IUPK sebagai Kelanjutan Operasi Kontrak/Perjanjian adalah izin usaha yang diberikan sebagai perpanjangan setelah selesainya pelaksanaan Kontrak Karya atau Perjanjian Karya Pengusahaan Pertambangan Batubara. Izin Pengangkutan dan Penjualan adalah izin usaha yang diberikan kepada perusahaan untuk membeli, mengangkut, dan menjual komoditas tambang Mineral atau Batubara.

Undang-Undang Negara Republik Indonesia Nomor 10 Tahun 1997
Tentang Ketenaganukliran Dengan Rahmat Tuhan Yang Maha Esa Presiden Republik
Indonesia

Bab I Ketentuan Umum

1. Pasal 1

Dalam undang-undang ini yang dimaksud dengan:

1. Ketenaganukliran adalah hal yang berkaitan dengan pemanfaatan, pengembangan, dan penguasaan ilmu pengetahuan dan teknologi nuklir serta pengawasan kegiatan yang berkaitan dengan tenaga nuklir.
2. Tenaga nuklir adalah tenaga dalam bentuk apa pun yang dibebaskan dalam proses transformasi inti, termasuk tenaga yang berasal dari sumber radiasi pengion.
3. Radiasi pengion adalah gelombang elektromagnetik dan partikel bermuatan yang karena energi yang dimilikinya mampu mengionisasi media yang dilaluinya.
4. Pemanfaatan adalah kegiatan yang berkaitan dengan tenaga nuklir yang meliputi penelitian, pengembangan, penambangan, pembuatan, produksi, pengangkutan, penyimpanan, pengalihan, ekspor, impor, penggunaan, dekomisioning, dan pengelolaan limbah radioaktif untuk meningkatkan kesejahteraan rakyat.
5. Bahan nuklir adalah bahan yang dapat menghasilkan reaksi pembelahan berantai atau bahan yang dapat diubah menjadi bahan yang dapat menghasilkan reaksi pembelahan berantai.
6. Bahan galian nuklir adalah bahan dasar untuk pembuatan bahan bakar nuklir.
7. Bahan bakar nuklir adalah bahan yang dapat menghasilkan proses transformasi inti berantai.

8. Limbah radioaktif adalah zat radioaktif dan bahan serta peralatan yang telah terkena zat radioaktif atau menjadi radioaktif karena pengoperasian instalasi nuklir yang tidak dapat digunakan lagi.
9. Zat radioaktif adalah setiap zat yang memancarkan radiasi pengion dengan aktivitas jenis lebih besar dari pada 70 kBq/kg (2 nCi/g).
10. Pengelolaan limbah radioaktif adalah pengumpulan, pengelompokan, pengolahan, pengangkutan, penyimpanan, dan/ atau pembuangan limbah radioaktif.
11. Radioisotop adalah isotop yang mempunyai kemampuan untuk memancarkan radiasi pengion.
12. Instalasi nuklir adalah:
 - a) Reaktor nuklir;
 - b) Fasilitas yang digunakan untuk pemurnian, konversi, pengayaan bahan nuklir, fabrikasi bahan bakar nuklir dan/atau pengolahan ulang bahan bakar nuklir bekas; dan/atau
 - c) Fasilitas yang digunakan untuk menyimpan bahan bakar nuklir dan bahan bakar nuklir bekas.
13. Reaktor nuklir adalah alat atau instalasi yang dijalankan dengan bahan bakar nuklir yang dapat menghasilkan reaksi inti berantai yang terkendali dan digunakan untuk pembangkitan daya, atau penelitian, dan/atau produksi radioisotop.
14. Dekomisioning adalah suatu kegiatan untuk menghentikan beroperasinya reaktor nuklir secara tetap, antara lain, dilakukan pemindahan bahan bakar nuklir dari teras reaktor, pembongkaran komponen reaktor, dekontaminasi, dan pengamanan akhir.
15. Kecelakaan nuklir adalah setiap kejadian atau rangkaian kejadian yang menimbulkan kerugian nuklir.
16. Kerugian nuklir adalah setiap kerugian yang dapat berupa kematian, cacat, cedera atau sakit, kerusakan harta benda, pencemaran dan kerusakan lingkungan hidup yang ditimbulkan oleh radiasi atau gabungan radiasi dengan sifat racun, sifat mudah meledak, atau sifat bahaya lainnya sebagai akibat kekritisitas bahan bakar nuklir dalam instalasi nuklir atau selama pengangkutan, termasuk kerugian sebagai akibat tindakan preventif dan kerugian sebagai akibat atau tindakan untuk pemulihan lingkungan hidup.
17. Pengusaha instalasi nuklir adalah orang perseorangan atau badan hukum yang bertanggung jawab dalam pengoperasian instalasi nuklir.

18. Pihak ketiga adalah orang atau badan yang menderita kerugian nuklir, tidak termasuk pengusaha instalasi nuklir dan pekerja instalasi nuklir yang menurut struktur organisasi berada di bawah pengusaha instalasi nuklir.

5.2. Regulasi Energi UU No.30/2007 tentang Energi

1. Pasal 1

Dalam Undang-Undang ini yang dimaksud dengan:

1. Energi adalah kemampuan untuk melakukan kerja yang dapat berupa panas, cahaya, mekanika, kimia, dan elektromagnetika.
2. Sumber energi adalah sesuatu yang dapat menghasilkan energi, baik secara langsung maupun melalui proses konversi atau transformasi.
3. Sumber daya energi adalah sumber daya alam yang dapat dimanfaatkan, baik sebagai sumber energi maupun sebagai energi.
4. Sumber energi baru adalah sumber energi yang dapat dihasilkan oleh teknologi baru baik yang berasal dari sumber energi terbarukan maupun sumber energi tak terbarukan, antara lain nuklir, hidrogen, gas metana batu bara (*coal bed methane*), batu bara tercairkan (*liquified coal*), dan batu bara tergaskan (*gasified coal*).
5. Energi baru adalah energi yang berasal dari sumber energi baru.
6. Sumber energi terbarukan adalah sumber energi yang dihasilkan dari sumber daya energi yang berkelanjutan jika dikelola dengan baik, antara lain panas bumi, angin, bioenergi, sinar matahari, aliran dan terjunan air, serta gerakan dan perbedaan suhu lapisan laut.
7. Energi terbarukan adalah energi yang berasal dari sumber energi terbarukan.
8. Sumber energi tak terbarukan adalah sumber energi yang dihasilkan dari sumber daya energi yang akan habis jika dieksploitasi secara terus-menerus, antara lain, minyak bumi, gas bumi, batu bara, gambut, dan serpih bitumen.
9. Energi tak terbarukan adalah energi yang berasal dari sumber energi tak terbarukan.
10. Lingkungan hidup adalah kesatuan ruang dengan semua benda, daya, keadaan, dan makhluk hidup, termasuk manusia dan perilakunya, yang mempengaruhi kelangsungan perikehidupan dan kesejahteraan manusia serta makhluk hidup lain.
11. Pelestarian fungsi lingkungan hidup adalah rangkaian upaya untuk memelihara kelangsungan daya dukung dan daya tampung lingkungan hidup.

