

BIOFUEL B100 ENERGI MASA DEPAN DUNIA



Penulis:
Andi Amran Sulaiman | Kasdi Subagyono | Fadjry Djufry | Pantjar Simatupang
Deciyanto Soetopo | Mat Syukur | Dibyo Pranowo | Maman Herman
Asif Aunillah | Bambang Prastowo



BIOFUEL B100
ENERGI MASA DEPAN DUNIA

BIOFUEL B100
ENERGI MASA DEPAN DUNIA

Penulis :

Andi Amran Sulaiman
Kasdi Subagyono
Fadjry Djufry
Pantjar Simatupang
Deciyanto Soetopo
Mat Syukur
Diby Pranowo
Maman Herman
Asif Aunillah
Bambang Prastowo

IAARD PRESS

Biofuel B100 Energi Masa Depan Dunia
@2019 IAARD PRESS

Edisi 1 : 2019

Hak cipta dilindungi Undang-undang
@IAARD PRESS.

Katalog dalam terbitan (KDT)

BIOFUEL B100: Energi Masa Depan Dunia

/ Andi Amran Sulaiman... [dkk.].-Jakarta : IAARD Press, 2019.

xiii, 135 hlm.; 21 cm.

ISBN: 978-602-344-256-0

662.756

1. Biofuel 2. Energi

I. Sulaiman, Andi Amran

Penulis:

Andi Amran Sulaiman

Kasdi Subagyono

Fadjry Djufry

Pantjar Simatupang

Deciyanto Soetopo

Mat Syukur

Diabyo Pranowo

Maman Herman

Asif Ainullah

Bambang Prastowo

Copy Editor:

Syahyuti

Perancang cover dan Tata letak :

Tim Kreatif IAARD Press

Penerbit

IAARD PRESS

Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian

Jl. Ragunan No 29, Pasar Minggu, Jakarta 12540

Email: iaardpress@litbang.pertanian.go.id

Anggota IKAPI No: 445/DKI/2012

PENGANTAR

Indonesia merupakan produsen dan pengekspor komoditi kelapa sawit serta turunannya termasuk CPO dengan nilai terbesar di dunia. Indonesia sudah unggul sebagai negara yang terbesar penggunaan B20 yang sudah digunakan dalam sektor industri maupun otomotif di dalam negeri maupun untuk kebutuhan ekspor.

Melalui program B20 kita terbesar di Dunia dalam memanfaatkan pemakaian biodiesel, sementara saat ini Malaysia baru menuju B10 dari B7. Kita optimis ke depannya dapat mewujudkan B100 sesuai arahan Bapak Joko Widodo, Presiden RI. Penggunaan *biofuel* tidak hanya mengurangi impor bahan bakar fosil yang menyebabkan devisa kita lari ke luar negeri, namun juga menjaga kedaulatan energi dan ekonomi nasional. Saat ini kita telah memproduksi kurang lebih 46 juta minyak sawit yang meliputi 38 juta ton CPO dan 7,6 juta ton PKO. Sebanyak 34 juta ton CPO telah kita ekspor. Menghadapi tekanan dunia internasional terhadap sawit kita yang masih negatif, apabila kita dapat mengurangi ekspor dan dimanfaatkan untuk *biofuel*, akan mengurangi ketergantungan dengan pasar internasional.

Buku ini bertujuan sebagai pedoman bagi para pemangku kepentingan (*stakeholders*) untuk mengambil kebijakan dalam pengembangan *biofuel* dan menambah wawasan para pelaku usaha untuk berinvestasi di perkebunan kelapa sawit dan memproduksi *biofuel*. Dalam buku ini disajikan fakta dan data yang akurat dan objektif untuk memberikan gambaran kondisi saat ini ketersediaan bahan bakar fosil, potensi membangun

biofuel, kebijakan strategi dan rencana aksi membangun *biofuel*, dan langkah-langkah mengimplementasikan B-100 dengan dilengkapi perhitungan ekonomi.

Saya ucapkan terima kasih atas dukungan semua pihak dalam penyusunan buku ini. Saya berharap saran dan masukan dari berbagai pihak sehingga buku ini menjadi lebih baik.

