

ISBN: 978-602-0836-26-3

Kajian Penyediaan Dan Pemanfaatan Migas, Batubara, EBT Dan Listrik



PUSAT DATA DAN TEKNOLOGI INFORMASI
ENERGI DAN SUMBER DAYA MINERAL
KEMENTERIAN ENERGI DAN SUMBER DAYA MINERAL

2017

TIM PENYUSUN

Penanggung Jawab

Kepala Pusat Data dan Teknologi Informasi ESDM
MP. Dwinugroho

Ketua

Kepala Bidang Kajian Strategis
Suyono

Tim Penyusun

Sunarti
Agus Supriadi
Agung Wahyu Kencono
Bambang Edi Prasetyo
Feri Kurniawan Sunaryo
Catur Budi Kurniadi
Indra Setiadi
Yogi Alwendra
Qisti Rabani
Dini Anggreani
Pandhu Bhaskoro
Tri Nia Kurniasih
Ririn Aprillia

ISBN:

Penerbit:

Pusat Data dan Teknologi Informasi Energi dan Sumber Daya Mineral
Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral

Jalan Pegangsaan Timur Nomor 1, Menteng, Jakarta Pusat

Telp & Fax : (021) 21390445

Email : kastra@esdm.go.id

Cetakan pertama, Desember 2017

Hak Cipta dilindungi Undang-Undang

Dilarang memperbanyak karya tulis ini dalam bentuk dan dengan cara apapun tanpa izin tertulis dari penerbit.

PRAKATA

Puji dan syukur kami panjatkan kehadiran Tuhan Yang Maha Esa, hanya dengan perkenan-Nya Laporan Analisis Penyediaan dan Pemanfaatan Migas, Batubara, Listrik, dan EBT Tahun 2017 ini dapat diselesaikan.

Data dan informasi dalam laporan ini diperoleh dari laporan berkala yang disampaikan kepada Menteri ESDM, Direktorat Jenderal Energi Baru Terbarukan dan Konservasi Energi, literatur dan kegiatan *focus grup discussion* dengan para narasumber.

Akhir kata, kami ucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah memberikan dukungan dan membantu penyusunan Laporan ini. Diharapkan laporan ini dapat menjadi referensi kepada pimpinan Kementerian ESDM maupun pihak lain dalam pengembangan kebijakan, penerapan dan memberikan rekomendasi dalam mengatasi permasalahan yang dihadapi dalam pencapaian target pemanfaatan energi baru terbarukan untuk menerangi Indonesia.

UCAPAN TERIMA KASIH

Kami mengucapkan terima kasih kepada para professional di bawah ini yang telah membagi waktu, tenaga dan pikiran serta informasi yang mendukung dalam penyusunan materi penulisan laporan sehingga pada akhirnya laporan ini dapat diterbitkan.

- Ir. Agus Sugiyono, M.Eng, Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi
- Dr. Sumedi, S.P, Badan Litbang Pertanian, Kementan
- Peggy Hariawan, Phd, Institut Pertanian Bogor

RINGKASAN EKSEKUTIF

Konsumsi energi final di Tahun 2016 mencapai 751,3 juta BOE ditengah masih lesunya perekonomian dunia dan harga energi. Daya dorong konsumsi ini dipengaruhi permintaan domestik atas program paket ekonomi dan proyek infrastruktur oleh pemerintah.

Konsumsi energi final masih didominasi oleh bahan bakar minyak yang mencapai 41,7% yang kemudian diikuti oleh konsumsi listrik 19,0%, gas bumi 14,6%, batubara 9,1%, LPG 8,1%, dan sisanya adalah *non-energy use*. Sektor transportasi masih memimpin dengan 303,3 juta BOE, kemudian sektor industri sebesar 213,4 juta BOE, rumah tangga 114,8 juta BOE, komersial 40,1 juta BOE, sektor lainnya 19,4 juta BOE dan 60,2 juta BOE merupakan konsumsi non energi.

Konsumsi listrik terus tumbuh tiap Tahunnya pada kisaran 6% dan program menerangi 2500 desa merupakan upaya pemerintah untuk meningkatkan rasio elektrifikasi. Kondisi ini menjadi latar belakang penelitian dengan fokus menghitung besaran *levelized cost of electricity* (LCoE) dari masing-masing tipe pembangkit.

Ada tiga skenario yang dikembangkan, yaitu: skenario BaU (mengasumsikan pertumbuhan ekonomi dan penduduk tumbuh sesuai dengan perkembangan historis); skenario RUEN (sesuai dengan asumsi RUEN); dan skenario Investasi Murah (menggunakan asumsi sama dengan skenario RUEN, ditambah dengan adanya penurunan biaya investasi untuk PLTS dan PLTB).

Hasil perhitungan LCoE menunjukkan bahwa pembangkit EBT ada yang bisa kompetitif bila dibandingkan dengan pembangkit fosil yaitu PLTA dan PLMH, namun ketersediaan sumber daya untuk kedua pembangkit ini sangat tergantung wilayah.

Berikut merupakan perhitungan biaya pembangkitan pada Tahun 2020: skenario BaU sebesar Rp 873; skenario RUEN Rp 1.043, dan

skenario Inv.Murah sebesar Rp 999. Sedangkan pada Tahun 2025: skenario BaU sebesar Rp 860, skenario RUEN Rp 1083, dan skenario Inv.Murah Rp 1.025.

Perlu komitmen pemerintah untuk mendorong pengembangan pembangkit listrik dari energi baru terbarukan melalui berbagai kebijakan insentif tanpa harus membebani konsumen listrik dengan kenaikan tarif listrik. Sejalan dengan kebijakan tersebut, industri dalam negeri juga perlu didorong untuk mampu memasok komponen teknologi pembangkitan listrik berbasis energi terbarukan sehingga bisa mengurangi ketergantungan terhadap impor teknologi.

DAFTAR ISI

TIM PENYUSUN	i
PRAKATA.....	ii
UCAPAN TERIMA KASIH	iii
RINGKASAN EKSEKUTIF	iv
DAFTAR ISI.....	vi
DAFTAR TABEL.....	viii
DAFTAR GAMBAR.....	ix
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Maksud dan Tujuan.....	4
1.3 Ruang Lingkup	4
1.4 Sistematika Pelaporan	4
BAB II METODOLOGI.....	6
2.1 Inventarisasi Data	6
2.2 Analisis Data	7
2.2.1 Analisis Deskriptif	7
2.2.2 Analisis Kuantitatif	8
BAB III GAMBARAN UMUM ENERGI DAN PERKEMBANGAN PEMANFAATAN ENERGI BARU TERBARUKAN	11
3.1 Penyediaan dan Pemanfaatan Energi	11
3.1.1 Sumber Daya, Potensi Energi dan Peluang Investasi	13
3.1.2 Penyediaan Energi	21
3.1.3 Konsumsi Energi.....	23
3.1.4 Proyeksi Energi.....	26
3.2 Perkembangan Energi Baru Terbarukan	27
3.2.1 Keuntungan Pemanfaatan Energi Baru Terbarukan.....	27
3.2.2 Perkembangan Teknologi.....	30

3.3 Kebijakan Pemanfaatan Energi Baru Terbarukan.....	41
BAB IV ANALISIS PENYEDIAAN DAN PEMANFAATAN ENERGI BARU TERBARUKAN	44
4.1 Perhitungan Dengan LCoE	44
4.2 Asumsi dan Skenario	46
4.3 Hasil Perhitungan.....	50
BAB V KESIMPULAN DAN REKOMENDASI	53
5.1. Kesimpulan	53
5.2. Rekomendasi	53
DAFTAR PUSTAKA	55

DAFTAR TABEL

Tabel 1 Asumsi Parameter Perhitungan LCoE	10
Tabel 2 Konsumsi Energi Final per Jenis (Ribu SBM)	13
Tabel 3 Potensi Panas Bumi per Pulau	15
Tabel 4 Potensi Tenaga Air	16
Tabel 5 Sebaran Radiasi Potensi Tenaga Surya Berdasarkan Titik Pengukuran Kabupaten/Kota	18
Tabel 6 Pemanfaatan Bioenergi	20
Tabel 7 Potensi Nasional Biogas dari Kotoran Ternak	21
Tabel 8 Produksi Energi Primer (Juta BOE)	22
Tabel 9 Produksi Energi Final Berdasarkan Tipe (Ribu BOE)	22
Tabel 10 Impor Energi Final Berdasarkan Tipe	23
Tabel 11 Konsumsi energi final berdasarkan tipe (Ribu BOE)	24
Tabel 12 Konsumsi Energi Final per Sektor (Ribu BOE)	25
Tabel 13 Dampak Ukuran Turbin, Diameter Rotor, dan Ketinggian Terhadap Produksi Tahunan	36
Tabel 14 Perbandingan Capital Cost untuk tipe <i>onshore</i> dan <i>offshore</i> <i>wind turbine</i>	37
Tabel 15 Pro dan Kontra antar Teknologi Generasi <i>Biofuel</i>	38
Tabel 16 Perbedaan Generasi 1 dan 2 <i>Biofuel</i> (UNCATAD, 2008)	39
Tabel 17 Karakteristik dan Biaya <i>biofuel</i> Generasi Pertama	40
Tabel 18 Parameter, Simbol dan Satuan	46
Tabel 19 Biaya Bahan Bakar	47
Tabel 20 Data untuk Perhitungan LCoE	48

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1 Bauran Energi Nasional 2016	12
Gambar 2 Bauran Energi Final 2016.....	12
Gambar 3 Konsumsi Energi per Sektor.....	13
Gambar 4 Sebaran Potensi Panas Bumi	15
Gambar 5 Potensi Pemanfaatan Tenaga Angin.....	17
Gambar 6 Peta Potensi Energi Surya	18
Gambar 7 Potensi Sampah Kota dan Kapasitas Pembangkit Listrik	19
Gambar 8 Sebaran Potensi Pembangkitan Listrik berbasis Limbah Kelapa Sawit	20
Gambar 9 Bauran Energi Final 2016.....	24
Gambar 10 Pangsa Konsumsi Energi Final per Sektor 2016.....	25
Gambar 11 Perkiraan Kebutuhan Energi Final 2015-2050	26
Gambar 12 Perkiraan Kebutuhan Energi Final Berdasarkan Sektor	27
Gambar 13 Tipe Pembangkit Listrik Panas Bumi.....	31
Gambar 14 Kapasitas Terpasang Dunia Pembangkit Panas Bumi..	32
Gambar 15 Efisiensi Pembangkit Panas Bumi Fungsi dari Temperatur	32
Gambar 16 Kapasitas Terpasang Pembangkit Listrik Tenaga Angin di Dunia	34
Gambar 17 Komponen <i>Wind Turbine</i>	34
Gambar 18 Penjabaran Biaya Kapital untuk <i>Onshore Wind Turbine</i>	37
Gambar 19 Target Bauran Energi Nasional	42
Gambar 20 Penurunan LCoE untuk PLTS	50
Gambar 21 Pembangkitan Listrik untuk Skenari BAU dan RUEN ...	50
Gambar 22 Perhitungan LCoE untuk Setiap Pembangkit	51
Gambar 23 Perbandingan Rata-rata Biaya Pembangkitan	52

1.1 Latar Belakang

Peran energi listrik kian hari semakin vital, kenaikan harga listrik selalu menjadi *headline* disetiap surat kabar nasional maupun daerah. Bahkan ketika terjadi pemadaman akibat dari *shortage* karena terjadi kerusakan di pembangkit maupun pemadaman bergilir di daerah krisis listrik yang berakhir dengan demonstrasi warga. Kondisi ini mencerminkan bahwa listrik membantu dalam pemenuhan aktivitas sehari-hari di masyarakat dan sebagai penggerak perekonomian. Ketersediaan listrik menjadi tanggung jawab pemerintah sesuai dengan amanah Undang-Undang Dasar Negara Republik Indonesia Tahun 1945 pasal 33 ayat 2 yang menyatakan bahwa usaha penyediaan tenaga listrik dikuasai oleh Negara dan dipergunakan untuk sebesar-besarnya kemakmuran rakyat yang penyelenggaraannya dilakukan oleh pemerintah dan pemerintah daerah.

Dalam menjamin ketersediaan listrik, pemerintah membuat kebijakan di sektor energi yaitu Kebijakan Energi Nasional (KEN) yang tertuang dalam Peraturan Pemerintah Nomor 79 Tahun 2014. KEN mengusung semangat perubahan paradigma dari *supply side management* menjadi *demand side management*. Selain perubahan paradigma, diamanatkan juga target energi yang harus disediakan pada Tahun 2025 adalah 400 juta TOE, dengan asumsi pada Tahun 2025 konsumsi listrik per kapita mencapai 2500 kWh. Besaran 400 juta TOE harus disediakan berdasarkan bauran energi mix: minyak bumi 25%, gas bumi 22%, batubara 30% dan energi baru terbarukan 23%.

Untuk mencapai target di atas diimplementasikan ke dalam Rencana Umum Energi Nasional (RUEN) dan Rencana Umum Energi Daerah

(RUED). RUEN mengatur secara makro mulai dari penyediaan hingga pemanfaatan energi ke setiap sektornya. Dalam penyediaan energi khususnya EBT 23% setiap propinsi memiliki porsi masing-masing sesuai dengan ketersediaan sumber daya EBT.

Kondisi kelistrikan saat ini, elektrifikasi 87% dan pemanfaatan EBT baru mencapai 5% dari bauran nasional. Dibutuhkan upaya yang ekstra luar biasa untuk menutup gap 18% dalam kurun waktu 8 Tahun ke depan. Pemerintah terus mengatur strategi, salah satunya adalah menerbitkan Peraturan Menteri ESDM Nomor 12 Tahun 2017 tentang pemanfaatan sumber energi terbarukan untuk penyediaan tenaga listrik. Harapan besar dari permen ini adalah pemanfaatan EBT dapat segera terealisasi dan tidak terkonsentrasi hanya di pulau Jawa saja.

Hal ini sejalan dengan mulai disusunnya Rencana Umum Energi Daerah (RUED), pemerintah daerah dapat memanfaatkan mengoptimalkan sumber daya EBT yang dimiliki. Selama ini tarif EBT masih menjadi tantangan yang harus dipecahkan, Peraturan Menteri ESDM 12 Tahun 2017 semoga dapat menjadi salah satu kunci solusi daya tarik para investor untuk menginvestasikan uangnya.

Diujung sebuah investasi energi ketenagalistrikan adalah harga jual listrik. Ada beberapa komponen dalam menentukan harga jual listrik, komponen tersebut antar lain: Biaya pembangkitan listrik dan biaya jaringan transmisi. Biaya pembangkitan memiliki empat unsur, yaitu: biaya investasi, biaya operasi dan pemeliharaan, biaya bahan bakar, dan biaya operasi dan pemeliharaan tidak tetap.

Titik fokus pada kajian ini pada subsektor energi baru terbarukan. Berapa besar kebutuhan investasi yang perlu dicadangkan untuk membangun energi baru terbarukan dalam mencapai target yang sudah disusun.

Hambatan dalam pengembangan energi terbarukan di Indonesia bukanlah masalah teknologi atau keekonomian, tetapi lebih pada masalah sosial dan politik, terutama sekali pada paradigma pengambil kebijakan negeri ini yang menganggap bahwa energi terbarukan masih mahal dan hanya cocok diterapkan di negara-negara maju seperti negara-negara Skandinavia dan Eropa Barat. Sedangkan bagi negara berkembang seperti Indonesia, batubara dan bahan bakar fosil lainnya masih merupakan pilihan yang tepat. Jelas ini merupakan paradigma yang keliru dan harus diluruskan (Arif 2016).