12. Badan usaha adalah perusahaan berbentuk badan hukum yang menjalankan jenis usaha bersifat tetap, terus-menerus, dan didirikan sesuai dengan peraturan perundang-undangan, serta bekerja dan berkedudukan dalam wilayah Negara Kesatuan Republik Indonesia.
13. Bentuk usaha tetap adalah badan usaha yang didirikan dan berbadan hukum di luar wilayah Negara Kesatuan Republik Indonesia yang melakukan kegiatan dan berkedudukan di wilayah Negara Kesatuan Republik Indonesia dan wajib mematuhi peraturan perundang-undangan Republik Indonesia.
14. Cadangan penyangga energi adalah jumlah ketersediaan sumber energi dan energi yang disimpan secara nasional yang diperlukan untuk memenuhi kebutuhan energi nasional pada kurun waktu tertentu.
15. Penyediaan energi adalah kegiatan atau proses menyediakan energi, baik dari dalam negeri maupun dari luar negeri.
16. Pemanfaatan energi adalah kegiatan menggunakan energi, baik langsung maupun tidak langsung, dari sumber energi.
17. Pengelolaan energi adalah penyelenggaraan kegiatan penyediaan, pengusaha, dan pemanfaatan energi serta penyediaan cadangan strategis dan konservasi sumber daya energi.
18. Pengusahaan energi adalah kegiatan menyelenggarakan usaha penyediaan dan/atau pemanfaatan energi.
19. Pengusahaan jasa energi adalah kegiatan menyelenggarakan usaha jasa yang secara langsung atau tidak langsung berkaitan dengan penyediaan dan/atau pemanfaatan energi.
20. Cadangan energi adalah sumber daya energi yang sudah diketahui lokasi, jumlah, dan mutunya.
21. Diversifikasi energi adalah penganekaragaman pemanfaatan sumber energi.
22. Cadangan strategis adalah cadangan energi untuk masa depan.
23. Konservasi energi adalah upaya sistematis, terencana, dan terpadu guna melestarikan sumber daya energi dalam negeri serta meningkatkan efisiensi pemanfaatannya.
24. Konservasi sumber daya energi adalah pengelolaan sumber daya energi yang menjamin pemanfaatannya dan persediaannya dengan tetap memelihara dan meningkatkan kualitas nilai dan keanekaragamannya.

25. Kebijakan energi nasional adalah kebijakan pengelolaan energi yang berdasarkan prinsip berkeadilan, berkelanjutan, dan berwawasan lingkungan guna terciptanya kemandirian dan ketahanan energi nasional.
26. Dewan Energi Nasional adalah suatu lembaga bersifat nasional, mandiri, dan tetap yang bertanggung jawab atas perumusan kebijakan energi nasional.
27. Rencana umum energi adalah rencana pengelolaan energi untuk memenuhi kebutuhan energi di suatu wilayah, antarwilayah, atau nasional.
28. Pemerintah Pusat, selanjutnya disebut Pemerintah, adalah Presiden Republik Indonesia yang memegang kekuasaan pemerintahan negara Republik Indonesia sebagaimana dimaksud dalam Undang-Undang Dasar Negara Republik Indonesia Tahun 1945.
29. Pemerintah daerah adalah gubernur, bupati, atau wali kota dan perangkat daerah sebagai unsur penyelenggara pemerintahan daerah.
30. Menteri adalah menteri yang bidang tugasnya bertanggung jawab di bidang energi.

5.3. Regulasi BBM

Pengaturan BBM oleh pemerintah telah dituangkan ke dalam Undang-undang Nomor 22 Tahun 2001 tentang Minyak dan Gas Bumi yang ditetapkan pada 23 November 2001 dan diberlakukan sejak tanggal penetapan tersebut. Penetapan UU No. 22 Tahun 2001 sekaligus mencabut peraturan perundang-undangan sebelumnya berikut ini:

1. UU No. 8 Tahun 1971 tentang Perusahaan Pertambangan Minyak dan Gas Bumi Negara;
2. UU No. 15 Tahun 1962 tentang Penetapan Peraturan Pemerintah Pengganti UU No. 2 Tahun 1962 tentang Kewajiban Perusahaan Minyak Memenuhi Kebutuhan Dalam Negeri Menjadi Undang-Undang; dan
3. Perpu Nomor 44 Tahun 1960.

Penerbitan UU No. 22 Tahun 2001 tentang Minyak dan Gas Bumi bertujuan sebagai berikut:

1. Terlaksana dan terkendalinya minyak dan gas bumi sebagai sumber daya alam dan sumber daya pembangunan yang bersifat strategis dan vital;
2. Mendukung dan menumbuhkembangkan kemampuan nasional untuk lebih mampu bersaing;
3. Meningkatkan pendapatan negara dan memberikan kontribusisebesar-besarnya bagi perekonomian nasional, mengembangkan dan memperkuat urgea dan perdagangan Indonesia;

4. Menciptakan lapangan kerja, memperbaiki lingkungan, meningkatnya kesejahteraan dan kemakmuran rakyat.

Perbaikan undang-undang juga dilakukan dan tertuang dalam Omnibus Law terbaru yang membahas tentang regulasi minerba.

Referensi Bagian V

1. Dewata ER, Hariyati F, Nordin S. Study of Pertashop & BBM Satu Harga in Parigi Baru Village on Pertamina' s Reputation Measured by Customer-Based Brand Equity. *J Ris Kominikasi*. 2022;5(2):32–50.
2. Saputro IR. Kebijakan Indonesia Mengakhiri Kontrak Kerjasama Sumber Daya Migas PT Chevron: Kasus Blok Rokan Riau. *J Inov Ilmu Sos dan Polit*. 2018;17(2):117–22.
3. Priwanza H, Saputra R, Manalu D, Muryanto B, Nuryanto Y, Dirgantoro A, Maharano M, Sari K, Sayogyo B, Hutahean R, Dewanta D, Wibowo A, Limawan V, Darma R. Development of well integrity management tool in Mahakam Block. *Soc Pet Eng - SPE/IATMI Asia Pacific Oil Gas Conf Exhib 2017*. 2017;2017-January(Figure 1):1–14.
4. Herwin H, Giriansyah B., Rau IT. TOTAL's experiences in tackling mature field challenges in the Mahakam PSC. *Search Discov*. 2018;30565:9.
5. Nefi A, Malebra I, Ayuningtyas DP. Implikasi Keberlakuan Kontrak Karya Pt. Freeport Indonesia Pasca Undang-Undang No 4 Tahun 2009 Tentang Pertambangan Mineral Dan Batubara. *J Huk Pembang*. 2018;48(1):137.
6. Rahayu S, Wahyudhi D. Penegakan Hukum Ketentuan Pidana Pasal 158 Undang-Undang Nomor 4 Tahun 2009 Tentang Pertambangan Mineral dan Batubara Terhadap Kegiatan Pertambangan Tanpa Izin di Kabupaten Muaro Jambi. 2009.
7. Kristiawan A, Wahyuningsih SE. Perspektif Tindak Pidana Administrasi Terhadap Tindak Pidana Pertambangan Tanpa Ijin (Peti) Dalam Undang-Undang Nomor 4 Tahun 2009 Tentang Mineral Dan Batubara. *J Daulat Huk*. 2018;1(1):95–106.
8. Arsita SA, Saputro GE, Susanto. Perkembangan Kebijakan Energi Nasional dan Energi Baru Terbarukan Indonesia. *J Syntax Transform [Internet]*. 2021;2(12):1779–88.
9. Nugroho H. Transisi Energi Indonesia: Janji Lama Belum Terpenuhi. *Bappenas Work Pap*. 2019;2(2):208–14.
10. Bayu H, Windarta J. Tinjauan Kebijakan dan Regulasi Pengembangan PLTS di Indonesia. *J Energi Baru dan Terbarukan*. 2021;2(3):123–32.