Jakarta, Maret 2019

Andi Amran Sulaiman

DAFTAR ISI

PENGANTAR	v
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR TABEL.....	ix
DAFTAR GAMBAR	xi
Bab 1. Menipisnya Cadangan Energi Fosil Dan Pentingnya <i>Biofuel</i> untuk Penyeimbang	1
Apakah Energi Fosil dan <i>Biofuel</i> ?.....	2
Dominasi Energi Fosil dalam Bauran Energi.....	6
Bahaya Laten Ketergantungan pada Energi Fosil	8
Biofuel Solusi Energi Masa Depan	19
Bab 2. Ketersediaan dan Kebutuhan Bahan Bakar Minyak (BBM) 31	
Produksi Bahan Bakar Minyak	32
Ketersediaan Bahan Bakar Minyak	34
Konsumsi Bahan Bakar Minyak.....	37
Potensi Kekurangan BBM asal minyak fosil	40
BAB 3. Potensi Besar Membangun Biofuel	51
Potensi Produksi Pertanian Non-pangan	52
Produksi dan Ketersediaan <i>Crude Palm Oil</i> (CPO) untuk <i>Biodiesel</i>	56
Ketersediaan Inovasi <i>Biofuel</i>	58
Peralatan untuk Pemanfaatan Minyak Nabati (CPO, Minyak Kelapa, Minyak Kemiri Sunan).....	61

BAB. 4 Kebijakan, Strategi dan Rencana Aksi Membangun Biofuel	65
4.1. Rencana Umum Energi Nasional.....	66
4.2. Kebijakan dan Strategi Pengembangan Biofuel.....	70
4.3. Pengembangan Energi Nasional.....	71
4.4. Rencana Aksi Pengembangan Biofuel.....	79
BAB 5. Pengembangan Biofuel Ramah Lingkungan	83
5.1. Pemanfaatan CPO untuk Pengembangan Biofuel.....	83
(1) Transesterifikasi dengan methanol	85
(2) Proses Hydrorefining	85
(3) Co-Processing with Oil Refinery.....	85
5.2. Inovasi Pengembangan Biofuel Ramah Lingkungan....	87
BAB 6. Dari Inovasi Biodiesel B20 – B100.....	95
6.1. Perkembangan Biodiesel B-20 Hingga B-100	96
6.2. Inovasi Biodiesel B-100.....	97
BAB 7. Manfaat Ganda Pengembangan Industri Biodiesel Asal Kelapa Sawit.....	103
7.1. Analisis Ekonomi Biodiesel	104
7.2. Manfaat Ganda Pengembangan Industri Biodiesel.....	110
DAFTAR PUSTAKA	119
INDEKS	129
TENTANG PENULIS.....	131

DAFTAR TABEL

Tabel 1.	Skenario produksi nasional energi primer terbarukan 2015-2050.....	21
Tabel 2.	Rata-rata tingkat emisi biodiesel relatif terhadap solar (%)	28
Tabel 3.	Data Produksi BBM Dalam Negeri 2015-2017 (ribu kiloliter).....	37
Tabel 4.	Pertanaman Kemiri Sunan di Indonesia	53
Tabel 5.	Tanaman Penghasil Minyak Nabati di Indonesia.....	54
Tabel 6.	Stok akhir CPO setelah digunakan untuk berbagai keperluan di Indonesia tahun 2015 – 2019 (ribu ton)	58
Tabel 7.	Indikasi Rencana Pengembangan Bioenergi per Provinsi Tahun 2015-2025	73
Tabel 8.	Perbandingan bahan baku dan produk yang dihasilkan dari proses transesterifikasi, <i>Green diesel standalone</i> , dan <i>co-processing</i> (Syarif, 2018).	86
Tabel 9.	Perbandingan Kualitas Biodiesel (FAME), <i>Green Diesel</i> dan Fosil Diesel	87
Tabel 10.	Hasil analisa biodiesel B100 dari CPO dan kemiri sunan produksi Laboratorium Bioenergi Kementerian Pertanian di Sukabumi	99
Tabel 11.	Perbandingan hasil uji laboratorium pada traktor roda dua menggunakan biodiesel dan solar	100
Tabel 12.	Harga Pokok Produksi Biodiesel B-100 per Liter (Bulan Februari 2019).....	108

Tabel 13. Perkiraan dampak peningkatan produksi biodiesel 2019 .	115
Tabel 14. Perkiraan dampak pengembangan industri biodiesel terhadap angka kemiskinan dan serapan tenaga kerja nasional	117