Tren global saat ini, sedang mengarah pada peralihan sumber energi fosil ke energi terbarukan. Negara-negara berkembang saat ini sedang ramai mengembangkan energi terbarukan dengan target yang cukup ambisius. Pemerintah dan para pengambil kebijakan di negeri ini bisa mencontoh beberapa negara berkembang yang sukses dalam pengembangan energi terbarukan yaitu: Kostarika, Uruguay, Afganistan, dan India. Oleh karena itu sangat tidak beralasan apabila Indonesia tidak mengembangkan dan membangun EBT. Contoh dari 5 negara di atas menunjukkan secara jelas bahwa hal terpenting yang dibutuhkan bagi pengembangan energi terbarukan bukanlah masalah teknologi atau keekonomian, tetapi lebih pada dukungan kebijakan, visi pemimpinya, dan perubahan paradigma para pengambil kebijakan energi di negeri itu.

Tujuan penggunaan Energi baru terbarukan (EBT) selain sebagai alternatif pengganti energi fosil (hidrokarbon), yang mana efek ikutannya adalah berkurangnya emisi gas rumah kaca, juga diharapkan dapat menekan biaya pokok produksi energi final yang kita gunakan sehari-hari, misalnya listrik dan bahan bakar minyak (BBM). Meskipun energi final yang dihasilkan dari sumber EBT untuk saat ini baru dapat dinikmati dengan teknologi yang masih dalam tahap perkembangan, sehingga biaya investasinya masih sangat tinggi, namun ke depannya dengan perkembangan teknologi dan skala ekonomi pembangkit yang masif, diharapkan biaya ini akan

turun secara signifikan, sehingga baik biaya investasi maupun biaya pokok produksi energi final pun akan turun mengikuti tren ini.

1.2 Maksud dan Tujuan

Kajian Penyediaan dan Pemanfaatan Energi Nasional bertujuan untuk mendeskripsikan kondisi penyediaan energi nasional saat ini sebagai respon terhadap kebutuhan energi masyarakat serta menganalisis faktor-faktor yang memengaruhi kondisi penyediaan dan kebutuhan energi termasuk ketidakseimbangan yang terjadi di berbagai sektor pengguna serta usulan rekomendasi perbaikan manajemen energi yang bisa dilakukan terutama pada regulasi terkait investasi EBT.

1.3 Ruang Lingkup

Dalam mencapai target dari maksud dan tujuan yang sudah kami tentukan, telah disusun tahapan pelaksanaan kegiatan seperti berikut ini:

1. Pengumpulan data dan informasi mengenai *supply demand* energi Tahun 2016 (HEESI), studi literatur, kunjungan lapangan, dan rapat koordinasi (*focus group discussion*) dengan pemangku kepentingan;
2. Pelaksanaan analisis dan evaluasi terhadap parameter kebijakan Pemerintah Pusat dan Daerah terkait kemudahan penyediaan dan pemanfaatan energi, dan faktor-faktor yang mempengaruhi minat investasi sektor EBT ;
3. Pembahasan hasil analisis yang menggunakan metode *Levised Cost of Electricity* (LCoE).
4. Perumusan usulan rekomendasi kebijakan;
5. Penyusunan laporan akhir.

1.4 Sistematika Pelaporan

Laporan Analisis Penyediaan dan Pemanfaatan Migas, Batubara, Listrik dan Energi Baru Terbarukan disusun dalam lima bab yang

terdiri dari pendahuluan, metodologi, gambaran umum penyediaan dan pemanfaatan energi, analisis *levelized cost of electricity*, dan kesimpulan dan rekomendasi. Secara umum isi dari setiap bab sebagai berikut:

- Bab I **Pendahuluan** menyajikan empat sub-bab yang mencakup latar belakang, maksud dan tujuan, ruang lingkup kegiatan dan sistematika pelaporan.
- Bab II **Metodologi** yang akan memberikan gambaran tahapan dalam pelaksanaan kajian ini. Tahapan yang akan dilakukan adalah inventarisasi data dan informasi yang diperoleh dari laporan Kementerian ESDM, literatur serta data sekunder dari pelaksanaan *focus grup discussion* (FGD).
- Bab III **Gambaran umum penyediaan dan pemanfaatan energi** yang akan mengulas tentang kondisi saat ini dari penyediaan dan pemanfaatan energi secara umum, perkembangan teknologi energi terbarukan, serta kebijakan yang dibuat untuk menjamin ketersediaan dan pemanfaatan dari energi khususnya pencapaian target energi baru terbarukan.
- Bab IV **Analisis penyediaan dan pemanfaatan energi baru terbarukan** yang akan membahas secara detail dengan memanfaatkan metode *levelized cost of electricity* yang mensimulasikan perhitungan-perhitungan biaya pembangkitan EBT serta kebutuhan biaya maupun investasi dalam mengembangkan EBT sebagai upaya pencapaian target kebijakan nasional.
- Bab V **Kesimpulan dan Rekomendasi** yang merupakan rangkuman hasil analisis serta memberikan saran berupa rekomendasi kebijakan maupun fakta dalam pencapaian target pemanfaatan energi baru terbarukan didalam bauran energi nasional.

2.1 Inventarisasi Data

Sumber data dan informasi yang digunakan untuk analisis dalam penyusunan laporan Penyediaan dan Pemanfaatan Migas, Batubara, Listrik dan Energi Baru Terbarukan, antara lain:

A. Data Primer

Data primer menurut Uma Sekaran, 2011, adalah data dan informasi yang diperoleh dari pihak pertama yang berkaitan dengan variabel dari tujuan penelitian. Sumber data primer adalah responden individu, kelompok fokus, internet juga dapat menjadi sumber data primer jika koisioner disebarakan melalui internet (Uma Sekaran, 2011).

Adapun sumber data primer yang digunakan dalam penelitian ini sebagai berikut:

- a. Direktorat Jenderal Energi baru Terbarukan dan Konservasi Energi
 - i. Sumber daya dan potensi energi baru terbarukan;
 - ii. Kebijakan terkait penyediaan dan pemanfaatan energi baru terbarukan.
- b. Pusat Data dan Teknologi Informasi
 - i. Produksi, Impor, Ekspor dan Konsumsi tiap komoditas energi;
 - ii. Harga energi.
- c. Direktorat Jenderal Ketenagalistrikan

B. Data Sekunder

Data sekunder adalah data yang mengacu pada informasi yang dikumpulkan dari sumber yang telah ada. Sumber data sekunder adalah catatan atau dokumentasi perusahaan, publikasi pemerintah, analisis industri oleh media, situs Web, internet dan seterusnya (Uma Sekaran, 2011).

Adapun data sekunder dalam penelitian ini diperoleh melalui studi literatur dan *focus group discussion* yang diselenggarakan dalam rangka memperoleh data dan informasi.

- a. Literatur
- b. *Focus Group Discussion* (FGD)

2.2 Analisis Data

Analisa data merupakan salah satu proses penelitian yang dilakukan setelah semua data yang diperlukan guna mencapai tujuan dari penelitian tersebut. Ketajaman dan ketepatan dalam pengolahan data menjadi penentu keakuratan pengambilan kesimpulan dan rekomendasi. Analisis pemanfaatan dan penyediaan migas, batubara, listrik dan enegi baru terbarukan menggunakan dua metodologi yaitu: diskriptif dan kuantitatif. Adapun metodologi tersebut akan dijabarkan sebagai tersebut:

2.2.1 Analisis Deskriptif

“Analisis deskriptif adalah statistik yang digunakan untuk menganalisa data dengan cara menggambarkan data yang telah terkumpul sebagaimana adanya tanpa bermaksud membuat kesimpulan yang berlaku untuk umum atau generalisasi.” Sugiyono (2004)

Diatas adalah pengertian mengenai analisis deskriptif oleh Sugiyono, pengertian oleh beberapa ahli yang disampaikan oleh Nazir (1988) adalah suatu metode dalam meneliti status sekelompok manusia, suatu objek, kondisi, sistem pemikiran ataupun peristiwa. Tujuannya adalah untuk menggambarkan faktual akurat tentang fakta yang sedang diselidiki.

Untuk menggambarkan kejadian fakta yang terjadi, pada kajian penyediaan dan pemanfaatan migas, batubara, listrik dan energi baru terbarukan ini menggunakan metode penelitian aktivitas dan *action research* guna mendapatkan gambaran energi di Tahun

kemarin serta pemanfaatan energi berikutnya dalam mencapai target yang diinginkan.

Kegiatan menggambarkan kondisi energi yang sudah terjadi berdasarkan Buku Statistik Energi Ekonomi Indonesia yang diterbitkan oleh Pusat Data dan Teknologi Informasi setiap Tahunnya. Gambaran penyediaan mulai dari produksi, ekspor dan impor untuk tiap jenis energi akan dibahas lebih mendalam serta tantangan yang dihadapi selama proses penyediaan. Penyajian kondisi energi dalam bentuk grafik dan tabel.

2.2.2 Analisis Kuantitatif

Analisis kuantitatif yang akan digunakan dalam kegiatan ini adalah metode *levelized cost of electricity* (LCoE). LCoE ini merupakan perbandingan *lifetime cost* terhadap produksi energi, menghitung nilai sekarang dari total biaya bangunan dan operasi pembangkit listrik, memungkinkan perbandingan antar teknologi¹. Harga energi yang dibangkitkan hasil perhitungan LCoE sudah mencapai *break even point* berdasarkan *lifetime* pembangkit (umur teknis pembangkit). Adapun persamaan umum yang akan digunakan sebagai berikut:

$$LCoE (\$/kWh) = \frac{\text{Total Life Cycle Cost (\$)}}{\text{Total Lifetime Energy Production (kWh)}} \quad 1$$

dimana:

Total life cycle cost merupakan biaya investasi pembangunan pembangkit, biaya tetap dan variable dari operasi dan perbaikan, biaya bahan bakar yang di "*present value*" kan. Sedangkan total *lifetime energi production* adalah total dari energi yang dibangkitkan.

¹ Pusdatin ESDM, Manajemen Rantai Penyediaan dan Pemanfaatan Energi Nasional, 2016

Berdasarkan definisi diatas, maka LCoE dapat diformulasikan menjadi:

$$LCoE (\$/MWh) = \frac{PV (Biaya Investasi)}{Avail \times 8760} + \frac{Biaya O\&M}{Avail \times 8760} + \frac{0.86 \times Biaya Bahan Bakar}{Eff}$$

Dalam mencapai tujuan kegiatan terdapat dua perhitungan utama, yaitu: perhitungan LCoE dan perhitungan prakiraan biaya pokok pembangkitan dengan skenario tertentu.

A. Perhitungan LCoE

Perhitungan LCoE menggunakan persamaan 1 dan 2. Dalam perhitungannya parameter yang digunakan adalah faktor ketersediaan, *efisiensi thermal*, *forced outage*, *schedule outage*, umur ekonomis, lama pembangunan, investasi (asing dan domestik), biaya operasi dan perbaikan, biaya bahan bakar, *discount rate*, *disbursement* asing dan domestik.

Tipe pembangkit listrik yang akan dihitung biaya pembangkitannya dalam kegiatan ini adalah: PLTU Batubara, PLTU Minyak, PLTG, PLTGU, PLTMG, PLTD, PLTA, PLTMH, PLTP, PLTB, PLTS, PLTBm, dan PLTSa. Adapun asumsi yang digunakan untuk perhitungan dapat dilihat pada Tabel 1.

Jenis Pembangkit	Biaya Investasi (ribu USD/MW)	Biaya Tetap O&M (ribu USD/MW)	Biaya Variabel O&M (USD.MW)	Efisiensi Bahan Bakar (%)	Availability/ Capacity Factor (%)
PLTU Biomassa	2,300	97	6.5	32	80
PLTU Batubara	1,000	35	3.8	34	72
PLTU Batubara SC	1,200	48	3.8	38	80
PLTu Batubara USC	1,400	56	3.8	42	80
PLTD	400	28	3.8	37	80
PLTMG	400	28	3.8	42	80
PLTG	400	20	3.8	34	80
PLTGU	700	25	3.8	55	80
PLTP	2,300	40	0.7	25	80
PLTA	2,300	54	3.8	25	41
PLTM	3,100	61	3.8	25	46
PS	1,000	54	3.8	95	80
PLTS	1,800	23	0.4	25	15-19
PLTB	1,400	37	0.8	25	15-40

Sumber: Outlook Energi Indonesia, DEN 2016

Tabel 1 Asumsi Parameter Perhitungan LCoE

B. Prakiraan Biaya Pokok Pembangkitan

Pada langkah ini, yaitu memperkirakan biaya pokok pembangkitan Tahun kedepannya (2020 dan 2025) dengan dasar perhitungan LCoE dan prakiraan konsumsi listrik.

Ada tiga skenario yang dikembangkan, yaitu: *Business as Usual* (BaU), Rencana Umum Energi Nasional, dan Biaya Murah (penurunan biaya investasi pada PLTS dan PLTB).

BAB III GAMBARAN UMUM ENERGI DAN PERKEMBANGAN PEMANFAATAN ENERGI BARU TERBARUKAN

3.1 Penyediaan dan Pemanfaatan Energi

Pertumbuhan ekonomi Indonesia terus menerus pada kisaran 5% pada 3 Tahun terakhir. Walaupun ada perlambatan pada Tahun 2015 yang tercatat 4,8%, bila dibandingkan Tahun sebelumnya yang tercatat 5%. Bank Indonesia (Laporan Perekonomian 2015), pelemahan ekonomi domestik ditengarai oleh berkurangnya pasokan modal ke *emerging market*.

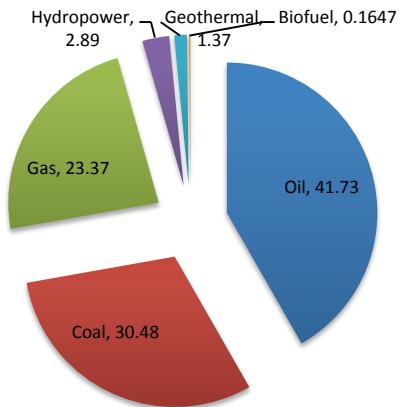
Paket ekonomi untuk meningkatkan dan pemulihan ekonomi makro diterapkan oleh Pemerintah dan Bank Indonesia. Paket ekonomi ini diharapkan dapat menaikkan pertumbuhan ekonomi ditengah lesunya ekonomi global dan masih melemahnya harga komoditi energi dunia. Diperkirakan, permintaan domestik menjadi sumber utama dari pertumbuhan di Tahun 2016 yang ditargetkan mencapai 5,2 – 5,6%.

Pembangunan proyek infrastruktur pemerintah dan efektifitas belanja pemerintah diarahkan ke belanja produktif dalam rangka meningkatkan daya saing, mendorong kesempatan penerimaan tenaga kerja. Kondisi ini mampu menaikkan daya beli masyarakat, tetap terjaga nilai inflasi pada kisaran $4\pm 1\%$ juga menjadi faktor yang melengkapi perkiraan pertumbuhan ekonomi di Tahun 2016.

Penetapan proyek strategis nasional (PSN) diantaranya termasuk sektor energi dan ketenagalistrikan. Melalui Peraturan Presiden Nomor 4 Tahun 2016, menjamin kemudahan pembangunan infrastruktur ketenagalistrikan, yang memberikan wewenang kepada PLN dalam pembangunan infrastruktur, perlindungan hukum, dan keleluasaan PLN dalam mencari pendanaan dari dalam dan luar negeri.

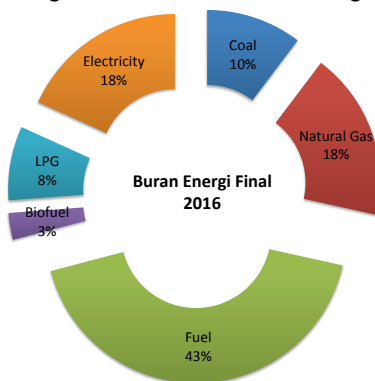
Proyek pembangunan infrastruktur (PSN), meningkatnya daya beli masyarakat sebagai latar belakang pertumbuhan energi yang ditopang oleh pertumbuhan penduduk.