11. Nur AI, Kurniawan AD. Proyeksi Masa Depan Kendaraan Listrik di Indonesia: Analisis Perspektif Regulasi dan Pengendalian Dampak Perubahan Iklim yang Berkelanjutan. *J Huk Lingkungan Indones*. 2021;7(2):197–220.
12. Sihombing G, Suwarno S. Pemanfaatan Energi Terbarukan off Grid di Daerah Terpencil Indonesia. *E-Link J Tek Elektro dan Inform*. 2021;16(2):40.
13. Sugiyono Agus Purwono B, Teknik Mesin J, Negeri Malang Jl Soekarno -Hatta No P. Strategi Pengembangan Energi Terbarukan Di Jawa Timur. In: *Seminar Nasional Terapan Teknologi*. 2016. p. 2016.
14. Artha B, Putra JA. Pengaruh Penggunaan Energi Terbarukan Terhadap Produk Domestik Bruto (Studi Kasus di Indonesia). *Ef J Ekon dan Bisnis [Internet]*. 2020;11(2):143–8.
15. Nurrohim A. Peningkatan Ketahanan Energi Nasional Melalui Penguatan IPTEK dan SDM. In: *Prosiding Seminar Nasional Pengembangan*
16. Persia AN. Studi Tentang Cadangan Penyangga Minyak (CPM) Untuk Mewujudkan Ketahanan Energi Indonesia. *J Ketahanan Energi*. 2018;4(2):1–30.
17. Sekretariat Jenderal Dewan Energi Nasional. *Indonesia Energy Outlook 2016*. Vol. 2016. 2016.

BAGIAN VI

KETAHANAN ENERGI NASIONAL

6.1. Umum

Kebijakan pemerintah untuk mengembalikan kejayaan Indonesia telah menghasilkan sejumlah inovasi di bidang kelautan dan bidang terkait. Meski demikian, sejumlah bagian berbasis kemaritiman masih sedikit termanfaatkan, umpama soal keanekaragaman hayati (*bio diversity*) yang belum menjadi sumber kehidupan secara menyeluruh. Berbagai spesies flora, fauna dan mikroba baik di sepanjang pesisir, permukaan, wilayah laut-dangkal maupun wilayah laut-dalam menunggu pembudidayaan yang berkesinambungan serta ramah lingkungan.

Selain minyak bumi dan gas, masih banyak sumber daya mineral lainnya di bawah dasar laut yang masih belum dieksplorasi. Padahal berbagai spesies termasuk mikroba laut tersebut di samping dapat menjadi sumber nutrisi, obat-obatan dan turunannya yang bernilai ekonomis juga menjadi sumber energi alternatif. Pada tahun 2012 ini setiap hari penduduk Indonesia mengkonsumsi BBM sebesar 1.7 juta barel/hari yang setengahnya diimpor. Bila terjadi kelangkaan BBM berkepanjangan, maka dapat dipastikan akan terjadi krisis energi, karena cadangan strategis dan cadangan penyangga BBM nasional tak tersedia. Hanya cadangan operasional Pertamina saja yang ada, itupun untuk mampu bertahan hanya selama 21 hari. Jika ketahanan energi ini tak mendapat perhatian, maka selain rentan pasokan energi maka kondisi seperti ini setiap saat dapat berubah menjadi krisis ekonomi.

Mengingat nominal impor sudah lebih besar dari produksi nasional sejak 2004, maka harus ada solusi energi alternatif, yaitu energi baru yang terbarukan (*renewable energy*). Sementara itu kandungan potensi nasional untuk energi baru dan terbarukan, sangat kaya dan beraneka-ragam. Dari berbagai kajian telah diketahui potensi tersebut meliputi *biomass*, *biofuel*, panas bumi, matahari, angin, air permukaan, air laut dan sebagainya. Namun demikian, agar sasaran tercapai yaitu energi bagi kesejahteraan rakyat, maka diperlukan pendekatan yang komprehensif.

Pada saat ini negara seperti mengubah yang dulunya salah satu eksportir minyak bumi, sekarang menjadi *net-importer* bukan *by design* tetapi *by accident*. Negara seperti Amerika Serikat dan Kanada misalnya, walaupun mempunyai kandungan minyak bumi cukup berlimpah, namun pemerintahnya sengaja memilih atau *by design* untuk mengimpor. Sebab mereka memperlakukan deposit minyak bumi tersebut sebagai cadangan strategis untuk

generasi berikutnya. Sedangkan yang dialami di Indonesia, minyak bumi dipandang sebagai sumber pendapatan negara yang penting, sehingga setiap tahun dieksploitasi dan diolah sebanyak mungkin. Karena dari tahun ke tahun *lifting* minyak bumi semakin menurun dan sebaliknya konsumsi bahan bakar minyak semakin meningkat, tanpa disadari atau *by accident* mengimpor minyak bumi (berupa minyak mentah) lebih besar daripada kemampuan produksinya.

Mulai saat ini sudah seharusnya pemerintah, swasta dan komunitas masyarakat berupaya mendorong tumbuhnya penyediaan energi baru dan terbarukan (EBT) atau *renewable* energi, yang ramah lingkungan, murah dan aman tanpa mengabaikan energi alternatif lainnya seperti nuklir. India misalnya sanggup mengembangkan pembangkit listrik tenaga nuklir (PLTN) berbasis *thorium* yang aman dan murah (radiasi rendah dan tak dapat diubah menjadi bahan bom nuklir). Sementara itu pihak pemerintah sudah merampungkan Undang-undang 30 Tahun 2007 tentang Energi dan terbentuknya Dewan Energi Nasional (DEN) yang independen. Selanjutnya sebagaimana diamanatkan oleh UU 30/2007 di atas dan Peraturan Pemerintah 70 Tahun 2009 tentang Konservasi Energi, saat ini sedang disiapkan konsep Kebijakan Energi Nasional (KEN), yang akan diikuti dengan Rencana Umum Energi Nasional (RUEN) dan Rencana Umum Energi Daerah (RUED).