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Bauran konsumsi energi primer global 1800-2017 (Ritchie and Roser, 2019b)	7
Gambar 2. Estimasi kurva Hubert Peak Oil dan data produksi minyak actual di Amerika Serikat (Ritchie and Roser, 2019b).....	10
Gambar 3. Perkiraan produksi BBF global 1900-2096	11
Gambar 4. Perkiraan lama ketersediaan cadangan bahan bakar (Ritchie and Roser, 2019b)	12
Gambar 5. Perkiraan produksi minyak dan gas bumi Indonesia, 1966-2020 (PWC, 2018)	13
Gambar 6. Jumlah ekspor minyak kasar global menurut wilayah asal (Ritchie and Roser, 2019b).....	14
Gambar 7. Dinamika minyak dunia dan kejadian luar biasa penyebabnya (Shea, 2019).....	16
Gambar 8. Emisi CO ₂ global (Ritchie and Roser, 2019a)	18
Gambar 9. Emisi CO ₂ (atas) dan GHG (bawah) dunia dirinci menurut sektor (Ritchie and Roser, 2019b)	19
Gambar 10. Perbandingan ongkos produksi listrik menurut sumber energi primer (Ritchie and Roser, 2019 b)	26
Gambar 11. Tingkat kematian terkait produksi energi (orang/TWh ..	29
Gambar 12. Grafik perkembangan produksi dan konsumsi BBM Indonesia 1965-2017.....	38
Gambar 13. Konsumsi Jenis BBM menurut Harga Jual per tahun	39

Gambar 14. Cadangan minyak terbukti dan potensial 2012-2016.....	41
Gambar 15. Peta cadangan minyak mentah 2016	42
Gambar 16. Perkembangan volume ekspor dan impor minyak mentah Indonesia 1996-2018 (BPS, 2019)	45
Gambar 17. Perkembangan nilai ekspor dan impor minyak mentah Indonesia 1996-2017 (Milyar US \$)	46
Gambar 18. Perkembangan volume ekspor dan impor hasil minyak 1996-2017 (ribu ton)	46
Gambar 19. Perkembangan nilai ekspor dan impor hasil minyak Indonesia 1996-2017 (Juta US\$).....	47
Gambar 20. Volume impor BBM berdasarkan jenisnya	48
Gambar 21. Perkembangan Luas Pertanaman Kelapa Sawit di Indonesia.....	57
Gambar 22. Perbandingan luas areal menurut status perusahaan tahun 2018.....	57
Gambar 23. Perbandingan Produksi menurut status perusahaan tahun 2018.....	58
Gambar 24. Kompor tekan dengan bahan bakar minyak nabati (CPO, minyak kelapa dll), tipe lama (a), dan tipe baru (b)	61
Gambar 25. a) Mesin penyangrai kopi; b) menggunakan kompor tipe tekan; c) Pembakaran dengan bakar minyak nabati (CPO, minyak kelapa, minyak kemiri sunan dll)	62
Gambar 26. Kiri: Reaktor multifungsi dengan Sistem Metanol Recovery untuk membuat biodiesel/B100 rekayasa Kementan di Instalasi Bioenergi di Pakuwon; Kanan: Mentan RI saat meninjau pengembangan biodiesel 100% (B100) di Balai Penelitian Tanaman Industri dan Penyegar (Balittri, Sukabumi)	63

Gambar 27. Sasaran Bauran Energi Nasional 2025 (Sumber : PP 79/2014 tentang Kebijakan Energi Nasional)	69
Gambar 28. Sasaran Bauran Energi Nasional 2050	69
Gambar 29. Stasiun Pengisian Bahan Bakar Biodiesel di lingkungan kantor pusat Kementerian Pertanian di Jakarta (kiri) dan Balittri di Sukabumi (Kanan)	81
Gambar 30. Penggunaan biodiesel B100 untuk kendaraan dinas Kementerian Pertanian	81
Gambar 31. Lokasi karet pada sistem bahan bakar konvensional (Akhlaghi <i>et al.</i> , 2015)	82
Gambar 32. Kebutuhan energi final per jenis (Pusat Pengkajian Industri Proses dan Energi-BPPT, 2018)	84
Gambar 33. Skema pengolahan minyak kelapa sawit (Syarif, 2018). .	86
Gambar 34. Beberapa jenis minyak nabati sebagai bahan baku biodiesel	90
Gambar 35. Pengembangan tanaman kemiri sunan sebagai penghasil biofuel di lahan bekas tambang batu bara di Kabupaten Kutai Kartanegara, Kalimantan Timur.	93
Gambar 36. Pengembangan kemiri sunan sebagai tanaman penghasil biofuel dan tanaman konservasi di lahan penyangga waduk Gajah Mungkur Kabupaten Wonogiri, Jawa Tengah	93
Gambar 37. Pengembangan tanaman kemiri sunan sebagai penghasil biofuel di lahan penyangga waduk Jati Gede di Kabupaten Sumedang, Jawa Barat.	94
Gambar 38. Pengembangan tanaman kemiri sunan sebagai penghasil biofuel di lahan kering iklim kering di Kabupaten Ngada, NTT	94
Gambar 39. Perbandingan konsumsi bahan bakar antara B50 dan solar (PPKS, 2019)	97