Sebagai dampak dari pertumbuhan ekonomi, berikut adalah bauran energi nasional dimana dominasi masih pada energi fosil. Komposisi bauran energi minyak bumi 41,73%, batubara 30,48%, gas bumi 23,37%, tenaga air 2,89%, panas bumi 1,37% dan *biofuel* 0,165%. Secara total pemanfaatan energi baru terbarukan pada Tahun 2016 sebesar 4,42%.



Gambar 1 Bauran Energi Nasional 2016

Berdasarkan jenis energinya, konsumsi energi terbesar adalah bahan bakar yaitu mencapai 309.228 ribu BOE atau 42,5% dari konsumsi nasional. Sumbangsih pemanfaatan energi baru terbarukan berupa listrik, dimana konsumsi listrik nasional mencapai 18,2%, berikut adalah gambaran konsumsi energi per jenis.

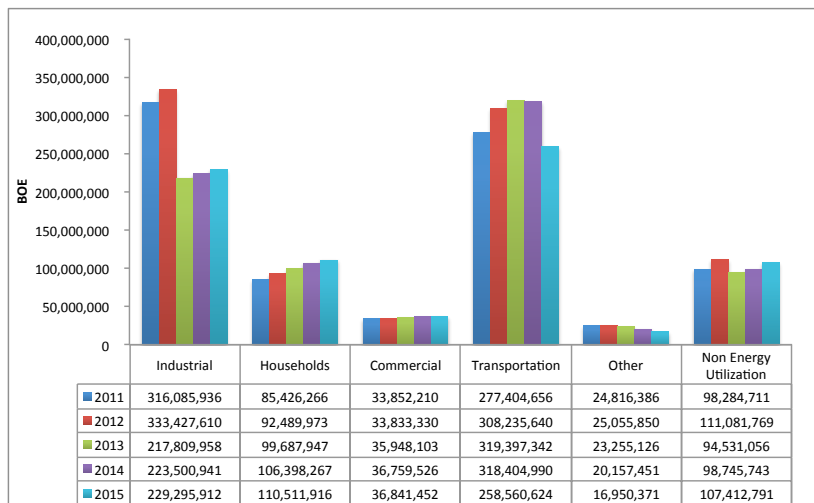


Gambar 2 Bauran Energi Final 2016

Year	Biomass	Coal	Natural Gas	Fuel	Other Petroleum Product	Briquette	LPG	Electricity	Total
2010	273,613.33	136,732.92	115,404.44	363,129.98	55,765.26	123.10	32,066.50	90,706.55	1,067,542.09
2011	283,026.88	144,502.44	121,233.82	363,826.86	69,978.47	120.95	37,060.40	99,147.23	1,118,897.04
2012	300,692.91	123,022.03	125,074.27	391,531.39	81,934.16	129.66	42,883.40	106,656.32	1,171,924.14
2013	306,086.99	42,729.19	125,529.49	393,316.26	66,161.48	129.66	47,801.10	114,962.34	1,096,716.52
2014	310,036.04	55,063.59	124,466.73	380,416.58	70,277.18	58.39	51,941.57	121,742.89	1,114,002.96
2015	309,449.71	70,227.88	123,877.06	309,227.89	77,483.97	50.48	54,361.29	124,344.49	1,069,022.77

Tabel 2 Konsumsi Energi Final per Jenis (Ribu SBM)

Sedangkan konsumsi energi berdasarkan sektor, sektor transportasi dan sektor industri masih mendominasi pemakaian energi. Sektor transportasi konsumsinya mencapai 258.560.624 BOE dan sektor industri mencapai 229.295.912 BOE. Tabel menunjukkan konsumsi energi berdasarkan sektor dalam kurun waktu 5 Tahun terakhir.



Gambar 3 Konsumsi Energi per Sektor

3.1.1 Sumber Daya, Potensi Energi dan Peluang Investasi

Pada subbab ini, akan membahas dari sisi kemampuan penyediaan energi untuk menjaga berlangsungnya proyek strategis nasional, mendorong pertumbuhan ekonomi, dan menjaga ketersediaan dari permintaan konsumsi energi.

Sesuai dengan tujuan penelitian, penyediaan energi yang akan dibahas adalah daya dukung dan kemampuan energi baru terbarukan dalam membantu penyediaan energi nasional.

Saat ini, sumber daya energi fosil (minyak dan gas bumi, dan batubara) terus menipis, belum ditemukannya cadangan baru untuk mengisi rasio pengurasan. Ditengah lesunya harga fosil global berkontribusi terhadap lesunya geliat eksplorasi nasional.

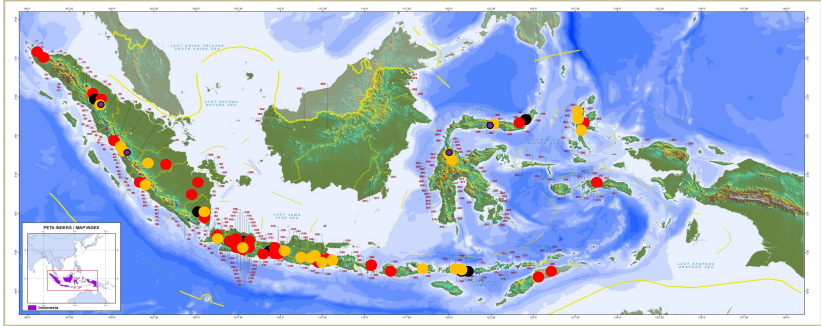
Indonesia kaya akan energi baru terbarukan, baik yang di permukaan bumi hingga di bawah permukaan bumi. Berikut gambaran umum dari sumber daya dan potensi tiap jenis energi baru terbarukan yang dimiliki.

Buku Potensi dan Peluang Investasi EBTKE, 2014, memberikan informasi secara komprehensif peluang investasi di subsektor energi baru terbarukan dan konservasi energi. Buku ini menjadi instrumen panduan bagi para pelaku usaha dan investor melihat prospektif pengusahaan di sub sektor ini. Informasi yang termuat didalamnya antara lain: potensi EBTKE, efisiensi energi, dan peraturan perundangan.

1. Panas Bumi

Anugerah luar biasa untuk jenis energi yang satu ini, kekayaannya mencapai 40% sumber daya dunia, bayangkan potensinya mencapai 29 GWe. Bila dimanfaatkan secara optimal mampu menyediakan kebutuhan $\pm 20\%$ dari total konsumsi listrik nasional. Anugerah ini tak lepas dari geografis Indonesia yang berada di *pacific ring of fire*.

Keberadaannya energi ini membentang dari pulau Sumatera, Jawa, Bali, Flores, Sulawesi Utara dan Maluku dengan 312 titik potensi yang ada. Pemanfaatannya masih sangat kecil kurang dari 5% dari total potensi. Satu hal yang perlu dipahami dari energi ini adalah panas bumi memiliki sifat *site specific* (tidak dapat di ekspor).



Gambar 4 Sebaran Potensi Panas Bumi

No	Pulau	Jumlah lokasi	Sumber Daya		Cadangan			Total
			Spekulatif	Hipotesis	Terduga	Mungkin	Terbukti	
1	Sumatera	93	3,182	2,519	6,790	15	380	12,886
2	Jawa	73	1,560	1,739	4,023	658	1,815	9,795
3	Bali-Nusa Tenggara	33	412	431	1,049	0	15	1,907
4	Sulawesi	76	1,239	343	1,419	150	78	3,229
5	Maluku	32	532	89	800	0	0	1,421
6	Kalimantan	14	163	0	0	0	0	163
7	Papua	3	75	0	0	0	0	75
Total		324	7,163	5,121	14,081	823	2,288	29,476

Tabel 3 Potensi Panas Bumi per Pulau

2. Tenaga Air

Potensi energi tenaga air sebesar 75 GW yang tersebar di berbagai lokasi. Potensi ini dapat dikelompokkan menjadi dua: potensi tenaga air skala besar dan potensi tenaga air skala mini/mikro. Skala besar memiliki potensi tenaga air lebih besar dari 10 MW, sedang skala mini/mikro dengan potensi kurang dari 10 MW.

Perkembangan perubahan lingkungan dan alih fungsi hutan, berpengaruh terhadap potensi dan keberlangsungan pemanfaatan tenaga air.

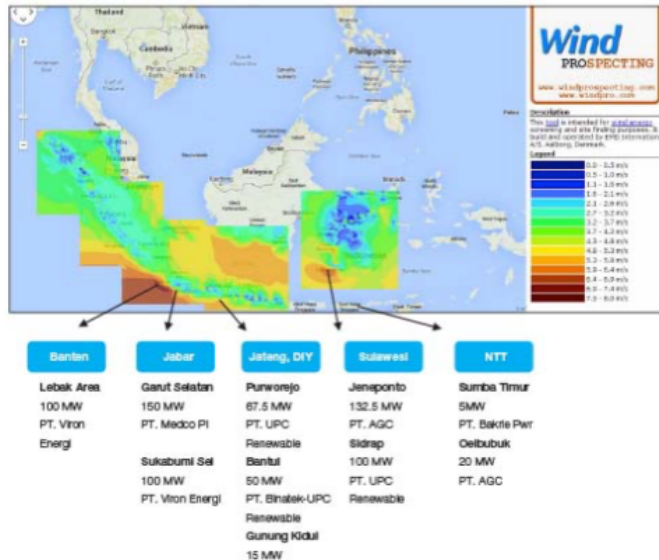
No	Pulau	Skala Besar < 10 MW	Skala Kecil > 10 MW	Total MW
1	Sumatera	16,100.00	281.76	16,381.76
2	Jawa	12,050.00	222.02	12,272.02
3	Kalimantan	5,999.50	277.75	6,277.25
4	Sulawesi	14,550.00	167.56	14,717.56
5	Bali-NTB-NTT	4,900.00	31.64	4,931.64
6	Maluku-Papua	21,057.00	32.76	21,089.76
TOTAL		74,656.50	1,013.49	75,669.99

Tabel 4 Potensi Tenaga Air

3. Tenaga Angin

Beberapa lokasi di Indonesia sudah dilakukan survei potensi angin baik oleh Pemerintah maupun Non Pemerintah. Kecepatan angin berkisar 2.2 hingga 7.5 m/detik. Potensi terbesar berada di Nusa Tenggara Timur (Timur Tengah Selatan) yang memiliki potensi sebesar 7.5 m/detik.

EBTKE 2014, akan dikembangkan pemanfaatan potensi angin di 17 lokasi dengan total kapasitas mencapai 960 MW. Berdasarkan Gambar 2 sebaran potensi angin mulai dari Aceh hingga Nusa Tenggara Timur dan di pulau Sulawesi. Domisili kecepatan angin yang tersedia rata-rata pada kecepatan 3.2 hingga 4.8 m/detik, kecepatan terbesar berada di *offshore* di barat daya Jawa dan sepanjang laut Jawa.

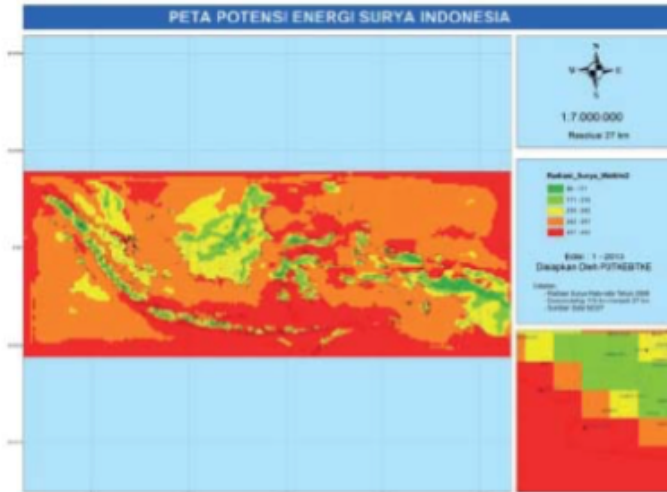


Gambar 5 Potensi Pemanfaatan Tenaga Angin

4. Tenaga Surya

Indonesia memiliki iklim yang potensial untuk dikembangkan energi berbasis panas matahari karena hanya memiliki 2 iklim, iklim panas dan penghujan. EBTKE, 2014, radiasi sinar matahari rata-rata harian sebesar 4 kWh/m^2 yang sudah dikelompokkan berdasarkan lokasi pengukuran pada 22 Kabupaten/Kota. Potensi tersebut dapat kita lihat pada Tabel 3 di bawah ini.

Gambar 6 menunjukkan peta sebaran potensi tenaga surya di Indonesia. Sepanjang pulau Jawa hingga Nusa Tenggara memiliki potensi yang besar yang diindikasikan oleh warna merah dengan nilai $7,3 \text{ Watt/m}^3$.



Gambar 6 Peta Potensi Energi Surya

No	Kabupaten/Kota	Provinsi	Radiasi rata-rata harian (kWh/m2)
1	Banda Aceh	NAD	4.1
2	Palembang	Sumatera Selatan	4.96
3	Manggala	Lampung	5.23
4	Jakarta	DKI Jakarta	4.19
5	Bandung	Jawa Barat	4.15
6	Lembang	Jawa Barat	5.15
7	Cittus Tangerang	Jawa Barat	4.32
8	Darmaga, Bogor	Jawa Barat	2.56
9	Serpong, Tanegrang	Jawa Barat	4.45
10	Semarang	Jawa Tengah	5.49
11	Surabaya	Jawa Timur	4.3
12	Kanteng, Yogyakarta	Yogyakarta	4.5
13	Denpasar	Bali	5.26
14	Pontianak	Kalimantan Barat	4.55
15	Banjarbaru	Kalimantan Selatan	4.8
16	Banjarmasin	Kalimantan Selatan	4.57
17	Samarinda	Kalimantan Timur	4.17
18	Manado	Sulawesi Utara	4.91
19	Palu	Sulawesi Tengah	5.51
20	Kupang	NTT	5.12
21	Waingapu, Sumba Timur	NTT	5.75
22	Maumere	Papua	5.72

Tabel 5 Sebaran Radiasi Potensi Tenaga Surya Berdasarkan Titik Pengukuran Kabupaten/Kota

5. Sampah

Pemanfaatan energi berbasis pemanfaatan sampah kota sangat potensial, sebagai contoh, sampah DKI Jakarta mencapai 6000 ton setiap harinya. Dengan dimanfaatkan sebagai energi listrik, sampah mendapatkan nilai tambah yang sangat tinggi.

Potensi pemanfaatan sampah kota dan kapasitas dapat dilihat pada Gambar 7 di bawah ini. DKI Jakarta, Jawa Barat dan Banten berpotensi sebesar 17 Ribu ton/hari dengan kapasitas 700 MW, yang kemudian disusul oleh Jawa Tengah dan DIY sebesar 11 ribu ton/hari dengan kapasitas 590 MW, dan Jawa Timur sebesar 9.5 ribu ton.hari dengan kapasitas 352 MW. Dasar pengelolaan sampah ini adalah undang-undang nomor 19 Tahun 2008



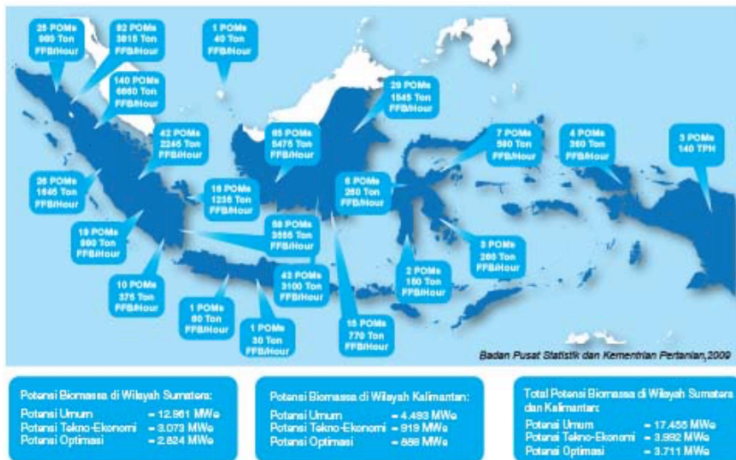
Gambar 7 Potensi Sampah Kota dan Kapasitas Pembangkit Listrik

6. Bio Energi

Tanah yang subur menjadi anugerah yang harus disyukuri, begitu mudahnya tanaman tumbuh subur di bumi Indonesia. Terkait energi berbagai macam jenis tanaman yang dapat dimanfaatkan sebagai energi (bahan bakar nabati) seperti : kelapa sawit, kemiri sunan, jarak pagar, jagung, singkong/ketela, tebu dan yang lainnya. Pada umumnya, potensi bioenergi dapat dimanfaatkan untuk biodiesel, bietanol, dan bioavtur.