6.2. Konsep dan Implementasi Konversi Energi Nasional

Pada saat ini pertumbuhan permintaan energi tercatat 7% per tahun. Akses penduduk terhadap energi masih sulit, misalnya rasio rumah tangga berlistrik baru 67.63% karena daerah pedesaan, terpencil dan pulau-pulau terluar belum terhubung dengan sumber energi. Ketergantungan terhadap BBM masih tinggi, sementara energi baru dan terbarukan (EBT) relatif masih kecil (tahun 2012 bauran EBT hanya 6.9% untuk bahan bakar dan 11% listrik). Akibatnya energi per kapita relatif tergolong rendah sebesar 3.34 BOE (*barrel oil equivalent*) dibanding Jepang 29.8 BOE. Penggunaan energi belum efisien dan intensitas energi (jumlah konsumsi energi/PDB) relatif tinggi, artinya belum efisien dan hemat, sehingga potensi konservasi cukup besar. Amanat UU No. 30/2007 sudah cukup jelas sebagaimana diuraikan dalam Pasal 25 sebagai berikut:

- i) Konservasi energi nasional menjadi tanggungjawab pemerintah, pemerintah daerah dan masyarakat
- ii) Konservasi energi nasional mencakup seluruh tahap pengelolaan energi

- iii) Pengguna dan produsen peralatan hemat energi yang melaksanakan konservasi energi diberi kemudahan/ insentif oleh pemerintah
- iv) Pengguna sumber energi dan pengguna energi yang tidak melaksanakan konservasi energi diberi disinsentif oleh pemerintah
- v) Ketentuan lebih lanjut mengenai pelaksanaan konservasi energi diatur dengan peraturan pemerintah dan/atau peraturan daerah.

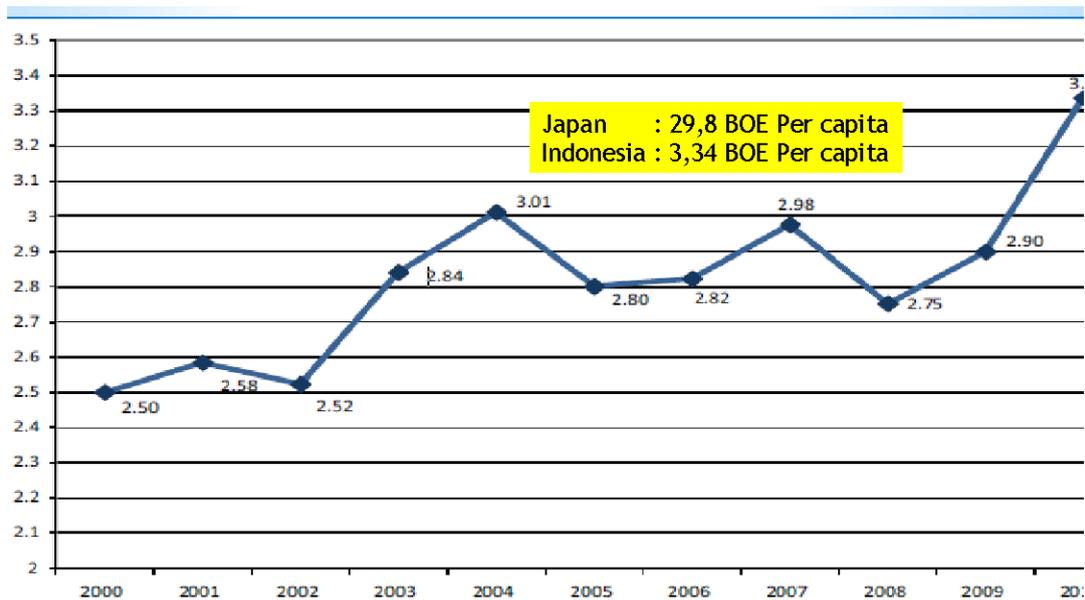
Pelaksanaan konservasi energi berikutnya dijabarkan lebih jauh dalam Pasal 9-14 meliputi penyediaan energi, pengusaha energi, pemanfaatan energi dan konservasi sumber daya energi. Bahkan peraturan pemerintah PP No. 70/2009 tentang Konservasi Energi di dalam pasal-pasalnya (Pasal 12, 13 dan 20) menekankan pentingnya manajemen energi, auditor energi, insentif maupun disinsentif yang lebih terukur. Pada 2013 tercatat pertumbuhan permintaan energi sebesar 6% per tahun. Akses penduduk terhadap energi masih sulit, misalnya rasio rumah tangga berlistrik baru 73.9% karena daerah pedesaan, terpencil dan pulau-pulau terluar belum terhubung dengan sumber energi.

Menurut Tabel 6.1, konsumsi energi final, energi/kapita dan kapasitas generator listrik untuk Indonesia relatif masih rendah dibanding China dan Jepang sesama negara Asia.

Tabel 6.1. Beberapa Indikator Ekonomi dan Energi (*Economy and Energy Indicators*)

No.	Indikator	Indonesia	Jepang	Tiongkok
1	Populasi (1000)	241,134	127,360	1,344,130
2	PDB (Juta US\$)	846,832	5,867,154	7,318,499
3	PDB/kapita (1,000 US\$)	3,512	46,067	5,445
4	Konsumsi energi akhir (Juta TOE)	119.2	334.7	2,613
5	Energi/kapita (TOE/kapita)	0.5	2.6	1.94
6	Kapasitas pembangkitan (GW)	34.5	287	1,073
7	Konsumsi listrik/kapita (kWh/kapita)	655.2	8,746	3,488
8	Bauran EBT	4.05%	16%	

Mengacu Gambar 6.1, ketergantungan terhadap BBM fosil masih tinggi, sementara energi baru dan terbarukan (EBT) relatif masih kecil (tahun 2012 bauran EBT hanya 6.9% untuk bahan bakar dan 11% listrik). Akibatnya energi per kapita relatif tergolong rendah sebesar 3.34 BOE (*barrel oil equivalent*) dibanding Jepang 29.8 BOE. Penggunaan energi belum efisien dan intensitas energi (jumlah konsumsi energi/PDB) relatif tinggi, artinya belum efisien dan hemat, sehingga potensi konservasi cukup besar.



Gambar 6.1. Konsumsi Energi per kapita (*Energy Consumption per Capita*)

6.3. Perubahan Paradigma Energi

Semua makhluk hidup selalu memerlukan energi. Energi tidak pernah lepas dari kehidupan manusia sehari-hari. Ibarat ruh, tanpa energi manusia tinggal seonggok tulang dan daging beku. Oleh karena itu selayaknya rakyat dapat memperoleh akses energi dengan mudah, harga murah terjangkau, cukup sesuai kebutuhan, transparan dan adil sehingga mampu mensejahterakan mereka. Jika sebaliknya terjadi, rakyat akan selalu sengsara dan terpinggirkan. Hanya para tengkulak serakah saja yang menikmatinya. Indonesia sering disebut mempunyai anugerah kekayaan alam yang berlimpah, baik bumi, hutan maupun lautannya. Sehingga dapat julukan sebagai “*The Land of God Blessing*” (tanah penuh berkah Tuhan). Tentunya jika pengelolaan tersebut disertai rasa syukur kepada Sang Maha Pencipta, sehingga berkah dan manfaatnya betul-betul dapat dinikmati oleh seluruh lapisan masyarakatnya.