Gambar 40. Hasil jelaga pada silinder head dan torak/piston101

Gambar 41. Perkembangan Harga Indeks Pasar Biodiesel Periode
April 2018-April 2019 (sumber : EBTKE – ESDM,2019)...108

Bab 1.

Menipisnya Cadangan Energi Fosil dan Pentingnya *Biofuel* untuk Penyeimbang

Berdasarkan proses dan ketersediaan sumbernya, energi dibedakan menjadi energi tidak terbarukan dan energi terbarukan. Energi tidak terbarukan adalah energi yang ketersediaannya sumbernya tidak dapat dipulihkan atau membutuhkan proses yang sangat lama. Contoh energi tak terbarukan ialah energi fosil termasuk bahan bakar minyak, batubara dan gas bumi. Energi fosils disebut pula sebagai energi konvensional yang telah mendominasi bauran energi global maupun nasional sejak pertengahan abad 19. Masyarakat dunia kini menyadari bahwa energi fosil tak terbarukan dan menimbulkan pencemaran lingkungan sehingga perlu diseimbangkan dengan penggunaan energi bersih dan terbarukan. *Biofuel* dipandang sebagai salah satu sumber energi terbarukan yang dapat dikembangkan sebagai penyeimbang atau bahkan pengganti energi fosil.

Berikut diuraikan status perkembangan cadangan, produksi konsumsi energi fosil dan implikasinya terhadap ketahanan energi energi, ekonomi dan lingkungan alam pada tataran global dan nasional, serta urgensi pengembangan *biofuel* sebagai alternatif sumber energi. Tinjauan ini diharapkan dapat menambah pemahaman atau referensi terkait pengembangan *biofuel* yang sudah dilaksanakan di Indonesia sejak 2008. Tinjauan

mencakup makna energi fosil dan biofuel, status kemajuan bauran energi pada tataran global dan nasional (Indonesia), bahaya laten ketergantungan yang tinggi pada bahan bakar fosil, dan multi manfaat pengembangan Bahan Bakar Nabati (BBN).

Apakah Energi Fosil dan *Biofuel*?

Energi adalah kemampuan untuk melakukan pekerjaan. Energi terwujud dalam bentuk panas (termal), cahaya (radian), gerakan (kinetik), listrik, kimia, energi nuklir dan gravitasi. Energi terdiri dari dua jenis, energi tersimpan (potensial) dan energi kerja (kinetik). Energi esensial bagi segala sesuatu agar dapat hidup dan atau bergerak. Energi adalah kebutuhan dasar kehidupan yang berfungsi sebagai bahan baku dan sumber tenaga penggerak perekonomian. Sumber daya energi dapat pula disebut salah satu modal pembangunan nasional.

Manusia membutuhkan energi baik secara langsung dalam menopang kehidupan biologisnya maupun dalam menjalankan aneka peralatan penopang kehidupannya. Sebagai contoh, bahan pangan yang dimakan seseorang adalah energi kimia yang kemudian disimpan dalam badan sebagai energi potensial untuk kemudian dipergunakan sebagai energi kinetik tatkala bekerja atau beraktivitas. Manusia membutuhkan energi untuk menjalankan peralatan rumah, kendaraan, mesin-mesin pabrik, mesin pembangkit listrik, dan sebagainya. Energi mungkin juga sebagai bahan baku untuk diolah menjadi aneka produk kebutuhan hidup manusia. Energi termasuk kebutuhan dasar manusia dan komoditas strategis untuk pembangunan. Oleh karena itulah, mewujudkan kedaulatan, kemandirian dan ketahanan energi menjadi salah satu tujuan pembangunan setiap negara di dunia.