	Biodiesel	Bioetanol	Bioavtur
Tanaman	Kelapa Sawit (Crude Palm Oil), Kemiri Sunan, etc	Mollasseas, Singkong, Sagu, Sorgum, etc	
Produksi	8 juta ton (domestik)	1.5 juta ton Mollasseas, 22 juta ton singkong	
Kebutuhan	2.5 juta ton (Campuran n 20%)		Campuran 2%

Tabel 6 Pemanfaatan Bioenergi



Gambar 8 Sebaran Potensi Pembangkitan Listrik berbasis Limbah Kelapa Sawit

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

No	Jenis Ternak	Populasi (ekor)	Produksi KTS (Ton/th)	Produksi Biogas setara minyak tanah (Liter/th)	Produksi Pupuk Organik (Ton/th)
1	Ruminarsis		73,446,840	3,672,342,056	29,198,735
	- Besar	18,707,204	66,294,374	3,314,718,738	26,517,749
	- Kecil	27,766,988	7,152,466	357,623,318	2,680,986
2	Non Ruminarsis	7,621,499	6,361,683	318,094,182	2,544,673
3	Unggas	1,636,838,840	8,906,363	445,318,170	3,562,545
Total			88,714,886	4,435,754,408	35,305,953

Tabel 7 Potensi Nasional Biogas dari Kotoran Ternak

3.1.2 Penyediaan Energi

Produksi energi primer pada Tahun 2016 mencapai 2720,4 juta BOE. Produksi batubara masih menjadi dominasi produksi energi nasional yang mencapai 70.4%, gas bumi menyumbang 17.4% dan minyak bumi menyumbang 9.9% dan sisanya adalah produksi energi dari tenaga air dan panas bumi.

Produksi minyak pada Tahun ini di bawah dari target APBN sebesar 12%. Penurunan produksi minyak sangat signifikan seiring dengan usia lapangan dan kecilnya rasio penemuan cadangan baru. Lesunya ekonomi dunia dan rendahnya harga minyak dunia menjadi faktor para kontraktor menunda sementara proses eksplorasi. Kondisi ini akan berdampak dikemudian hari, target yang sudah direncanakan akan terjadi kemunduran khususnya penemuan cadangan baru.

Tidak berbeda dengan produksi minyak, produksi gas bumi juga mengalami penurunan produksinya sebesar 5% disetiap Tahunnya dalam 6 Tahun terakhir ini. Tercatat, produksi gas mencapai 3070.24 BSCF dari 144.06 TSCF cadangan gas bumi. Jika gas bumi diproduksi dengan laju yang sama dengan Tahun 2016, maka gas bumi hanya bertahan 47 Tahun kedepan.

Berbeda dengan produksi batubara walaupun sedikit terjadi penurunan dibanding Tahun sebelumnya, produksi batubara mampu mencatat sebesar 456 juta ton atau setara dengan 1916 juta BOE. Tingginya produksi batubara tidak diimbangi oleh kemampuan

domestik untuk menyerapnya, harus ada kebijakan pembatasan produksi sebagai bentuk ketahanan energi nasional

Energi Primer	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Batubara	1,156	1,484	1,484	1,622	1,622	1,992	1,992
Gas Bumi	547	519	519	494	494	490	490
Minyak Bumi	345	329	329	315	315	301	301
Tenaga Air	42	28	28	29	29	38	38
Panas Bumi	15	15	15	15	15	15	15

Tabel 8 Produksi Energi Primer (Juta BOE)

Kondisi produksi energi final dipengaruhi oleh pasokan energi primernya, energi final yang paling terpengaruh adalah BBM. Dengan berkurangnya pasokan minyak mentah dari dalam negeri, maka ketergantungan impor minyak untuk *feedstock* kilang menjadi tinggi. Produksi BBM mencapai 41,416 ribu kilo Liter yang diproduksi dari 9 kilang minyak bumi. Adapun produksi BBM yang dominan antara lain: minyak solar 19,678 ribu KL, Ron 88 10,951 ribu KL, RON 92 3,885 ribu KL dan Avtur 3,624 ribu KL.

Tipe Energi Final	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Batubara	282,156	334,143	345,000	302,694	319,956	364,619	380,310
Bahan Bakar	234,206	236,155	238,862	237,341	243,763	246,723	257,063
Gas Domestik	173,383	175,061	189,118	191,535	194,577	191,498	185,174
Listrik	104,079	112,436	122,795	132,524	140,104	143,431	151,974
Biofuel	1,576	11,755	14,408	18,196	25,695	10,722	23,719

Tabel 9 Produksi Energi Final Berdasarkan Tipe (Ribu BOE)

Tabel 8 menggambarkan kondisi penyediaan energi final berdasarkan tipenya. Batubara menyumbang 380 juta BOE di Tahun 2016 dan memiliki tren yang terus naik, batubara ini dikonsumsi oleh pembangkit listrik dan beberapa industri. Trend kenaikan juga dilihatkan oleh produksi listrik yang tumbuh rata-rata 5% selama periode 2010 hingga 2016. Produksi bahan bakar minyak relatif stabil, ini dipengaruhi oleh tidak adanya peningkatan kapasitas kilang.

Tren positif juga nampak pada penyediaan gas untuk dalam negeri, hal ini menandakan bahwa pemerintah terus fokus menyediakan gas untuk kepentingan dalam negeri yang terus meningkat sejalan dengan pertumbuhan konsumsi gas di sektor industri. Produksi *biofuel* juga tumbuh signifikan, hal ini dikarenakan oleh berjalannya program mandatori pemanfaatan *biofuel* sebesar 20% atau yang kita kenal sebagai B-20.

Dalam memenuhi kebutuhan dalam negeri yang terus meningkat terutama untuk konsumsi bahan bakar minyak, pemerintah melakukan impor produk bahan bakar. Selain impor bahan bakar, ada impor listrik dari Malaysia dalam memenuhi kebutuhan listrik di Kalimantan Barat. Berikut beberapa jenis energi final yang di impor sebagai penyediaan energi untuk dalam negeri.

Tipe Energi Final	Unit	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Listrik	GWh	2	3	3	3	9	13	693
Batubara	Ribu Ton	55	42	78	610	2,442	3,008	3,899
LPG	Ribu Ton	1,622	1,992	2,574	3,300	3,604	4,026	4,476
Bahan Bakar Minyak	Ribu Barel	26,017	31,149	31,982	32,695	33,242	27,898	22,753

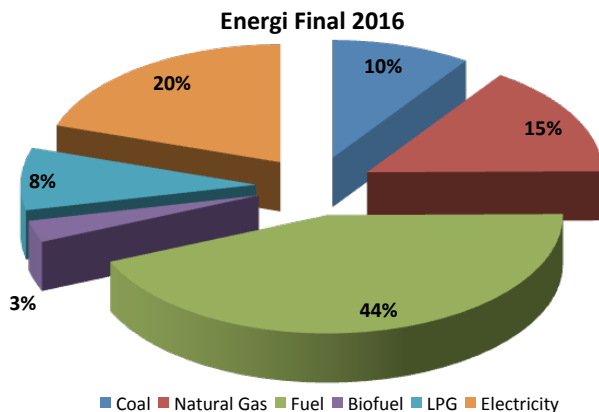
Tabel 10 Impor Energi Final Berdasarkan Tipe

Pertumbuhan impor yang signifikan terjadi pada LPG, dari 1.622 ribu ton pada Tahun 2010 naik mendekati 3 kali pada Tahun 2016 menjadi 4.476 ribu ton, keberhasilan konversi Mitan ke LPG menjadi pemicu naiknya impor LPG. Impor listrik pada Tahun 2015 sebesar 13 GWh namun meningkat menjadi 693 GWh pada Tahun 2016, atau naik 52 kali.

3.1.3 Konsumsi Energi

Setiap Tahunnya Pusdatin ESDM mencatat besarnya konsumsi energi baik berdasarkan sektornya maupun berdasarkan jenis energinya melalui buku *Handbook of Economic and Energi Statistic of Indonesia* (HEESI). Sejak Tahun 2016 buku tersebut terbit dua kali dalam setahun, periode pertama diterbitkan pada bulan Juli dan versi final akan diterbitkan pada akhir Tahun berjalan. Versi *soft copy* dapat diunduh pada laman:

www.esdm.go.id/id/publikasi/handbook-of-energi-and-economic



Gambar 9 Bauran Energi Final 2016

Konsumsi energi final masih didominasi dari pemanfaatan bahan bakar minyak yang ditunjukkan pada Gambar 9. Konsumsi bahan bakar mencapai 44% yang kemudian diikuti oleh konsumsi listrik sebesar 20%. Ketergantungan terhadap energi fosil nampak jelas, sumbang sih dari energi baru terbarukan yaitu *biofuel* yang hanya memiliki *share* sebesar 3% dari total. Namun angka tersebut dapat meningkat ketika mem-*breakdown* produksi listrik dari energi baru terbarukan yaitu tenaga air, panas bumi, sampah, surya dan angin.

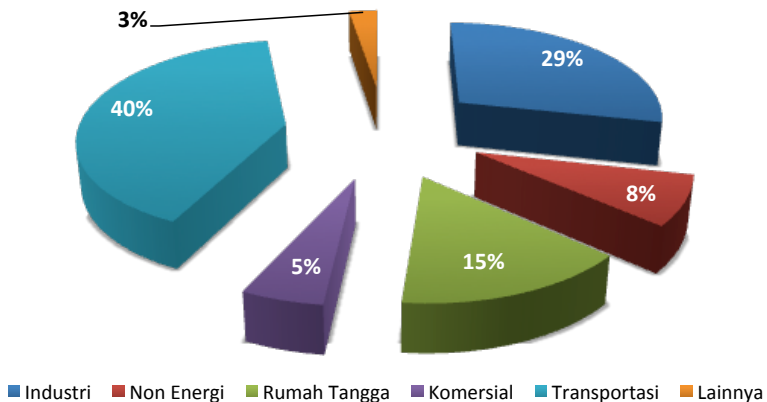
Type Energy Final	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Fuel	294,249	334,727	389,030	378,049	363,713	393,214	290,155
Gas	115,404	121,234	125,074	125,529	124,467	123,876	101,393
Coal	137,489	144,502	123,022	42,729	55,064	70,228	63,504
Electricity	90,707	97,998	106,656	114,962	121,743	124,344	132,411
LPG	32,067	37,060	42,883	47,801	51,942	54,361	56,626
Briquette	123	121	130	130	58	50	107
Biofuel	27,939	45,804	59,227	67,025	72,868	19,737	19,737

Tabel 11 Konsumsi energi final berdasarkan tipe (Ribu BOE)

Sedangkan konsumsi energi final berdasarkan sektor tanpa memperhitungkan konsumsi biomassa tradisional, dominasi masih pada sektor transportasi. Sektor transportasi mengkonsumsi energi sebesar 40% atau 303 juta BOE pada Tahun 2016, sedangkan sektor industri mengekor dibelakangnya dengan persentase 28%. Sektor rumah tangga mengkonsumsi sebesar 15%, sektor komersial yang

terdiri dari hotel, pusat perbelanjaan, dan perkantoran mengkonsumsi sebesar 5 %.

Pemanfaatan non energi yang merupakan bahan baku pada industri petrokimia terutama pemanfaatan gas bumi sebagai umpan pembuatan pupuk memiliki *share* 8%. Dan sektor lainnya, yaitu sektor yang menaungi pertanian, pertambangan dan konstruksi memiliki konsumsi sebesar 3% dari total konsumsi energi final.



Gambar 10 Pangsa Konsumsi Energi Final per Sektor 2016

Sektor	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Industri*	305,723	330,224	325,387	237,776	244,614	264,357	213,380
Non Energi	84,147	98,285	112,566	94,531	98,746	77,443	60,244
Rumah Tangga	81,633	85,426	92,490	99,688	106,398	110,512	114,831
Komersial	29,555	32,758	35,769	37,876	38,896	41,100	40,113
Transportasi	230,346	277,513	329,520	341,410	342,782	307,078	303,307
Lainnya	22,340	27,220	33,709	31,105	28,695	32,836	19,440

Tabel 12 Konsumsi Energi Final per Sektor (Ribu BOE)

* Ada perubahan metode pencatatan

Nampak terjadi penurunan konsumsi di sektor industri mulai 2013 hingga 2016 yang cukup signifikan mencapai 100 juta BOE. Hal ini dikarenakan perubahan metode pencatatan pada komoditi batubara mulai Tahun 2013, dimana sebagai penjualan pada *trader* yang semula merupakan konsumsi domestik menjadi ekspor.

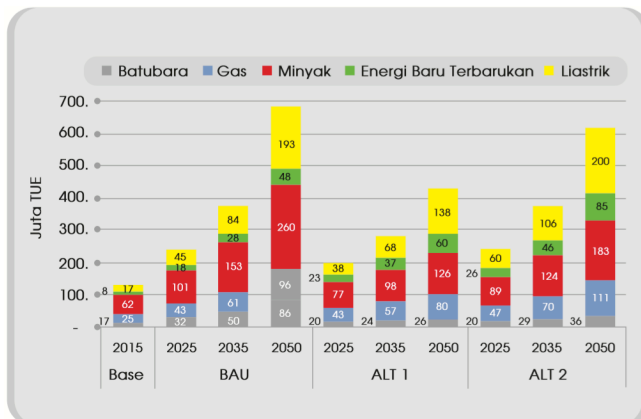
Pencatatan positif dari tiap Tahunnya untuk rasio elektrifikasi, suksesnya konversi mitan ke LPG dan makin mudahnya akses energi makin tercermin pada meningkatnya konsumsi di sektor rumah tangga. Pertumbuhan pada periode 2010 – 2016 konsumsi rumah tangga tercatat sebesar 6%.

3.1.4 Proyeksi Energi

Dalam melihat prakiraan kebutuhan energi kedepannya, pada penelitian ini kami menggunakan bahan dari *Outlook Energi Indonesia* (OEI) 2016 yang dibuat dan dipublikasikan oleh Dewan Energi Nasional (DEN) yang bahannya kami unduh pada laman www.den.go.id/index.php/publikasi/index/EnergiOutlook.

Pada OEI 2016 terdapat 3 skenario, yaitu: skenario *Business as Usual* (BaU), Alternatif 1 dan skenario Alternatif 2 dengan Tahun proyeksi 2015 hingga 2050. Asumsi dari masing-masing skenario, yaitu:

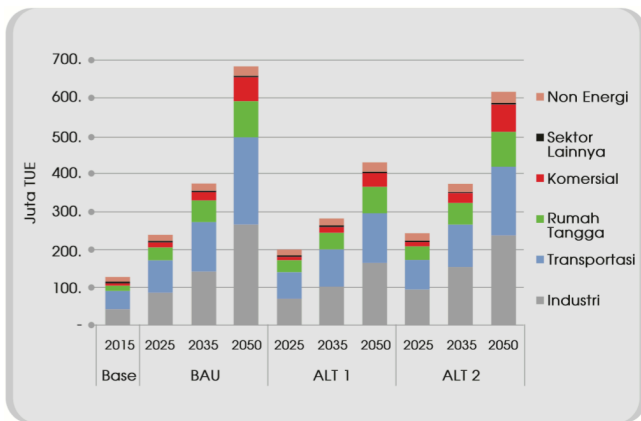
- BaU, Pertumbuhan PDB 5,6% per Tahun;
- Alternatif 1, Pertumbuhan PDB 5,6% per Tahun dan penerapan teknologi energi baru terbarukan dan teknologi hemat energi;
- Alternatif 2, Pertumbuhan PDB 7,1% per Tahun dan penerapan teknologi energi baru terbarukan dan teknologi hemat energi.