Namun bila ada yang tamak, egois dan jahat dalam pengelolaannya bukan mustahil tanah ini berubah jadi “*The Land of God Cursing*” (tanah kutukan Tuhan). Dengan kata lain kekayaan bumi Nusantara ini lebih dari cukup untuk mensejahterakan 240 juta orang penduduknya, tapi tidak cukup jika harus memenuhi keserakahan seseorang atau sekelompok orang saja. Belajar dari penanganan energi dari dua Negara yang sukses yakni Swedia dan Brazil, maka seluruh pemangku kepentingan nasional harus bertekad bulat dengan motivasi yang tinggi guna menemukan solusi demi memakmurkan Negara serta mensejahterakan rakyatnya. Dengan demikian pada akhirnya tercipta ketahanan dan kemandirian energi sesuai tujuan yang

damanatkan oleh UU No. 30/2007. Selanjutnya dalam mewujudkan tujuan tersebut juga dipertimbangkan antara cadangan strategis dan cadangan operasional di satu sisi dengan kegiatan ekspor/impor bahan bakar di sisi lain secara berimbang. Selain harus ada kemauan politik pihak pemerintah, upaya pencarian solusi itu dilengkapi pula dengan strategi, kerangka kerja dan program aksi yang terarah, berkelanjutan dan implementatif.

Mengacu pada sistem energi, maka produk energi final biasanya sampai ke tangan konsumen berupa bensin (BBM) dan listrik. Seperti diketahui Indonesia masih pada tahap *fossil fuel-based economy* (ekonomi berbasis BBM fosil). Tahapan berikutnya, seperti jejak Swedia, maju ke tahap *low carbon-based economy* (ekonomi berbasis emisi rendah karbon) dan kemudian menuju tahap berikutnya *bio-fuel based economy* (ekonomi berbasis minyak nabati) atau langsung ke *non fossil energy-based economy* (ekonomi berbasis energi non fosil). Untuk mencapai tujuan tersebut, sudah saatnya pemerintah memprioritaskan kerangka kerja pengembangan dan penggunaan EBT (*renewable energy*) dari sekarang. Langkah-langkah strategis yang dilakukan adalah sebagai berikut:

- a. Penggunaan bahan bakar fosil secara bertahap dikurangi (impor minyak mentah dan BBM juga berkurang), digantikan bahan bakar nabati;
- b. Industri EBT, baik untuk skala besar maupun kecil (IMK), dijamin oleh pemerintah akan penyerapan pasarnya dengan harga yang wajar dan menguntungkan pengelola dan konsumen (skema subsidi yang tepat sasaran);
- c. Standar kemasan produk EBT lebih baik berwujud bahan bakar cair atau listrik sehingga akan memudahkan proses distribusi dan pengangkutannya;
- d. Mekanisme pemberian insentif dan disinsentif diberlakukan dengan adil, lincer dan tepat sasaran;
- e. Pemilihan teknologi EBT, selain disesuaikan dengan ketersediaan bahan baku alam yang ada di sekeliling tempat tinggal penduduk, memungkinkan proses daur ulang tanpa limbah yang berbahaya serta membuka peluang inovasi berkelanjutan;
- f. Pemasaran produk selain dalam skala besar, dapat melalui eceran yang memudahkan konsumen.

Disamping itu perlu disiapkan pula seperangkat *push programs* dan *pull incentives* yang masing-masing akan diuraikan dibawah ini.

Program pendorong (*push program*), yang terintegrasi antara kebijakan energi dan pelestarian lingkungan, dapat meliputi penguatan regulasi, kelembagaan, sumber daya manusia (SDM), pemberdayaan pasar, inovasi teknologi dan sasaran antara sebagai berikut:

- a. Penguatan regulasi: kebijakan energi nasional (KEN) yang memuat pengelolaan energi sekaligus pengurangan emisi karbon menjadi satu kesatuan yang tak terpisahkan, segera dapat disahkan. Regulasi teknis lainnya yang memuat antara lain kewenangan regulator, prosedur operasi standar, mekanisme audit, sertifikasi dan akreditasi, pemberian sanksi/apresiasi, mekanisme laporan serta aspek manajemen mutu dapat terwujud sebagai pedoman bersama.
- b. Pemberdayaan Kelembagaan: Dewan Energi Nasional (DEN) diperkuat dan diberdayakan sebagai institusi yang bersih dan berwibawa (*good corporate governance*). Layaknya regulator di garda terdepan, maka DEN harus mampu menjamin pemberlakuan seluruh amanat peraturan perundang-undangan, utamanya aspek pengawasan dan penegakkan hukum.
- c. Sumber Daya Manusia (SDM): penyediaan infrastruktur pelatihan dan pemagangan bagi seluruh lapisan tenaga kerja formal maupun informal yang terlibat dalam aktifitas industri energi yang ramah lingkungan. Selain balai latihan kerja, laboratorium penelitian, *teaching energy plant* (untuk pemagangan) dan pusat-pusat pengembangan juga metoda pembelajaran efektif dan penyediaan instruktur kompeten dalam jumlah cukup menjadi faktor yang sama pentingnya.
- d. Pemberdayaan Pasar: produksi EBT dalam negeri terus dipacu untuk menjadi substitusi impor dan penyalurannya dijamin oleh pemerintah, dengan mengikut sertakan BUMN/BUMD, koperasi ataupun usaha milik swasta;
- e. Inovasi Teknologi: mulai dari pemilihan bahan baku, proses produksi EBT, pengemasan, pendistribusian, pengangkutan, sampai penentuan standard takaran dan ukuran sarat dengan inovasi yang menjamin peningkatan produktifitas, keselamatan kerja, kepercayaan dan kepuasan konsumen.
- f. Sasaran Antara: sejalan dengan kerangka kerja, maka sasaran antara ditetapkan dan disesuaikan dengan kapan akan tercapai tahap *low carbon economy*, dan kapan sampai ke tahap *bio-fuel based economy*.

Insentif Penarik (pull incentive) yang diperlukan untuk memotivasi atau merangsang pelaku usaha dan konsumen agar tetap produktif antara lain meliputi:

- a. Kemudahan perijinan usaha, pemilihan lokasi, pendirian pabrik, perolehan kredit, pemanfaatan teknologi yang tersedia dan produk andalan;
- b. Tersedianya pinjaman berbunga rendah untuk usaha pengembangan EBT;

- c. Pembelian produk EBT dijamin oleh pemerintah pusat/daerah melalui BUMN/BUMD dengan harga wajar dan menguntungkan produsen;
- d. Harga eceran produk EBT ditentukan oleh pemerintah pada tingkat yang sangat kompetitif tanpa merugikan produsen dan konsumen;
- e. Keringanan berbagai jenis pajak yang mungkin dinikmati para produsen dan konsumen sehingga produknya menjadi kompetitif. Sebagai contoh pemberian *grace period* (masa penundaan cicilan hutang pada investasi) dan *tax holiday* (keringanan pajak) misalnya diberikan pada wajib pajak yang usaha EBT nya baru dimulai dan diberlakukan secara progresif hingga beroperasi seratus persen.