Makna energi fosil dapat dipahami dari pengertian semantik akar katanya. Energi biasanya dinamai berdasarkan sumber

energi primernya. Fosil berasal dari kata Latin “*fossa*” yang berarti menggali keluar dari dalam tanah. Fosil adalah adalah sisa-sisa atau bekas-bekas makhluk hidup yang telah membatu atau menjadi mineral dan tertanam di bawah lapisan tanah. Energi fosil adalah energi dari hasil transformasi fosil. Per logika, adalah melawan akal sehat jika suatu jenis energi disebut energi fosil walau dipahami tidak berasal dari fosil. Jika suatu energi dipahami tidak berasal dari fosil maka tentunya energi tersebut tidak patut dinamai energi fosil. Per logika semantik, energi fosil adalah energi hasil transformasi geologis sisa atau bekas makhluk hidup di dalam lapisan tanah dalam tempo yang sangat lama.

Kopp (2019) mendefinisikan bahan bakar fosil adalah setiap material mengandung hidrokarbon asal organisme biologis dalam kerak bumi yang dapat dipergunakan sebagai sumber energi. Material organisme bahan pembentuk bahan bakar fosil itu adalah fosil. Bahan bakar fosil termasuk batubara, minyak bumi, gas bumi, minyak *shales*, aspal (bitumen), pasir tar dan *heavy oils*. Semua material tersebut mengandung karbon dan terbentuk sebagai hasil dari proses geologis pada sisa-sisa bahan organik yang diproduksi melalui proses fotosintesa 4,0- 2,5 milyar tahun lalu (masa Archean Eon). Sebagian besar material karbon yang terbentuk sebelum 419,2-358,9 juta tahun lalu (periode Devonian) adalah derivat algae dan bakteri, sedangkan yang terbentuk selama dan sesudah interval tersebut adalah derivat tumbuhan (Kopp, 2019).

Batubara, minyak bumi dan gas bumi adalah tiga jenis energi konvensional yang umum diterima dalam satu rumpun energi fosil. Energi fosil sesungguhnya adalah hasil transformasi dari bahan organik yang bahan dasar kimianya termasuk kelompok molekul hidrokarbon hasil fotosintesa. Transformasi fosil menjadi energi berlangsung secara alami dalam tempo sangat lama, yang diperkirakan mencapai ratusan atau bahkan milyaran tahun.

Namun demikian, ada pula yang berpandangan bahwa batubara, minyak bumi dan gas bumi tidak berasal dari fosil.

Pandangan yang mengatakan bahwa bahan bakar fosil berasal dari fosil bahan organik sebagaimana diuraikan di atas disebut teori pembentukan petroleum biogenik (*biogenic petroleum formation theory*). Sedangkan pandangan yang mengatakan bahwa bahan bakar fosil berasal bahan anorganik disebut teori pembentukan petroleum abiogenik (*abiogenic petroleum formation theory*). Kedua teori ini berkebalikan sempurna.

Teori abiogenik berpandangan bahwa petroleum berasal dari hidrokarbon anorganik yang sudah ada di kerak bumi, yang kemudian mengalami proses kimiawi lalu menghasilkan bahan bakar petroleum. Energi hidrokarbon anorganik inilah yang selanjutnya digunakan untuk mendukung kehidupan organisme yang ada di biosfir perut bumi yang amat dalam dan panas (*hot deep biosphere*) (Gold 1999). Organisme hidup yang kini berada di biosfir permukaan bumi berasal dari biosfir perut bumi. Berbeda dari pandangan biogenik atau fosils, pandangan *abiogenik* berkesimpulan bahwa batubara, minyak, dan gas bumi bersifat terbarukan karena berasal dari bahan anorganik melalui proses kimiawi. Namun demikian, Höök *et al.* (2010) mengatakan bahwa pandangan abiogenik adalah hipotesis ekstrem dan mustahil terjadi.

Proses pembentukan energi fosil sesungguhnya berlangsung terus-menerus atau berkelanjutan. Akan tetapi, oleh karena proses transformasinya sangat lama, laju pertambahan cadangan sumber energi fosil lebih cepat dari penggunaannya, sehingga volume cadangannya cenderung atau tidak dapat pulih kembali sebesar stok awalnya. Oleh karena itu, energi fosil digolongkan sebagai energi tak terbarukan. Dapat dikatakan bahwa ketersediaan cadangan energi fosil tergantung pada karunia Sang Pencipta.