Gambar 11 Perkiraan Kebutuhan Energi Final 2015-2050

Berdasarkan Gambar 11, kebutuhan energi final pada skenario BaU untuk Tahun 2025 sebesar 238,8 MTOE dan Tahun 2050 sebesar 682,3 MTOE atau tumbuh 4,9% pada periode 2015-2050. Untuk skenario Alternatif 1, kebutuhan energi final pada Tahun 2025 sebesar 201,5 MTOE dan Tahun 2050 sebesar 430,3 MTOE atau tumbuh 3,5% pada periode proyeksi. Sedangkan pada Alternatif 2 dengan skenario tinggi dihasilkan perkiraan kebutuhan energi final pada Tahun 2025 sebesar 244 MTOE dan Tahun 2050 mencapai 629 MTOE atau tumbuh 4,6% sepanjang periode proyeksi.

Untuk energi baru terbarukan, skenario BaU mengalami peningkatan sebesar 5,1% per Tahunnya, pada Tahun 2025 mencapai 18 MTOE dan pada Tahun 2050 mencapai 48 MTOE. Skenario Alternatif 1 tumbuh 5,8% per Tahunnya, pada Tahun 2025 mencapai 23 MTOE dan Tahun 2050 sebesar 60 MTOE. Sedangkan pada Alternatif 2 tumbuh 6,9% per Tahunnya, pada Tahun 2025 sebesar 26 MTOE dan Tahun 2050 sebesar 85% MTOE.



Gambar 12 Perkiraan Kebutuhan Energi Final Berdasarkan Sektor

3.2 Perkembangan Energi Baru Terbarukan

3.2.1 Keuntungan Pemanfaatan Energi Baru Terbarukan

Brown et al, 2011, menyatakan populasi dan ekonomi manusia telah tumbuh secara eksponensial dan sekarang memiliki dampak pada iklim, proses ekosistem dan keanekaragaman hayati yang jauh melebihi spesies lain. Indikator status sosial ekonomi dan dampak

ekologi lainnya berkorelasi dengan penggunaan energi dan PDB. Diperkirakan konsumsi energi global untuk skenario alternative masa depan yaitu sejumlah besar konsumsi energi akan digunakan untuk mendorong pertumbuhan ekonomi, meningkatkan standar kehidupan, dan mengangkat negara-negara berkembang dari kemiskinan.

Energi merupakan bahan bakar untuk aktivitas perekonomian global, seperti pemekaran penduduk, perbaikan standar kualitas hidup, dan pertumbuhan konsumsi. Diperkirakan kenaikan permintaan energi sebesar 21% pada Tahun 2030 (IEA, 2015). Pada saat bersamaan fokus terhadap perubahan iklim terus tumbuh, pemerintah diseluruh dunia mensepakati mengurangi emisi CO² dan dampak lingkungan lainnya.

Energi memicu pertumbuhan ekonomi sehingga menjadi perhatian bagi semua negara. Akses energi untuk beberapa negara masih menjadi tantangan yang harus diselesaikan. Penyebaran luas layanan energi harus dapat dilaksanakan sambil memperhatikan dampak lingkungan dari pemakain energi, sehingga penyediaan energi modern bagi masyarakat menjadi prasyarat untuk memenuhi *Millieum Development Goals* (MDGs).

Energi baru terbarukan memiliki potensi untuk memenuhi tantangan pembangunan, pertumbuhan ekonomi dan lingkungan dapat ditangani secara bersamaan. Dalam beberapa Tahun terakhir telah terjadi perkembangan teknologi energi alternatif yang signifikan. Sebagai contoh, teknologi sederhana seperti pemanas air tenaga surya, pasteuriser surya, pompa angin, kompor masak yang lebih baik, briket biomassa, dan biogas, yang membuat perbedaan besar dalam akses energi untuk orang miskin.

Keberhasilan Brasil dalam memanfaatkan residu dari produksi gula untuk memproduksi etanol yang menunjukkan potensi besar bagi negara di tropis. Begitu juga dengan memanfaatkan tenaga panas matahari di gurun afrika dalam membangkitkan listrik. Terlepas dari manfaat bagi lingkungan, energi baru terbarukan memiliki potensi menjaga ketahanan energi dan stabilitas ekonomi, atas berkurangnya ketergantungan impor bahan bakar fosil yang mahal, flutuatif politis dan semakin terbatas.

Box 1. IRENA's: *Renewable Energi Benefits – Measuring The Economics*

Objektif dari *sustainable development* dan *Paris agreement* adalah transisi menuju energi berkelanjutan. Para pembuat kebijakan harus memahami keuntungan dampak sosial ekonomi dari transisi tersebut. Keuntungan yang didapatkan dari proses transisi, yaitu: *GDP*, *Welfare*, *Jobs*, dan *Trade*.

Peningkatan dua kali lipat bauran energi EBT pada Tahun 2030 berdampak positif pada:

- a) **GDP**, berkontribusi terhadap peningkatan GDP global menjadi 1.1% atau setara dengan \$ 1.3 triliun bila dibandingkan dengan BaU. Dampak positif ini digerakan oleh peningkatan investasi. Apabila pencapaian bauran EBT lebih tinggi dari target dua kali, maka global GDP juga akan lebih tinggi dari \$1.3 triliun.
- b) **Welfare**, berdampak positif pada kesejahteraan global, dimana meningkat 2.7% dibandingkan peningkatan GDP pada 0.6%. Apabila pencapaian tinggi melalui elektifikasi dan transportasi, global welfare akan meningkat 3.7%.
- c) **Jobs**, meningkatkan tenaga kerja langsung dan tidak langsung menjadi 24,4 juta pada Tahun 2030. Peningkatan teknologi EBT (bioenergi, tenaga air, dan surya) yang tumbuh menyebabkan terciptanya pekerjaan. Selain teknologi, pasokan primer, instalasi dan pembuatan peralatan juga mendukung terciptanya lapangan pekerjaan.
- d) **Trade**, penyebaran energi yang dapat dikonsumsi mempengaruhi perdagangan peralatan dan layanan yang berhubungan dengan energi serta bahan bakar fosil. Perdagangan peralatan energi terbarukan dan barang dan jasa investasi lainnya akan meningkat.

Keuntungan pemanfaatan energi baru terbarukan (Van Dijk, 2003 dalam Budiarto, 2011), ada tiga faktor kunci dari keuntungan tersebut, yaitu: Ekonomi, Sosial dan Lingkungan. Ekonomi, lapangan kerja, kompetensi dalam negeri, pasar luar negeri, kehandalan pasokan, menurunkan bahan bakar, pembukaan daerah terpencil, potensi pariwisata. Sosial, derajat kesehatan, urbanisasi, kebanggaan masyarakat lokal, partisipasi. Lingkungan, emisi rendah, habitat baru, kelestarian lingkungan, mitigasi kerusakan lingkungan, mengurangi sampah.

Namun demikian, peluang energi terbarukan yang baik dalam mendukung pertumbuhan ekonomi dan lainnya tersebut masih

berlawanan dengan fakta bahwa teknologi energi terbarukan masih relatif mahal. Peran insentif, hibah pembangunan dan pinjaman bank yang lunak dapat berkontribusi. Sehingga keuntungan dan keunggulan dari pengembangan energi terbarukan dapat menimbulkan optimisme di kalangan politik, ekonomi, dan investor.

3.2.2 Perkembangan Teknologi

3.2.2.1 Teknologi Pembangkit Panas Bumi

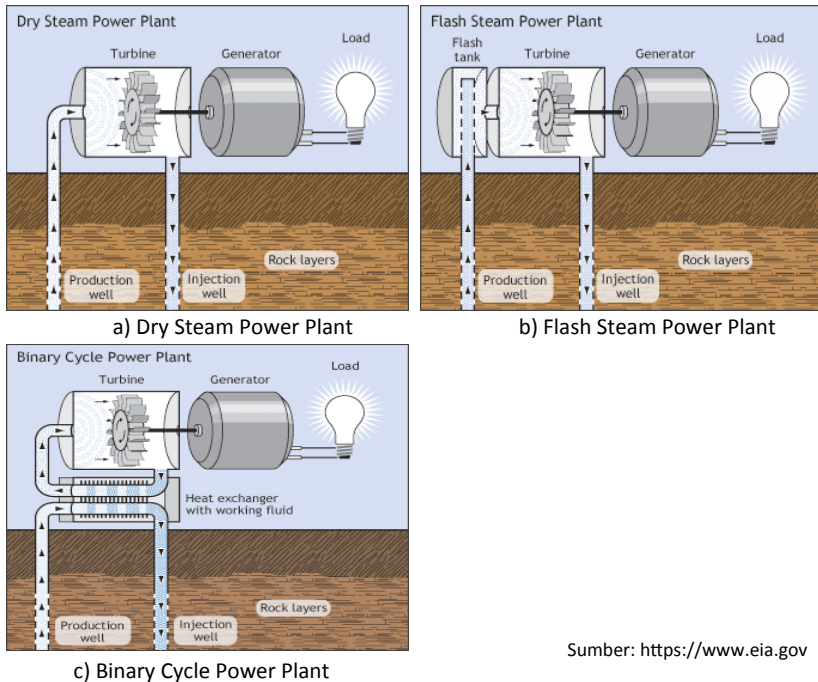
Panas bumi secara umum dapat diklasifikasikan berdasarkan suhu reservoirnya, Hochstain (1990) membagi sistem panas bumi berdasarkan suhu tinggi $>225^{\circ}\text{C}$, sedang $125^{\circ}\text{C} - 225^{\circ}\text{C}$ dan rendah $< 125^{\circ}\text{C}$. Dikarenakan fasa yang keluar dari ketiga sistem berbeda, maka berpengaruh terhadap teknologi yang akan digunakan untuk membangkitkan listrik.

Pembangkit listrik tenaga panas bumi memanfaatkan sumberdaya *hydrothermal* yang ada di bawah permukaan baik berupa air (*hydro*) dan panas (*thermal*). Persyaratan kelayakan untuk pembangkitan listrik yang dibutuhkan yaitu bertemperatur tinggi berkisar diatas 225°C baik dari sumur uap maupun sumur air panas.

Konversi panas bumi menjadi tenaga listrik yang umum digunakan saat ini terbagi menjadi 4 katagori, yaitu:

- **Dry steam plant**; temperatur berkisar $230^{\circ}\text{C} - 320^{\circ}\text{C}$, memanfaatkan secara langsung uap yang diproduksi untuk memutar generator turbin sehingga menghasilkan listrik.
- **Flashed steam plant**: temperatur berkisar $200^{\circ}\text{C} - 320^{\circ}\text{C}$. memanfaatkan tekanan tinggi air panas dari dalam perut bumi dan mengkonversinya menjadi uap untuk menggerakkan generator turbin. Ketika air dingin lalu diinjeksikan kembali kebawah permukaan. Kebanyakan pembangkit listrik tenaga panas bumi adalah *flash steam plants*.
- **Binary or twin-fluid sistem** (berdasarkan pada Kalina atau *Organic Rankin Cycle*); temperatur berkisar $120^{\circ}\text{C} - 190^{\circ}\text{C}$. menransfer panas dari air panas untuk memanaskan cairan kedua menjadi uap yang akan menggerakkan generator turbin.

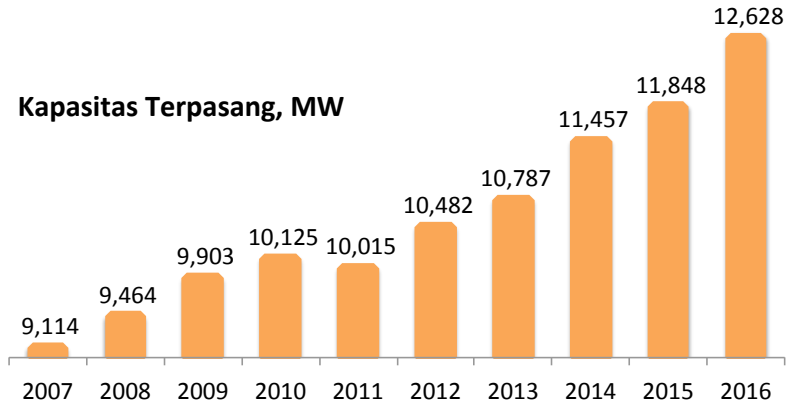
- **Hybrid sistem**; kombinasi dua atau lebih dari katagori diatas.



Gambar 13 Tipe Pembangkit Listrik Panas Bumi

Perkembangan kapasitas terpasang dalam rentang 2007 hingga 2016 tumbuh 4% disetiap Tahunnya. Peluang tumbuhnya pemanfaatan panas bumi untuk menghasilkan listrik diperkirakan akan tumbuh lebih pesat. Paris Agreement memberikan dampak positif terhadap pertumbuhan dimana secara signifikan menargetkan penurunan CO². Selain itu negara kaya panas bumi seperti Kenya, Filipina dan Indonesia telah menargetkan pengembangan panas bumi yang akan dicapai.

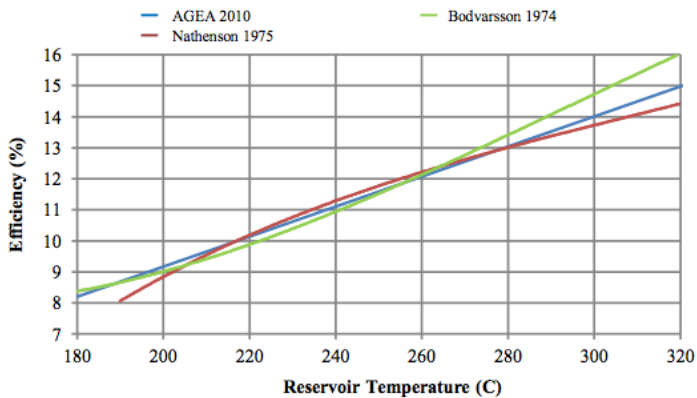
Kapasitas Terpasang, MW



sumber : diolah, IRENA-Capacity Statistik, 2017

Gambar 14 Kapasitas Terpasang Dunia Pembangkit Panas Bumi

Dalam mendisain pengembangan lapangan panas bumi untuk pembangkitan listrik, faktor efisiensi pembangkit menjadi salah satu faktor yang penting. Hal ini berkaitan langsung terhadap output listrik yang dihasilkan. Secara umum efisiensi pembangkit listrik panas bumi berkisar 10% dan relative lebih rendah dibanding pembangkit lainnya. Efisiensi ini merupakan perbandingan dari *net electric power generation* (MW_e) terhadap panas yang diproduksi (MW_{th}).



Sumber: Moon, H, and Zarrouk, S.J., Auckland University

Gambar 15 Efisiensi Pembangkit Panas Bumi Fungsi dari Temperatur

Pembiayaan terbesar dari pemanfaatan panas bumi untuk pembangkit listrik terletak pada pembangunan *power plant* yang mencapai 65% dari total investasi. Berbeda dengan *capital cost* pada pembangkit fosil hanya 22% namun biaya bahan bakar mencapai 67%. Pembangkit panas bumi tidak memiliki biaya bahan bakar, sehingga bila dibandingkan dengan biaya bahan bakar pada pembangkit fosil, proyek panas bumi ini cukup menarik.

Faktor yang mempengaruhi dari pembiayaan pembangkitan listrik panas bumi antara lain: kapasitas pembangkit, teknologi pembangkit, pengetahuan sumberdaya, temperatur, unsur kimia pada fluida panas bumi, kedalaman sumber dan permeabilitas, insentif pajak, pasar, *financial options and cost, time delays*.