6.4. Semangat Kemandirian Energi

Pada tingkat akar rumput sudah banyak inisiatif masyarakat yang telah menggunakan produk EBT untuk memenuhi kebutuhan harian mereka. Seperti diberitakan beberapa media cetak ada komunitas mandiri energi yang tumbuh di beberapa daerah dengan memanfaatkan EBT dari bahan baku lokal. Sebagai contoh di daerah luar Jawa tercatat komunitas energi mandiri di Lombok Timur – Nusa Tenggara Barat, untuk propinsi Jawa Timur ditemukan di Lumajang, propinsi Daerah Istimewa Yogyakarta di Yogyakarta dan Jawa Barat di Bandung.

Keinginan dan kreatifitas akan kemandirian energi ini yang bermunculan di daerah merupakan bukti kesadaran masyarakat agar tidak tergantung lagi terhadap pasokan pemerintah. Gambaran ini menunjukkan lingkungan kondusif telah tercipta di akar rumput berupa komunitas lokal yang berpotensi untuk dipersatukan ke dalam jaringan komunitas lebih besar bahkan sampai tingkat nasional. Jaringan ini akan semakin produktif jika bertaut dengan program kebijakan energi nasional yang telah diuraikan diatas.

Dalam sepuluh tahun terakhir, bauran energi untuk EBT masih berkisar 7%, sementara itu pemanfaatan energi lainnya juga belum berkembang. Seperti energi nuklir yang sangat efisien berbasis Thorium (Th) belum terjamah sebagai salah satu sumber andalan energi. Materi Thorium ini dapat ditemukan di berbagai wilayah Nusantara dalam bentuk isotop 232 yang stabil yang mana aman karena pancaran radioaktifnya sangat lemah dan tak dapat dibuat sebagai bom nuklir. Lain halnya uranium yang selain bahaya radio aktif juga dapat menjadi bahan bom nuklir. Dari laut dapat diunduh energi berasal dari arus, ombak, panas bumi, ganggang dan sebagainya. Selain dapat menjadi bahan Pembangkit Listrik Tenaga Nuklir (PLTN) yang ramah lingkungan, maka Thorium dapat dijadikan bahan penyimpan energi (*energy storage*), seperti baterai dan kapasitor. Jika di pasar bebas sudah dikenal *Nickel-*

Cadmium Battery, *Lithium Battery* dan semacamnya yang mahal harganya, maka Thorium Battery dapat menjadi penggantinya, selain murah, tahan lama juga ramah lingkungan.

Sejumlah upaya pengembangan teknologi kemaritiman Indonesia dewasa ini, juga belum menunjukkan upaya menonjolkan inovasi yang murni berasal dari ide anak bangsa. Kebanyakan inovasi yang dikembangkan masih mencontoh negara lain. Namun seandainya ada dukungan penuh pemerintah (*political will*), maka sangat mungkin penggunaan baterai thorium akan menjanjikan manfaat yang sangat besar bagi bangsa dan rakyat Indonesia. Kendala terbesar penggunaan thorium bagi pengembang tak lain adalah Undang-undang Tentang Ketenaganukliran No.10 tahun 1997 yang melarang penggunaan thorium secara bebas atau semuanya harus seizin pemerintah. Jadi pemerintah harus bisa segera berikan izin, atau bila perlu revisi Undang-undangnya. Pemanfaatan thorium ini urg dilakukan oleh usaha kecil menengah (UKM) karena teknologi tepat guna dan biayanya juga terjangkau. Baterai thorium ini dapat dimanfaatkan dari hal sederhana seperti *capacitor bank*, penerangan nelayan di laut, kulkas pendingin ikan sampai pesawat nirawak (di udara atau di bawah laut), mobil listrik dan alat transportasi ramah lingkungan lainnya. Pada kesempatan ini saatnya kolaborasi semua pemangku kepentingan di bidang energi untuk kepentingan yang sama mengembangkan inovasi anak bangsa, dari Indonesia untuk Indonesia dan dunia.

Referensi Bagian VI

1. Chapsos I, Malcolm JA. Maritime security in Indonesia: Towards a comprehensive agenda? *Mar Policy* [Internet]. 2017;76(April 2016):178–84.
2. Brotosusilo A, Apriana IWA, Satria AA, Jokopitoyo T. Littoral and Coastal Management in Supporting Maritime Security for Realizing Indonesia as World Maritime Axis. *IOP Conf Ser Earth Environ Sci*. 2016;30(1).
3. Rochwulaningsih Y, Sulistiyono ST, Masruroh NN, Maulany NN. Marine policy basis of Indonesia as a maritime state: The importance of integrated economy. *Mar Policy* [Internet]. 2019;108(March 2016):103602.
4. Atty D, Zulkifli M, Muhammad H, Hamzah Z, Trijana RS. Economy Growth and Oil Import Requirement in Indonesia. In: *Special Issue for International Conference on Energy, Environment and Sustainable Economy (EESE 2013)*. 2013. p. 76–84.
5. Aimon H, Dwita S, Susanto P. The relationship between consumption and imports of fuel oil in indonesia. *J Ekon Malaysia*. 2020;54(2):125–36.

6. Pratama RA, Widodo T. The Impact of Nontariff Trade Policy of European Union Crude Palm Oil Import on Indonesia, Malaysia, and the Rest of the World Economy: An Analysis in GTAP Framework. *J Ekon Indones*. 2020;9(1):39–52.
7. Dartanto T. Reducing fuel subsidies and the implication on fiscal balance and poverty in Indonesia: A simulation analysis. *Energy Policy*. 2013;58:117–34.
8. Arze del Granado FJ, Coady D, Gillingham R. The Unequal Benefits of Fuel Subsidies: A Review of Evidence for Developing Countries. *World Dev*. 2012;40(11):2234–48.
9. Agus Sugiyono. Outlook Kelistrikan Indonesia 2010-2030: Prospek Pemanfaatan Energi Baru dan Terbarukan. In: *Prosiding Seminar Nasional Pengembangan Energi Nuklir V*, 2012. 2012. p. 87–94.
10. Al Hakim RR. Model Energi Indonesia, Tinjauan Potensi Energi Terbarukan untuk Ketahanan Energi di Indonesia: Sebuah Ulasan. *ANDASIH J Pengabdian Kpd Masy*. 2020;1(1):11–21.
11. Ramadani T. Komunikasi Organisasi pada Biro Fasilitasi Kebijakan Energi dan Persidangan Sekretariat Jenderal Dewan Energi Nasional. *J Komun*. 2020;14(2):119–34.
12. Putra DR, Yoesgiantoro D, Thamrin S. Kebijakan Ketahanan Energi Berbasis Energi Listrik Pada Bidang Transportasi Guna Mendukung Pertahanan Negara Di Indonesia: Sebuah Kerangka Konseptual. *J Ilmu Pengetah Sos*. 2020;7(4):658–72.
13. Sugiyono A. Perubahan paradigma kebijakan energi menuju pembangunan yang berkelanjutan. In: *Makalah Seminar Tahunan Ekonomi I*. 2004. p. 8–9.
14. Sugiyono A. Permasalahan dan Kebijakan Energi Saat Ini. In: *Prosiding Peluncuran Buku Outlook Energi Indonesia 2014 & Seminar Bersama BPPT dan BKK-PII Permasalahan*. 2014. p. 9–16.
15. Azhar M, Satriawan DA. Implementasi Kebijakan Energi Baru dan Energi Terbarukan Dalam Rangka Ketahanan Energi Nasional. *Adm Law Gov J*. 2018;1(4):398–412.