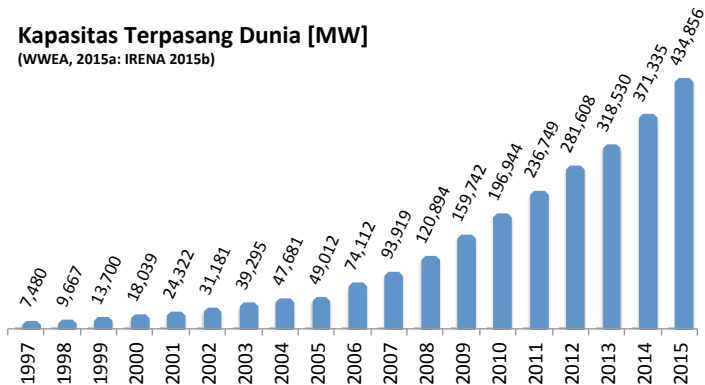
3.2.2.2 Teknologi Pembangkit Tenaga Angin

Manusia telah memanfaatkan tenaga angin kurang lebih 3000 Tahun yang lalu untuk pelayaran kapal di sungai Nil, hingga saat ini tenaga angin telah dimanfaatkan untuk menghasilkan listrik. Pada 1890 Denmark mendesain turbin angin modern pertama untuk membangkitkan listrik, dan saat ini kapasitas terbesar yang dihasilkan dari satu *wind turbin* sebesar 9.5 MW.

Pengertian dari *wind energy* adalah proses menangkap pergerakan angin dan mengubahnya menjadi energi mekanik. Angin yang merupakan gerakan udara - adalah hasil dari perbedaan suhu di tempat yang berbeda, perbedaan tekanan atmosfer yang menyebabkan udara bergerak. Energi kinetik udara bergerak (atau angin) ditransformasikan menjadi energi listrik oleh turbin angin atau sistem konversi energi angin. Angin memaksa rotor turbin berputar, mengubah energi kinetik menjadi energi rotasi dengan menggerakkan poros yang terhubung ke generator, sehingga menghasilkan energi listrik melalui elektromagnetisme.

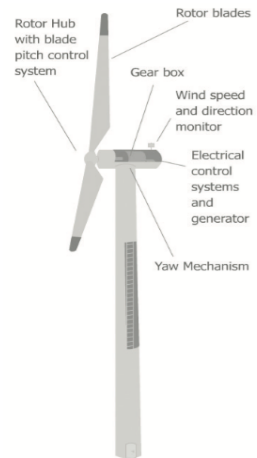
Sejak pembangkit tenaga angin sukses di Inggris dan Amerika pada 1890-an yang kemudian terus menyebar di seluruh Eropa, Amerika dan dunia hingga saat ini. Pertumbuhannya sangat signifikan mencapai 50 kali lipat dalam dua dekade terakhir, mulai 7.5 MW di 1997 menjadi 371 GW di 2014. Denmark menjadi Negara yang terdepan pada *wind turbine generation*, mengaplikasikan pertama

kali *offshore wind farm* di Tahun 1991 (IRENA, 2006). Berikut adalah kapasitas terpasang pembangkit tenaga angin diseluruh dunia.



Gambar 16 Kapasitas Terpasang Pembangkit Listrik Tenaga Angin di Dunia

Saat ini berbagai macam tipe dari wind turbine sudah diaplikasikan, namun pada umumnya yang digunakan secara komersial adalah *horizontal axis wind turbine*. Komponen penting dari wind turbine adalah kincir, *rotor hub*, *rotor shaft*, *the nacelle*, *rotor brake*, *gearbox*, *generator* dan *controller*, *tower* dan *transformer* seperti yang ditunjukkan pada Gambar 17.



Gambar 17 Komponen Wind Turbine

Pada awalnya wind turbine sangat mahal dan tidak mungkin skala besar di aplikasikan, namun R&D terus dilakukan. *Capacity factor* dari *wind turbine* saat ini sudah mengalami perbaikan dari 15% menjadi 30% (Rangi et al, 1992).

Pemanfaatan *wind turbine* berada di *onshore* dan *offshore*, apabila jumlah dari *wind turbine* terdiri dari beberapa di satu area maka disebut *wind farm*. Bagian dari *wind farm* adalah *wind turbine*, *monitoring facilities*,

substations dan *transmission cable*, bila di *offshore* terdapat fasilitas perbaikan.

Teknologi pada pembangkit tenaga angin adalah proses mengubah energi kinetik menjadi energi mekanik. Energi kinetik berasal dari aliran udara yang akan memutar kincir (*blade*) turbin kemudian melalui poros penggerak yang akan memberikan energi mekanik untuk menghidupkan generator. Komponen dari *wind turbine* ini dapat dilihat pada Gambar 17.

Ukuran turbin dan jenis sistem tenaga angin biasanya berhubungan. Saat ini, pada umumnya memiliki 3 bilah dengan diameter sapuan 80 sampai 100 meter yang berkapasitas 0.5 – 3 MW. Turbin skala kecil berkapasitas 100 kW, skala kecil ini dapat menghasilkan listrik yang dapat diepruntukan untuk rumah, *camp* pengungsi maupun peternakan.

Listrik yang dihasilkan dari turbin angin merupakan fungsi dari kecepatan angina, semakin cepat kecepatan angin energi yang dihasilkan akan meningkat. Dua kali lipat kecepatan angin meningkatkan output daya turbin angin dengan faktor delapan (EWEA, 2009). Angin pada umumnya memiliki kecepatan yang konstan dan lebih tinggi pada ketinggian yang lebih tinggi. Suhu udara juga memiliki efek yang baik, karena udara yang lebih padat (lebih dingin) memberi lebih banyak energi. "Kelancaran" udara juga penting. Turbulen udara mengurangi keluaran dan dapat meningkatkan beban pada struktur dan peralatan, meningkatkan kelelahan material, dan karenanya biaya operasi dan perawatan untuk turbin.

Generator Size MW	Rotor m	Ketinggian m	Produksi Tahunan MWh
3.0	90.0	80.0	7,089.0
3.0	90.0	90.0	7,497.0
3.0	112.0	94.0	10,384.0
1.8	80.0	80.0	6,047.0

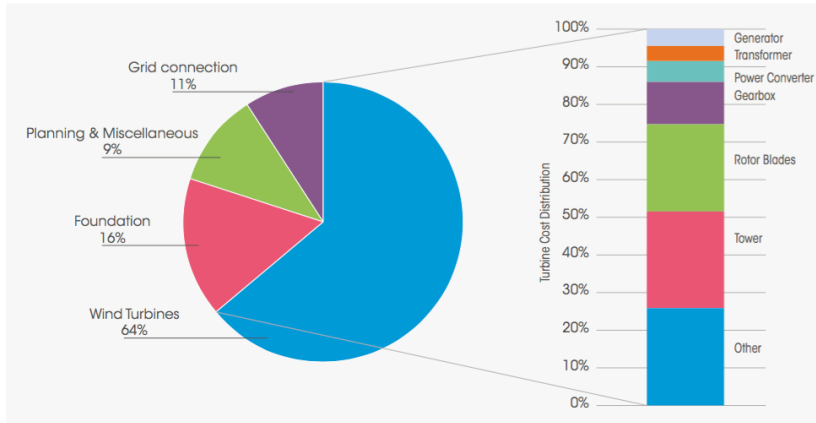
Sumber Nielsen, et al, 2010

Tabel 13 Dampak Ukuran Turbin, Diameter Rotor, dan Ketinggian Terhadap Produksi Tahunan

Walaupun kebutuhan modal untuk membangun pembangkit listrik tenaga angin dengan skala pemanfaatan koneksi grid cukup mahal, namun keuntungannya adalah tidak membutuhkan biaya bahan bakar. Parameter kunci keekonomiannya adalah:

- Biaya investasi (termasuk finansial proyek)
- Biaya operasi dan perawatan (*fixed* dan *variable*)
- Umur keekonomian
- Biaya modal (konstruksi bangunan)

Biaya yang dikeluarkan terbesar dari pemanfaatan pembangkit tenaga angin ini ada didepan yaitu *capital cost* (CAPEX) untuk wind turbines yang bias mencapai 84% (IRENA, 2012). Gambar 18 akan menjelaskan persentase dari biaya dari setiap tahap yang dilalui dari pemanfaatan pembangkit tenaga angin.



Sumber: (IRENA, 2012)

Gambar 18 Penjabaran Biaya Kapital untuk *Onshore Wind Turbine*

Cost share of (%)	Onshore	Offshore
Wind Turbine	64 - 84	30 - 50
Grid Connection	9 - 14	15 - 30
Construction	4 - 10	15 - 25
Other Capital	4 - 10	8 - 30
Capital Cost (USD/kW)	1280 - 2290	2700 - 5070

Sumber : IRENA-ESTAP, 2016

Tabel 14 Perbandingan Capital Cost untuk tipe *onshore* dan *offshore wind turbine*

Bila *onshore wind turbine* bagian terbesar adalah pada *wind turbine* yang mencapai 64 – 84%. Berbeda dengan *offshore* komponen *wind turbine* hanya maksimal 50% saja, karena *share* biaya konstruksi dan koneksi juga hampir sama dengan biaya *wind turbine*.

3.2.2.3 Teknologi *Biofuel*

Pemanfaatan *biofuel* untuk menjadi salah satu tulang punggung pemenuhan energi di Indonesia masih memiliki tantangan yang terus diupayakan terselesaikan. Kompetisi dengan makanan masih di titik puncak. Pemanfaatan teknologi diharapkan menjadi solusi yang ideal dalam mengurangi kompetisi tersebut. Arifin Y, 2013, produksi

biofuel generasi kedua sangat penting untuk mengurangi kompetisi makanan dengan bahan bakar.

Mari kita mengenal teknologi dalam pemanfaatan tumbuhan menjadi bahan bakar yang sering dikenal sebagai generasi 1 hingga generasi ke 3. Pada laporan yang diterbitkan oleh IEA Tahun 2008 dan buku tentang *biofuel* generasi 1 dan 2 oleh Kementan, 2014, menyebutkan :

1. Generasi 1 adalah *biofuel* yang dibuat dengan mengubah tanaman pangan yang ditanam di lahan pertanian utama menggunakan metode fermentasi ragi.
2. Generasi 2 adalah *biofuel* yang dibuat dari bahan non-pangan atau biomassa padat yang merupakan bahan berlignoselulosa.
3. Generasi 3 adalah pembuatan *biofuel* dari bahan hasil panen budi daya algae

	Generasi 1	Generasi 2	Generasi 3
Pro	Stabil, teknologi sudah dikenal, tergantung pada biaya bahan baku agar kompetitif dengan bahan bakar fosil	Pilihan geografi yang lebih luas; Biomassa yang lebih banyak	Dapat dibuat di mana saja dimana CO2 dan air ditemukan dalam konsentrasi yang cukup
Kontra	Terbuka kompetisi makanan vs bahan bakar, memiliki volatilitas harga komoditas bahan baku, serta keterbatasan geografis yang tidak selalu sesuai dengan kebutuhan bahan bakar.	Teknologi baru; Biaya modal tinggi; Masalah domestikasi dengan beberapa bahan baku seperti jarak pagar.	Teknologi baru; Masalah domestikasi dengan platform bahan baku seperti alga, cyanobacteria; Biaya modal tinggi

Sumber: <http://www.biofuelsdigest.com>

Tabel 15 Pro dan Kontra antar Teknologi Generasi *Biofuel*

Catatan: Penggunaan teknologi 3G atau 4G, meski canggih, seharusnya tidak menyiratkan bahwa ini adalah teknologi unggulan dalam hal viabilitas komersial. Beberapa kandidat tahap awal terbaik untuk *biofuel* maju skala komersial sebenarnya adalah perusahaan 2G. Biaya bahan baku, dan biaya modal dan biaya operasional

teknologi, merupakan faktor utama dalam daya tarik komersial, di atas dan di luar generasi teknologi yang digunakan.

Dalam laporannya di Tahun 2008, UNCTAD, mendefinisikan perbedaan secara umum dari generasi *biofuel* berdasarkan karakteristik bahan bakunya. Generasi pertama berasal dari biji, gandum atau gula, sedangkan generasi kedua berbasis lignoselulosa. Sebagai ilustrasinya dari masing-masing generasi dapat kita lihat pada Tabel di bawah ini.

First-generation biofuels (from seeds, grains or sugars)	Second-generation biofuels (from lignocellulosic biomass, such as crop residues, woody crops or energy grasses)
<ul style="list-style-type: none"> • Petroleum-gasoline substitutes <ul style="list-style-type: none"> ◊ Ethanol or butanol by fermentation of starches or sugars • Petroleum-diesel substitutes <ul style="list-style-type: none"> ◊ Biodiesel by transesterification of plant oils (FAME and FAEE) <ul style="list-style-type: none"> » Can be produced from various crops such as rapeseed (RME), soybeans (SME), sunflowers, coconut oil, palm oil, jathropa, recycled cooking oil and animal fats ◊ Pure plant oils (straight vegetable oil) 	<ul style="list-style-type: none"> • Biochemically produced petroleum-gasoline substitutes <ul style="list-style-type: none"> ◊ Ethanol or butanol by enzymatic hydrolysis • Thermochemically produced petroleum-gasoline substitutes <ul style="list-style-type: none"> ◊ Methanol ◊ Fischer-Tropsch gasoline ◊ Mixed alcohols • Thermochemically produced petroleum-diesel substitutes <ul style="list-style-type: none"> ◊ Fischer-Tropsch diesel ◊ Dimethyl ether (substitutes propane as well) ◊ Green diesel

Tabel 16 Perbedaan Generasi 1 dan 2 *Biofuel* (UNCATAD, 2008)

UNCTAD, 2016, isu yang terus berlanjut dampak dari meningkatnya permintaan akan *biofuel* dan biomaterial dari generasi pertama adalah meningkatnya tekanan untuk membuat perubahan penggunaan lahan yang mendukung produksi bahan baku biomassa. Isu tersebut antara lain:

- Perubahan penggunaan lahan langsung - misalnya dengan menghapus hutan untuk menghasilkan pertanian. Masalah ini dapat dikelola dengan memanfaatkan standar yang mengharuskan produksi berlangsung di lahan yang belum dikonversi bila dibandingkan dengan Tahun referensi.
- Perubahan penggunaan tanah tidak langsung, biasanya disebabkan oleh penawaran dan permintaan. Masalah ini dapat diatasi dengan menentukan bagaimana biomaterial tambahan dapat diproduksi tanpa mempengaruhi penggunaan lahan.

Brasil dan Amerika masih menjadi top produsen dari bioethanol dan biodiesel yang tercatat 94 miliar liter dan 30 miliar liter pada Tahun 2014, dengan Amerika memproduksi 80%. Pada pasar dunia, Brasil dan Amerika menguasai 74% produksi dunia, hal ini dikarenakan

kedua negara ini memiliki dukungan dari pemerintah terhadap industri *biofuel* nya. Pada Tabel di bawah ini menceritakan karakteristik dan biaya dari memproduksi secara konvensional (generasi pertama) dari *biofuel*.

Biofuel type	Feedstocks	Feedstock characteristics	Estimated production costs US\$ cents/litre
Biodiesel	Soy, rapeseed, mustard seed, palm, jatropha, waste vegetable oils and animal fats.	Range of feedstocks with different crop yields per hectare; hence, production costs vary widely among countries. Co-products include high-protein meal.	Soybean oil: 56–72 (Argentina); 100–120 (Global average). Palm oil: 100–130 (Indonesia, Malaysia, and other). Rapeseed oil: 105–130 (EU).
Ethanol	Sugar cane, sugar beets, corn, cassava, sorghum and wheat.	Range of feedstocks with wide yield and cost variations. Co-products include animal feed, heat and power from bagasse residues. Advanced biofuels are starting to become fully commercial and still have higher production costs.	Sugar cane: 82–93 (Brazil). Corn (dry mill): 85–128 (United States).

Source: REN21 (2015).

Tabel 17 Karakteristik dan Biaya *biofuel* Generasi Pertama

Menurut *International Energy Agency* (IEA), *biofuel* generasi kedua diproduksi dari selulosa, hemiselulosa atau lignin. Bahan bakar nabati tersebut dapat dicampur dengan bahan bakar berbasis minyak bumi atau digunakan dalam kendaraan yang disesuaikan (IEA, 2010). Bahan etanol selulosa dan bahan bakar *Fischer-Tropsch* adalah contoh *biofuel* generasi kedua. *Biofuel* generasi kedua menghasilkan output energi yang lebih besar daripada bahan bakar fosil, termasuk pilihan bahan baku yang jauh lebih besar (Carriguiry et al, 2011), meminimalkan persaingan di darat dan memiliki dampak lingkungan yang jauh lebih sedikit.

Biofuel generasi kedua dihasilkan dari biomassa dengan cara yang lebih berkelanjutan, yang benar-benar netral karbon atau bahkan karbon negatif dalam hal pengaruhnya terhadap konsentrasi CO². Dalam konteks produksi *biofuel*, istilah 'biomassa tanaman' mengacu terutama pada bahan lignoselulosa karena ini merupakan bahan makanan non-pangan murah dan berlimpah yang tersedia dari tanaman. Saat ini, produksi bahan bakar tersebut tidak efektif karena ada sejumlah hambatan teknis yang perlu diatasi sebelum potensinya dapat terwujud. Biomassa tanaman merupakan salah satu sumber hayati paling melimpah dan kurang dimanfaatkan di

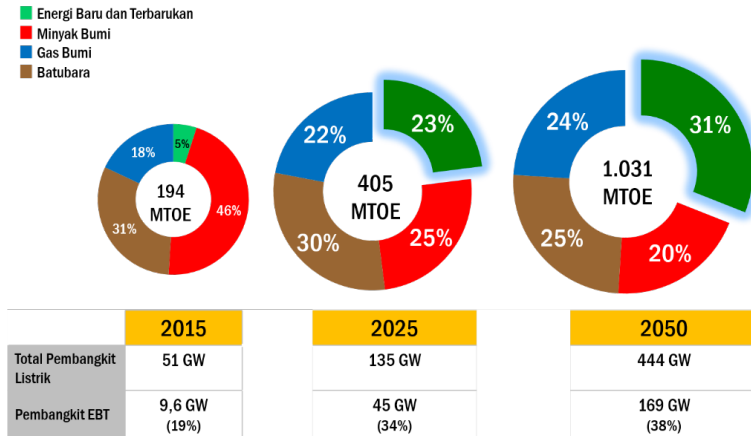
planet ini, dan dipandang sebagai sumber bahan baku bahan bakar dan bahan baku yang menjanjikan. Karena paling dasar, biomassa tanaman bisa dibakar agar menghasilkan panas dan listrik. Namun, ada potensi besar dalam penggunaan biomassa tanaman untuk menghasilkan *biofuel* cair. Biomassa tanaman sebagian besar terdiri dari dinding sel tanaman, yang biasanya 75% tersusun dari polisakarida. Polisakarida ini merupakan kumpulan gula potensial yang berharga, dan bahkan pada tanaman pangan tradisional seperti gandum (*Triticum aestivum*) ada banyak gula yang terikat pada batangnya karena ada di dalam tepung beras. Sampai saat ini, potensi banyak residu tanaman, seperti jerami dan serutan kayu, untuk menyediakan bahan baku gula untuk produksi *biofuel* belum direalisasikan. Namun, produksi *biofuel* dari produk sampingan pertanian hanya bisa memenuhi proporsi kenaikan permintaan bahan bakar cair. Hal ini telah menghasilkan minat yang besar dalam memanfaatkan tanaman biomassa yang berdedikasi sebagai bahan baku untuk produksi *biofuel*.

3.3 Kebijakan Pemanfaatan Energi Baru Terbarukan

Kebijakan sektor energi menjadi arah atau *guideline* bagi penyediaan dan pemanfaatan energi. Saat ini, pemerintah memiliki kebijakan energi nasional yang merupakan amanat dari undang-undang energi Tahun 2007 untuk membuat Rencana Umum Energi Nasional. Semangat dari kebijakan energi nasional ini adalah perubahan paradigma pemanfaatan energi, yang sebelumnya *supply side management* menjadi *demand side management*. Penyediaan energi fosil secara masif dimana energi terbarukan sebagai alternatif berubah menjadi kebutuhan energi yang efisien dengan memaksimalkan penyediaan dan permintaan dan energi fosil sebagai penyeimbang. Perubahan paradigma ini juga termasuk pemanfaatan energi sebagai modal pembangunan, bukan lagi sebagai komoditi. Eksplorasi dan eksploitasi sumber daya alam energi dilakukan sebagai bagian dari ketahanan energi nasional.

Kebijakan energi tertuang pada Peraturan Presiden Nomer 79 Tahun 2014 dengan target pemanfaatan energi di Tahun 2025 mencapai 400 MTOE dan 2050 sebesar 1000 MTOE dengan bauran diTahun

2025 adalah 25% untuk minyak bumi, 22% untuk gas bumi, 31% untuk batubara dan 23% untuk EBT, sedangkan pada Tahun 2050 minyak 20%, gas bumi 24%, batubara 25% dan EBT 31%.



Gambar 19 Target Bauran Energi Nasional

Awal Tahun 2017 pemerintah c.q Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral mengeluarkan Peraturan Menteri baru yaitu Permen Nomer 12 Tahun 2017 tentang pemanfaatan sumber energi terbarukan untuk penyediaan tenaga listrik. Semangat dari Peraturan Menteri ini adalah listrik untuk kesejahteraan masyarakat, diharapkan harga listrik menjadi lebih murah. Dengan harga listrik murah maka terjadi peningkatan penggunaan listrik untuk masyarakat dengan target rasio elektrifikasi menjadi 100%.

Perubahan mendasar dari permen ini dibandingkan permen sebelumnya adalah penentuan biaya pokok penyediaan pembangkitan yang sebelumnya berada pada investor saat ini berada pada PLN. Timbulnya prokontra terhadap Permen ini maka pada pertengahan Tahun 2017 terbitlah Permen perubahan untuk menyempurnakan Permen ESDM No. 12 Tahun 2017.

Box.2 Pro Kontra Permen ESDM 12/2017

Masih mudanya permen esdm nomer 12 Tahun 2017 yang baru diluncurkan di awal Tahun 2017 menuai prokontra dari para penggiat, dan investor energi baru terbarukan. Dimana ada pembatasan besaran biaya pokok penyediaan (BPP) sebesar 85% dari BPP nasional maupun setempat yang meruncingkan suasana penyediaan listrik dari energi baru terbarukan, ditambah dengan tidak adanya lagi subsidi bagi pengembang EBT, serta skema insentif belum tersedia. Tak sedikit yang kontra dengan permen ini, namun masih ada juga yang optimis bahwa kebijakan ini akan meningkatkan pemanfaatan EBT di Indonesia.

Pernyataan Iwa Gariwa (pengamat energi) yang diambil dari halaman sawitindonesia.com “harga listrik berbasis EBT yang berlaku ke depan menyebabkan investor mesti hitung ulang skala keekonomian”. Investor sawit memiliki minat tinggi pemanfaatan limbah sawit cair dan padat sebagai sumber pembangkitan listrik, saat ini terdapat 800 unit pabrik sawit di sleuruh Indonesia yang potensial menjadi sumber listrik energi baru terbarukan.

Fabby Tumiwa (*Direktur Eksekutif Institute for Essential Services Reform*), aturan baru yang mengatur harga maksimum listrik dari sejumlah energi baru terbarukan itu justru akan menghambat investasi di sektor tersebut. Namun bagi investor yang bisa mengakses sumber dana kondisi ini bisa menjadi pengecualian. (sumber: kompas.com)

Surya Darma (Ketua METI), penerbitan Permen ESDM No.12/2017 pemerintah mengulangi kesalahan seperti pada penetapan harga patokan untuk listrik panas bumi (Permen ESDM No. 14/2008), kebijakan pembatasan harga terbukti gagal dan akhirnya diganti. (sumber: okezone.com)

Prof. Rinaldy (Anggota DEN), “meskipun memiliki tantangan, namun tantangan penerapan kebijakan ini hanya sampai Tahun 2030 karena setelah 2030 dimana mulai Tahun tersebut harga listrik EBT sudah murah”. Selain itu, manfaat kebijakan ini adalah: produksi listrik EBT akan terserap, efisiensi PLN dan investor meningkat, harga listrik tertahan kenaikannya, pemerataan pembangunan energi terbarukan ke luar jawa, dan pembangunan listrik di daerah pedesaan terpucu. (sumber: bisnis.liputan6.com)

BAB IV ANALISIS PENYEDIAAN DAN PEMANFAATAN ENERGI BARU TERBARUKAN

Pemanfaatan energi terbarukan untuk pembangkit listrik masih banyak mengalami kendala mengingat biaya pembangkitannya relatif lebih mahal dari pada pemanfaatan energi fosil dan sebagian besar komponennya masih bergantung pada teknologi impor. Perencanaan pengembangan pembangkit yang berbasis keekonomian akan menghasilkan perencanaan yang lebih mengutamakan penggunaan energi fosil seperti batubara dan gas untuk pembangkit listrik di masa depan. Sedangkan berdasarkan Kebijakan Energi Nasional (KEN) dan Rencana Umum Energi Nasional (RUEN) sudah ditetapkan bahwa target pemanfaatan energi terbarukan dalam bauran energi nasional adalah sebesar 23% pada Tahun 2025. Sehingga perlu dilakukan evaluasi dampak yang terjadi bila target dalam RUEN dilaksanakan, khususnya biaya pembangkitan untuk pembangkit listrik

4.1 Perhitungan Dengan LCoE

Pebandingan keekonomian pembangkit listrik dapat didekati dengan perhitungan biaya pembangkitan atau sering disebut *levelized cost of electricity* (LCoE). LCoE adalah nilai sekarang dari total biaya pembangkitan listrik selama masa beroperasi. Hal ini sering dipakai sebagai *proxy* untuk harga rata-rata yang harus diterima pasar dengan mempertimbangkan biaya balik modal (*break even*) selama masa operasinya. Nilai LCoE ini dapat menjadi acuan bagi investor dalam keputusan berinvestasi dan juga dalam menentukan besarnya tarif listrik.

Jenis teknologi pembangkit listrik akan berpengaruh terhadap biaya pembangkitan listrik, karena setiap pembangkit mempunyai biaya investasi, biaya operasi dan perawatan, dan biaya bahan bakar yang berbeda-beda. Saat ini, pembangkit listrik berbahan bakar fosil relatif

lebih murah biaya pembangkitannya dibandingkan dengan pembangkit berbasis energi terbarukan.

Secara umum, struktur dari biaya pembangkitan listrik terdiri atas tiga komponen, yaitu:

- biaya investasi (*investment cost*)
- biaya operasi & pemeliharaan (*operation & maintenance cost*)
- biaya bahan bakar (*fuel cost*).

Model perhitungan LCOE yang digunakan adalah model *spreadsheet* dengan menggunakan rumus-rumus berikut ini.

$$LCOE = \text{BiayaInvestasi} + \text{BiayaO \& M} + \text{BiayaBahanBakar}$$

(1)

$$LCOE (\$/MWh) = \frac{FPM \times Cost}{Avail \times 8.760} + \frac{OM}{Avail \times 8.760} + \frac{0,860 \times BBB}{Eff} \quad (2)$$

dengan:

$$FPM = \frac{d \times (1 + d)^{T_{ekonom}}}{(1 + d)^{T_{ekonom}} - 1}$$

(3)

$$Cost = FdLC \times LC \quad (4)$$

$$FdLC = \sum_{i=1}^{T_{konstr}} (DisLC_i \times (1 + d)^{T_{konstr-i+0,5}}) \quad (5)$$

$$DisLC_i = \frac{DLC_i}{100} \quad (6)$$

$$Eff = \frac{EffTh}{100} \quad (7)$$

$$Avail = \frac{Av}{100} \quad (8)$$

Data faktor ketersediaan dapat juga dihitung dengan menggunakan *Force Outage* (FO) dan *Schedule Outage* (SO) seperti dinyatakan dengan Rumus 9.

$$Avail = 1 - \frac{FO}{100} - \frac{SO}{52} \quad (9)$$

Setiap simbol yang digunakan dalam rumus dijelaskan lebih lanjut pada Tabel 18.

Parameter	Simbol	Satuan
Faktor Ketersediaan	<i>Av</i>	%
Efisiensi <i>Thermal</i>	<i>EffTh</i>	%
<i>Forced Outage</i>	<i>FO</i>	%
<i>Schedule Outage</i>	<i>SO</i>	Minggu/Tahun
Umur Ekonomis	<i>Tekonom</i>	Tahun
Lama Pembangunan	<i>Tkonst</i>	Tahun
Biaya Investasi	<i>LC</i>	US \$/kW
Biaya O&M	<i>OM</i>	US \$/kW _y
Biaya Bahan Bakar	<i>BBB</i>	US \$/10 ⁶ kcal
<i>Discount Rate</i>	<i>d</i>	%
<i>Disbursement</i>	<i>DLC_i</i>	%

Tabel 18 Parameter, Simbol dan Satuan

4.2 Asumsi dan Skenario

4.2.1. Asumsi

Data yang dibutuhkan dalam perhitungan LCoE cukup beragam dan diperoleh dari studi literatur baik yang merupakan terbitan resmi dari Kementerian ESDM maupun dari institusi lain seperti PLN, *International Energi Agency* (IEA) maupun *International Renewable Energi Agency* (IRENA.).

Biaya operasi dan perawatan dalam perhitungan ini tidak dirinci lagi menjadi biaya operasi dan perawatan tetap (*fixed operating & maintenance*) dan biaya operasi dan perawatan variabel (*variabel operating & maintenance*) serta biaya transmisi dan distribusi listrik tidak masuk dalam perhitungan. Biaya bahan bakar hanya digunakan untuk pembangkit berbasis bahan bakar fosil, sedangkan untuk pembangkit energi terbarukan sama dengan nol.

Bahan Bakar	Harga		Nilai Kalor		Biaya Bahan Bakar
	Satuan	Nilai	Satuan	Nilai	USD/10 ⁶ kcal
Batubara	Rp/kg	662.46	kcal/kg	5700	8.43
BBM (FO)	Rp/liter	5,086	kcal/liter	9,500	38.84
Gas Bumi	Rp/MMSCF	105,918	kcal/MMSCF	252,000,000	30.49
Cangkang Sawit	Rp/kg	550	kcal/kg	4,453	8.96

Tabel 19 Biaya Bahan Bakar

Suku bunga diskonto (*discount rate*) diambil sama untuk semua pembangkit yaitu sebesar 10%. *Disbursement* merupakan persentase pencairan dana selama konstruksi. Suku bunga selama konstruksi akan memberikan penambahan biaya pada biaya investasi yang disebut bunga selama konstruksi (IDC - *Interest During Construction*). Besarnya biaya serta parameter lainnya ditunjukkan pada Tabel 20.