BAGIAN VII

PENUTUP

7.1. Kondisi Energi Nasional

1. Konsumsi energi relatif kecil, masih dibawah rata-rata ASEAN maupun dunia dan rasio rumah tangga berlistrik: 67.63%;
2. Pertumbuhan permintaan energi 7% pertahun dan akses terhadap energi masih rendah
3. Harga energi belum mencapai keekonomian, subsidi energi (BBM & Listrik) membengkak: 2011 = Rp 195.3 Trilyun dan tahun 2012 = Rp. 274.7 Trilyun;
4. Penggunaan energi belum efisien, potensi konservasi energi cukup tinggi;
5. Potensi energi terbarukan cukup besar, belum dimanfaatkan secara optimal;
6. Ketergantungan terhadap energi fosil masih tinggi, cadangan terbatas, energi baru dan terbarukan baru 6.9% dari bauran energi;
7. Emisi dari sektor energi semakin meningkat (2005 mencapai 370 juta ton CO₂);
8. Akses energi masih sulit dan infrastruktur energi masih terbatas (daerah perdesaan/terpencil dan pulau-pulau terluar pada umumnya belum mendapatkan akses energi) sehingga terjadi disparitas penggunaan energi antar daerah, khususnya antara Jawa dan Luar Jawa;
9. BBM dan Listrik masih disubsidi, beban subsidi besar;
10. Porsi penggunaan BBM besar [47%], penggunaan di luar transportasi masih besar;
11. Energi sumber devisa, ekspor energi besar [gas dan batubara];
12. Bauran ET masih rendah [6.9%] dan pemanfaatan energi masih belum efisien dan intensitas energi relatif tinggi (Jumlah Energi/GDP)
13. Berdasarkan data statistik dunia maka GDP suatu negara sebanding dengan konsumsi energi ataupun listriknya. Untuk memperbesar GDP perlu memperbesar penyediaan listrik.

7.2. Profil Penyediaan Energi Indonesia Menuju 2050 [Yang Diinginkan]

1. Konsumsi listrik dan EP [dan PDB] per kapita pada 2025 melampaui rata-rata dunia dan pada 2050 ~ seperti negara maju;
2. Rasio elektrifikasi dan penggunaan energi modern di Rumah tangga [gas] mendekati 100% antara 2020-2025;
3. Bauran BBM maksimum 30% pada 2025 [hanya untuk transportasi];
4. Bauran ET dan EB meningkat, sekitar 25% pada 2025 dan lebih 30% pada 2050.

5. Penggunaan energi semakin bersih, semakin efisien dalam penyediaan dan dalam pemanfaatan [Intensitas membaik]
6. Terwujudnya Ketahanan Energi Nasional: Kecukupan infrastruktur energi, sumber energi, dan harga energi yang kompetitif
7. Terwujudnya kemandirian pengelolaan energi nasional: Bertumpu pada kemampuan nasional [manajemen, pendanaan, SDM, teknologi]

7.3. Pokok-Pokok Kebijakan Pengelolaan Energi (*Summary*)

1. Mengubah Paradigma bahwa Energi adalah Modal Pembangunan [bukan Sumber Devisa]
2. Harga Energi berdasarkan keekonomian. Subsidi energi [BBM dan Listrik] dihapuskan secara bertahap
3. Mengurangi ekspor gas dan batubara secara bertahap dan menentukan kapan akan dihentikan
4. Memaksimalkan bauran energi terbarukan dan energi baru dan mendorong teknologi energi bersih.
5. Menerapkan premi pengurusan energi fosil untuk eksplorasi, pengembangan ET dan EB, SDM dan infrastruktur pendukung.
6. Memprioritaskan penyediaan dan akses masyarakat terhadap energi modern [listrik dan gas rumahtangga]

7.4. Sasaran Kebijakan Energi Nasional (KEN)

1. KEN disusun sebagai pedoman untuk memberi arah pengelolaan energi nasional mencapai Visi KEN
2. Terwujudnya perubahan Paradigma bahwa sumber energi adalah Modal Pembangunan [bukan Sumber Devisa]
3. Terpenuhinya penyediaan energi yang selaras dengan pertumbuhan ekonomi dengan elastisitas lebih kecil dari 1 [satu].
4. Tercapainya penurunan intensitas energi final sebesar 1 persen pertahun sampai tahun 2025
5. Terwujudnya rasio elektrifikasi 85% pada 2015 dan 100 % pada 2020
6. Tercapainya rasio penggunaan gas rumahtangga sebesar 25% pada tahun 2015

7.5. Kebijakan Utama: Ketersediaan Energi Nasional

1. Meningkatkan eksplorasi sumberdaya, potensi dan cadangan terbukti energi baik fosil maupun ET dan EB
2. Meningkatkan keandalan sistem produksi, transportasi dan distribusi penyediaan energi
3. Mengurangi ekspor energi fosil gas dan batubara secara bertahap dan menetapkan waktu untuk menghentikannya
4. Mewujudkan keseimbangan antara laju penambahan cadangan energi fosil dengan laju produksinya
5. Memastikan tidak adanya tumpang tindih peruntukan lahan dan daya dukung lingkungan untuk sumber hidro dan panas bumi ke jaringan listrik

7.6. Kebijakan Utama: Prioritas Pengembangan Energi Nasional

1. Dilakukan dengan mempertimbangkan keseimbangan keekonomian, keamanan pasok dan pelestarian lingkungan
2. Penyediaan energi bagi masyarakat yang belum memiliki akses terhadap listrik, gas dan energi transportasi dan industri.
3. Prinsip pengembangan energi adalah, memaksimalkan ET, meminimalkan BBM batubara dan gas sebagai tulang punggung
4. Energi nuklir sebagai pilihan terakhir dengan mendahulukan pemanfaatan sumber energi lainnya
5. Pengembangan energi dan sumber energi diprioritaskan untuk memenuhi kebutuhan dalam negeri
6. Pengembangan industri yang padat energi diprioritaskan di daerah yang kaya sumberdaya energi

7.7. Kebijakan Utama: Pemanfaatan Sumberdaya Energi Nasional

1. Pemanfaatan sumberdaya energi nabati dilakukan dengan tetap menjaga ketahanan pangan
2. Pemanfaatan sumberdaya energi diutamakan untuk memenuhi energi dan feedstock. ^[11]_[SEP]
3. Prioritas pemanfaatan sumberdaya energi mempertimbangkan kapasitas, kontinuitas dan keekonomian penggunaan
4. Pemaksimalan pemanfaatan energi matahari dengan syarat seluruh komponen pembangkit diproduksi dalam negeri.