Parameter	Simbol	Unit	PLTU B	PLTG	PLTGU	PLTMG	PLTD	PLTA
Kapasitas Terpasang	Cap	MW	1000	200	400	20	10	200
Forced Outage	FO	%	13	7	7	15	15	10
Scheduled Outage	SO	Minggu/Tahun	8	4	4	10	10	5
Faktor ketersediaan	Avail	%	0	0	0	0	0	0
Efisiensi thermal	EffTh	%	38.9	26	45	34	38	35
Umur ekonomis	tEkonom	Tahun	30	25	20	20	20	30
Waktu konstruksi	tKonst	Tahun	4	2	3	1	1	5
Biaya Investasi	LC	US\$/kW	1250	400	680	830	900	1500
Biaya O&M	OM	US\$/kWY	27.9	9.1	11.64	11.64	15	9.5
Harga bahan bakar	HargaBB	US\$/10 ⁶ kcal	8.43	30.49	30.49	38.84	38.84	0
Discount Rate	DiscRate	%	10	10	10	10	10	10
Parameter	Simbol	Unit	PLTMH	PLTP	PLTB	PLTS	PLTBm	PLTSa
Kapasitas Terpasang	Cap	MW	10	55	20	5	5	1.5
Forced Outage	FO	%	15	8	30	40	15	10
Scheduled Outage	SO	Minggu/Tahun	10	6	20	25	10	8
Faktor ketersediaan	Avail	%	0	0	0	0	0	0
Efisiensi thermal	EffTh	%	35	15	30	10	30	31
Umur ekonomis	tEkonom	Tahun	15	25	25	25	25	25
Waktu konstruksi	tKonst	Tahun	1	3	1	1	1	1
Biaya Investasi	LC	US\$/kW	2400	1750	2999	1200	4060	3733
Biaya O&M	OM	US\$/kWY	11.5	30	92	19	71.64	290
Harga bahan bakar	HargaBB	US\$/10 ⁶ kcal	0	8.18	0	0	8.96	0
Discount Rate	DiscRate	%	10	10	10	10	10	10

Tabel 20 Data untuk Perhitungan LCoE

4.2.2. Skenario

Dalam perencanaan ini dibuat tiga buah skenario, yaitu: skenario BAU (*Business as Usual*), skenario RUEN dan skenario investasi murah (INV.MURAH).

- **Skenario BAU**

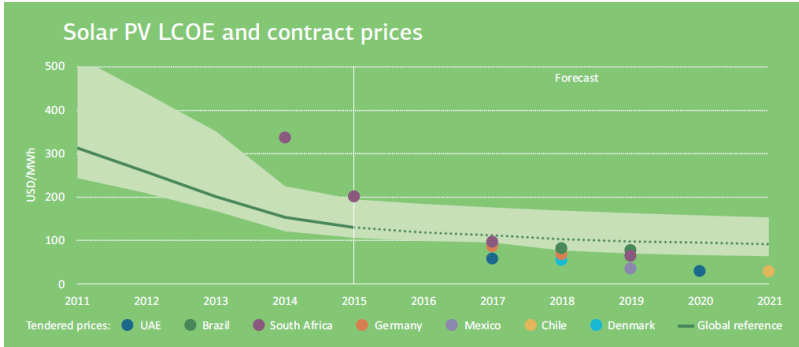
Skenario BAU mengasumsikan pertumbuhan ekonomi dan penduduk tumbuh sesuai dengan perkembangan historis. Dalam perencanaan ini dipertimbangkan pertumbuhan ekonomi rata-rata untuk periode 2015 – 2025 sebesar 5,8% per Tahun sedangkan pertumbuhan penduduk sebesar 1,1% per Tahun. Belum ada upaya yang sistematis untuk melakukan konservasi energi.

- **Skenario RUEN**

Dalam skenario RUEN asumsikan pertumbuhan ekonomi dan penduduk sama dengan skenario BAU, namun sudah disertai upaya untuk melakukan konservasi energi. Disamping itu target bauran energi terbarukan sesuai dengan RUEN.

- **Skenario INV.MURAH**

Skenario investasi murah (INV.MURAH) menggunakan asumsi sama dengan skenario RUEN, ditambah dengan adanya penurunan biaya investasi untuk PLTS dan PLTB. Penurunan biaya investasi sebesar 0.73 pada Tahun 2015 dan sebesar 0.95 pada Tahun 2025 dibandingkan investasi pada Tahun 2015. Penurunan ini didasarkan pada perhitungan IEA yang memprakirakan terjadi penurunan biaya pembangkitan untuk teknologi PLTS jangka panjang seperti ditunjukkan pada Gambar 19.

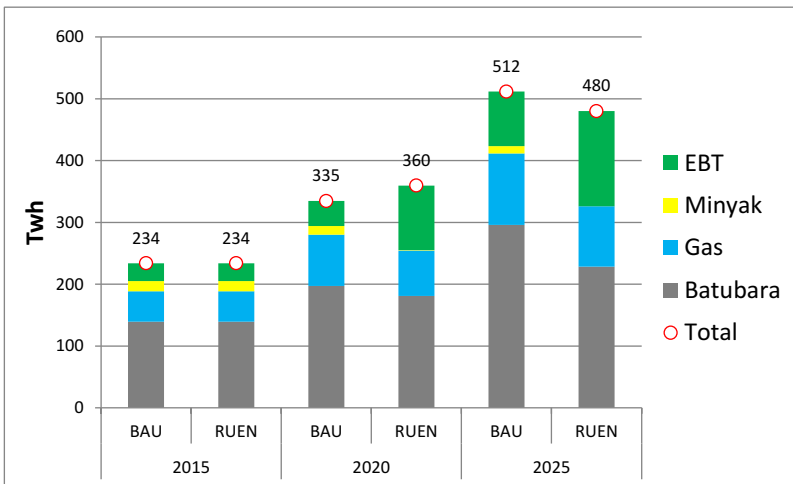


Sumber: IEA (2017)

Gambar 20 Penurunan LCoE untuk PLTS

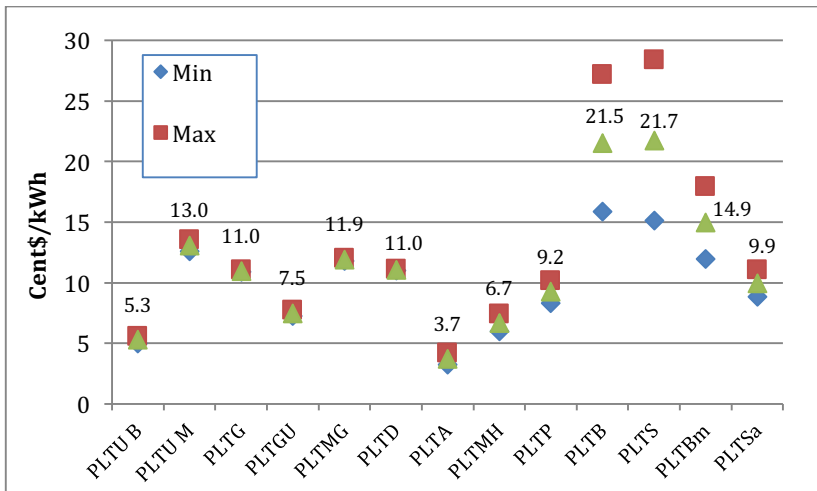
4.3 Hasil Perhitungan

Dengan mengacu pada skenario di atas pembangkitan listrik dapat ditunjukkan pada Gambar 20 Pada skenario BAU pembangkitan pada Tahun 2025 lebih tinggi dari pada skenario RUEN karena belum ada program konservasi.



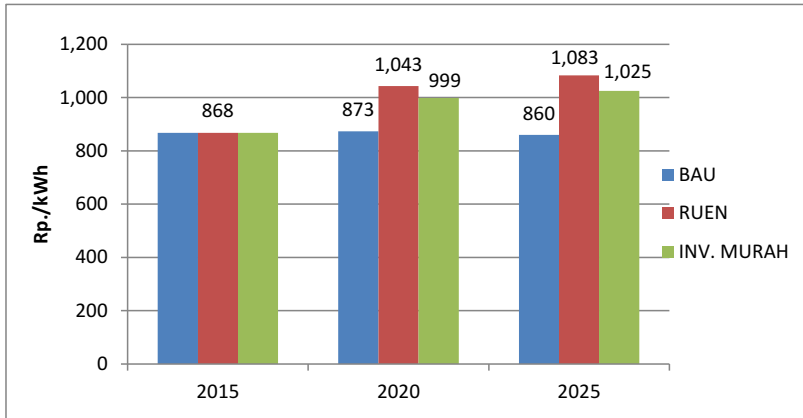
Gambar 21 Pembangkitan Listrik untuk Skenari BAU dan RUEN

Berdasarkan perhitungan LCOE dapat dirangkum biaya pembangkitan listrik, baik yang menggunakan energi fosil maupun energi baru terbarukan seperti ditunjukkan pada Gambar 21. Biaya ini sangat tergantung dari biaya bahan bakar maupun teknologi pembangkit. Disparitas wilayah Indonesia menyebabkan adanya rentang biaya pembangkitan dan dalam perhitungan LCOE ini, faktor tersebut dicantumkan sebagai nilai bawah (*min*) dan nilai atas (*max*). Dari gambar terlihat bahwa pembangkit listrik dengan menggunakan energi fosil relatif lebih murah dari pada menggunakan energi baru terbarukan, kecuali untuk PLTA dan PLTMH. PLTA dan PLTMH meskipun murah tetapi tidak semua lokasi mempunyai potensi untuk bisa dikembangkan.



Gambar 22 Perhitungan LCoE untuk Setiap Pembangkit

Dengan menggunakan harga rata-rata LCOE di atas dan diterapkan untuk pembangkitan listrik baik skenario BAU dan skenario RUEN maka dapat ditentukan biaya pembangkitan listrik rata-rata. Disamping itu perhitungan juga diterapkan untuk skenario investasi murah dengan basis pembangkitan listrik pada skenario RUEN. Hasil perhitungan ditunjukkan pada Gambar 22.



Gambar 23 Perbandingan Rata-rata Biaya Pembangkitan

Biaya pembangkitan listrik pada Tahun 2015 berdasarkan perhitungan LCOE sebesar 868 Rp./kWh. Pada skenario BAU sampai Tahun 2025 relatif tidak ada perubahan biaya pembangkitan. Pada skenario RUEN, pada Tahun 2020 biaya pembangkitan akan meningkat sebesar 19% pada Tahun 2025 meningkat lagi menjadi 26% terhadap skenario BAU. Pengurangan biaya investasi untuk PLTS dan PLTB tetap akan meningkatkan biaya pembangkitan, yakni sebesar 14% pada Tahun 2020 dan 19% pada Tahun 2025.

BAB V KESIMPULAN DAN REKOMENDASI

Berdasarkan analisis penyediaan dan pemanfaatan energi serta perhitungan LCoE untuk berbagai jenis pembangkit di Indonesia maka dapat dirangkum kesimpulan dan rekomendasi sebagai berikut.

5.1. Kesimpulan

- Ketergantungan sektor energi terhadap bahan bakar fosil harus dikurangi, mengingat energi fosil merupakan jenis energi yang tidak dapat diperbarui. Hal ini sudah diamanatkan dalam KEN maupun dalam RUEN dengan menetapkan target pemanfaatan EBT sebesar 23% terhadap bauran energi nasional.
- Hasil perhitungan LCoE menunjukkan bahwa pembangkit EBT ada yang bisa kompetitif bila dibandingkan dengan pembangkit fosil yaitu PLTA dan PLMH, namun ketersediaan sumber daya untuk kedua pembangkit ini sangat tergantung wilayah.
- Pada skenario BAU relatif tidak ada perubahan biaya pembangkitan sampai dengan Tahun 2025. Pada skenario RUEN, biaya pembangkitan akan meningkat sebesar 19% (2020) dan meningkat lagi menjadi 26% (2025) terhadap skenario BAU. Pengurangan biaya investasi untuk PLTS dan PLTB tetap akan meningkatkan biaya pembangkitan, yakni sebesar 14% (2020) dan 19% (2025).

5.2. Rekomendasi

- Perlu komitmen pemerintah untuk mendorong pengembangan pembangkit listrik dari energi baru terbarukan melalui berbagai kebijakan insentif tanpa harus membebani konsumen listrik dengan kenaikan tarif listrik.
- Sejalan dengan kebijakan tersebut, industri dalam negeri juga perlu didorong untuk mampu memasok komponen teknologi

pembangkitan listrik berbasis energi terbarukan sehingga bisa mengurangi ketergantungan terhadap impor teknologi. Melalui pengembangan industri dalam negeri ini diharapkan biaya investasi pada pembangkit listrik energi terbarukan akan dapat menurun dan pada akhirnya nilai biaya pembangkitan listrik akan turun.

DAFTAR PUSTAKA

- Ackermann, T., 2005, *Wind Power in Power Systems*, Royal Institute of Technology, Stockholm, Sweden
- Arifin, Y., Tanudjaja, E., Dimiyati, A., Pinontoan, R., 2014, *A Second Generation Biofuel from Cellulosic Agricultural By-product Fermentation Using Clostridium Species for Electricity Generation*.
- Bappenas (2013) *Proyeksi Penduduk Indonesia 2010-2035*, Badan Perencanaan Pembangunan Nasional bekerja sama dengan Badan Pusat Statistik dan United Nations Population Fund, Jakarta.
- BWEA Briefing Sheet (2005) : *Wind Turbine Technology*.
- CDIEMR (2016) *Handbook of Energy and Economic Statistics of Indonesia 2016*, Center for Data and Information on Energy and Mineral Resources, Ministry of Energy and Mineral Resources, Jakarta.
- DEN (2016) *Outlook Energi Indonesia 2016*, Sekretariat Jenderal, Dewan Energi Nasional, Jakarta.
- Ditjen EBTKE (2016) *Statistik Energi Baru dan Terbarukan 2016*, Direktorat Jenderal Energi Baru Terbarukan dan Konservasi Energi, Kementerian ESDM, Jakarta.
- Ditjen Migas (2015) *Statistik Minyak dan Gas Bumi 2015*, Direktorat Jenderal Minyak dan Gas Bumi, Kementerian ESDM, Jakarta.
- Ditjen Migas (2017) *Neraca Gas Bumi Indonesia Tahun 2016-2035*, Direktorat Jenderal Minyak dan Gas Bumi, Kementerian ESDM, Jakarta.
- DJK (2016) *Statistik Ketenagalistrikan 2015*, Direktorat Jenderal Ketenagalistrikan, Kementerian ESDM, Jakarta.
- Eliasson, E.T., Thorhallsson, S., Steingrimsson, B., 2011, *Geothermal Power Plants*.
- Freeston, D.H., 1991, *Small Geothermal Power Plant Development*, Geothermal Institute, University of Auckland.
- Geothermal Energy Association, 2014, *The Economic Costs and*

Benefits of Geothermal Power.

- IEA (2008) *From 1st to 2nd Generation Biofuels Technologies.*
- IEA (2010) *Sustainable Production of Second-Generation Biofuels.*
- IEA (2015) *Projected Costs of Generating Electricity*, International Energy Agency, Paris.
- IEA (2017) *Energy Technology Perspective 2017: Catalysing Energy Technology Transformations*, International Energy Agency, Paris.
- IEA (2017a) *Tracking Clean Energy Progress 2017*, International Energy Agency, Paris.
- IRENA, 2016, *Wind Power Technology Brief.*
- KESDM (2015) *Rencana Strategis 2015 – 2019*, Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral, Jakarta.
- Moon, H., Zarrouk, S.J., *Efficiency of Geothermal Power Plants: A Worldwide Review*, Departemen of Engineering Science, University of Auckland.
- Naik, S.N., Goud V.V., Rout P.K., Dalai A.K., *Production of First and Second Generation Biofuels: A Comprehensive Review.*
- Nasrullah, M. dan Nuryanti (2013) *Studi Perbandingan Biaya Pembangkitan Listrik Teraras pada Pembangkit Energi Terbarukan dan PLTN*, Prosiding Prosiding Seminar Nasional Sains dan Teknologi Nuklir, hal. 674-681, Batan, Jakarta.
- PLN (2015) *Statistik PLN 2015*, PT PLN (Persero), Jakarta.
- PLN (2017) *Rencana Usaha Penyediaan Tenaga Listrik PT PLN (Persero) 2017-2026*, PT PLN (Persero), Jakarta.
- Pusdatin ESDM, 2017, *Handbook of Energy Economic Statistics of Indonesia.*
- Royal Academy of Engineering, 2014, *Wind Energy: Implication of Large-scale Deployment on the GB Electricity System.*
- Sugiyono, A. (2013) *Perbandingan Biaya Sosial Dari Pembangkit Listrik Energi Fosil dan Pembangkit Listrik Energi Baru Terbarukan*, Prosiding Seminar Nasional Pengembangan Energi Nuklir, hal. 358-364, Batan, Jakarta.
- UNCTAD, 2016, *Second Generation Biofuel Markets: State of Play Trade and Developing Country Perspectives.*