5. Pemanfaatan sumber energi laut didorong dengan membangun *pilot project* yang tersambung ke jaringan listrik

7.8. Kebijakan Utama: Pemanfaatan Sumber Daya Energi Nasional

Kebijakan Utama:

1. Cadangan Energi Nasional Cadangan energi disediakan untuk mewujudkan dan menjamin ketahanan energi nasional
2. Cadangan energi nasional meliputi: Cadangan strategis, cadangan penyangga energi dan cadangan operasional
3. Cadangan strategis sumberdaya energi dialokasikan oleh pemerintah untuk menjamin ketahanan jangka panjang.
4. Cadangan penyangga energi disediakan secara bertahap dan dipergunakan untuk mengatasi kondisi krisis dan darurat.
5. Badan usaha dan industri penyedia energi menyediakan cadangan operasional untuk menjamin kontinuitas pasokan.
6. Dewan Energi Nasional mengatur jenis, jumlah, waktu dan lokasi cadangan penyangga energi

Kebijakan Pendukung

1. Konservasi dan Diversifikasi Energi; Pasal 17 dan 18
2. Lingkungan dan Keselamatan: Pasal 19
3. Harga, Subsidi dan Insentif Energi: Pasal 20 dan 21
4. Infrastruktur dan Industri Energi: Pasal 23 dan 24
5. Penelitian dan Pengembangan Energi: Pasal 25
6. Kelembagaan dan Pendanaan: Pasal 26 dan 27

7.9. Energy Challenges

Kekuatan dan Kelemahan

1. Letak Indonesia di antara 6° Lintang Selatan dan 11° Lintang Utara membentang di sepanjang garis khatulistiwa. Posisi ini memberikan intensitas sinar matahari yang cukup besar dan stabil sepanjang tahun. Energi matahari semacam ini merupakan modal dasar untuk pengembangan sumber energi, khususnya energi surya.

2. Kondisi geografis Indonesia yang spesifik memungkinkan terjadinya pola angin yang bermacam-macam, diantaranya mempunyai prospek dalam pengembangan Energi Angin (Bayu). Demikian pula adanya potensi dinamika lautan dapat dijadikan sebagai sumber energi samudera.
3. Limbahan energi surya hampir sepanjang tahun serta kecukupan air memberikan jaminan terjadinya proses fotosintesa atau asimilasi untuk produksi biomassa yang dapat dijadikan sebagai modal dasar dalam pengembangan energi biomassa.
4. Indonesia mempunyai struktur geologi yang memiliki potensi sumber energi seperti batu bara, gas, minyak bumi, panas bumi. Walaupun sumber energi tersebut sebagian sudah sekian lama dieksploitasi (kecuali panas bumi) sehingga jumlah cadangannya sudah mulai menyusut, namun eksplorasi masih membuka peluang untuk mendapatkan sumber energi.
5. Indonesia terdiri atas 17 ribu lebih pulau besar dan kecil. Kondisi alam demikian membuat sistem transportasi dan distribusi energi memerlukan perencanaan dan penanganan yang tidak mudah.
6. Indonesia tergolong negara berpenduduk padat. Jumlah penduduk tahun 2005 telah mencapai sekitar 220 juta. Lebih dari separuh penduduk Indonesia tinggal di pulau Jawa. Jumlah dan sebaran penduduk tersebut memerlukan sumber energi yang besar sesuai dengan tingkat sosial ekonomi masyarakat.
7. Emisi gas CO₂ dan CH₄ berperan penting dalam gejala pemanasan global atau dikenal sebagai gejala rumah kaca (*greenhouse effect*) yang diikuti oleh penipisan lapisan ozon, telah menimbulkan ketidak-teraturan iklim dunia. Dampak ini dapat berpengaruh terhadap pola iklim di Indonesia, mengganggu ekosistem, merusak SDA hayati yang merupakan sumber energi berbasis biomassa. Oleh karena itu pengelolaan sumber daya alam dan pengembangan energi yang berbasis pada sumber energi terbarukan (seperti antara lain biomassa, panas bumi, surya, angin dll.) harus menjadi pertimbangan yang utama dalam pengelolaan dan pemakaian sumber energi dimasa datang.
8. Tingkat kesejahteraan dan daya beli sebagian masyarakat Indonesia masih rendah sehingga menuntut penyediaan energi yang terjangkau dan rasional.
9. Pola hidup sebagian besar masyarakat yang bersifat konsumtif dan budaya tidak hemat memberikan dampak pada pemborosan sumber daya energi.
10. Budaya masyarakat yang kurang mencintai produk bangsa sendiri dapat menghambat pengembangan litbangrap di bidang energi.

11. Sistem transportasi umum yang tidak kondusif memberikan dampak pada pemborosan sumber daya energi.

Peluang dan Tantangan

1. Potensi iklim tropis basah dan sinar matahari merupakan “dapur” yang sangat produktif untuk produksi biomassa melalui proses asimilasi yang merupakan keunggulan komparatif terhadap negara lain.
2. Indonesia dengan penduduk yang demikian besar merupakan pangsa pasar yang potensial. Namun demikian, pertumbuhan penduduk yang tinggi dapat menjadikan beban dalam mengupayakan pemenuhan ketersediaan energi.
3. Penyebaran penduduk Indonesia di berbagai pulau dan tidak merata memberikan dampak terhadap distribusi penyediaan energi.
4. Pelaksanaan otonomi daerah yang konsisten diharapkan dapat memacu pengembangan sumber energi sesuai dengan potensi dan kompetensi daerah.
5. Keberhasilan IPTEK bidang energi di negara maju dapat merupakan peluang untuk alih teknologi dengan memanfaatkan teknologi informasi.
6. Terbukanya kerjasama dengan pihak asing di bidang IPTEK dapat memberikan peluang untuk kegiatan litbangrap di bidang energi. Kerja sama ini sangat menguntungkan ditengah minimnya anggaran pemerintah untuk penelitian masih sangat minim.
7. Banyaknya komponen impor untuk kegiatan produksi dan distribusi sumber energi dari luar (impor). Hal ini merupakan peluang untuk dapat disubstitusi dengan hasil litbangrap nasional.
8. Isu global yang dihembuskan negara maju seperti isu HAM, demokrasi, lingkungan hidup, *Trades-related Intellectual Properties Rights* (TRIPs), penerapan standar internasional (ISO 14000 tentang manajemen lingkungan hidup) dapat merupakan tantangan bagi dunia usaha Indonesia yang bergerak di bidang energi.
9. Pengaruh kepentingan negara maju terhadap negara produsen minyak di Timur Tengah masih merupakan faktor yang dominan dalam penciptaan fluktuasi harga minyak dunia. Hal ini dapat berpengaruh pada kondisi pasar energi di dalam negeri, dan dalam jangka panjang dapat berpengaruh pada litbangrap energi.
10. Masih rendahnya minat investor untuk melakukan kegiatan investasi di bidang energi.
11. Meningkatnya pembangunan di sektor industri dan transportasi meningkatkan kebutuhan energi. Hal ini merupakan permasalahan tersendiri dalam pemenuhan kebutuhan energi.

12. Tingginya kebutuhan energi memerlukan inovasi dalam berbagai sumber energi sehingga diperlukan sumber daya manusia yang memiliki ketrampilan dan kompetensi,
13. Banyak hasil litbangrap dalam negeri bidang energi belum dapat didayagunakan secara maksimal, karena masih banyak yang belum berorientasi ekonomi dan pasar kurangnya kerja sama antara lembaga litbang dengan dunia usaha.