Energi terbarukan adalah energi yang ketersediaanya dapat dipulihkan karena proses produksinya dapat dikelola oleh manusia dalam tempo singkat. Contoh energi terbarukan ialah energi yang bersumber dari biomassa, matahari, tenaga air, angin, panas bumi dan arus laut. Manusia dapat mempertahankan besaran kersediaan sumber energi dengan mengelola proses produksi dan konsumsi sedemikian rupa sehingga ketersediaan energi lestari sepanjang masa. Energi terbarukan menjadi tumpuan manusia untuk memenuhi kebutuhan energi yang terus meningkat. Pengembangan energi terbarukan menjadi agenda pembangunan setiap negara guna menjaga ketahanan, kemandirian, dan kedaulatan energinya.

Biofuel berasal dari kata bahasa Inggris yang dapat diuraikan menjadi *bio* + *fuel*. "*Bio*" berasal dari kata "*biology*", yang berarti materi hayati atau biomassa. Biomassa adalah materi organik berasal dari tumbuh-tumbuhan atau hewan atau mikro-organisme selain fosil. "*Fuel*" diterjemahkan sebagai bahan bakar, adalah materi pembawa energi (*energi carrier*) untuk dikonversikan melalui proses pembakaran. Dengan demikian, *biofuel* adalah bahan bakar yang dihasilkan langsung atau tidak langsung dari biomassa sehingga termasuk rumpun bioenergi.

Untuk definisi yang lebih teknis, *biofuel* adalah bahan bakar yang energinya diperoleh melalui proses fiksasi karbon biologis seperti proses foto sintesa pada tumbuh-tumbuhan untuk menghasilkan pati pembawa energi kimiawi. Bahan bakar yang dihasilkan dari biomassa tanaman disebut bahan bakar nabati sedangkan yang dihasilkan dari biomassa hewan disebut bahan bakar hewani. Bahan Bakar Nabati (BBN) sudah dikembangkan secara komersial di banyak negara termasuk Indonesia, seperti biodiesel dari kelapa sawit dan *bioethanol* dari limbah pengolahan tebu.

Biofuel sepadan dengan bahan bakar fosil (BBF). Keduanya dapat berwujud fisik cair (minyak nabati, minyak bumi), gas (biogas, gas bumi) atau padat (arang, batu bara). Bahan bakar fosil yang banyak dipergunakan hingga saat ini ialah bensin dan solar, sedangkan biofuel yang sudah dikomersialkan ialah biodiesel (B100) dan *bioetanol*. Secara kimiawi, keduanya adalah molekul hidrokarbon. Oleh karena itulah *biofuel* dapat digunakan bersama-sama (dicampur) atau menggantikan bahan bakar fosil. Bahan bakar fosil cair seperti bensin maupun solar digantikan oleh biogasolin dan biodiesel.

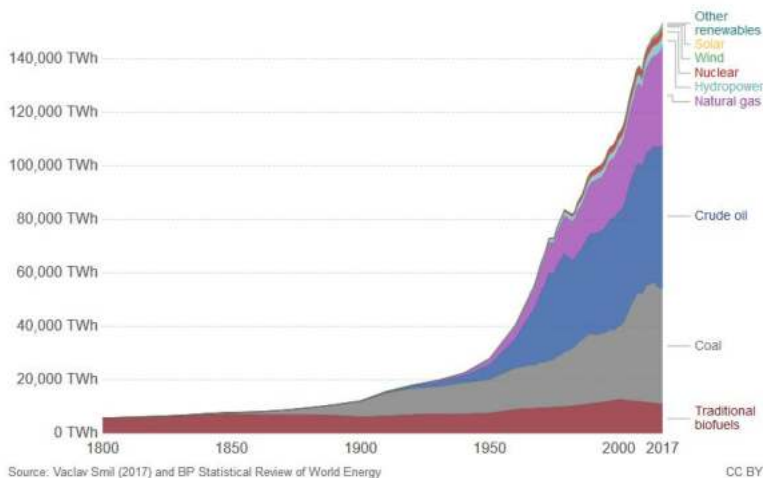
Dominasi Energi Fosil dalam Bauran Energi

Bauran energi yang dihasilkan dan dikonsumsi manusia secara langsung maupun tidak langsung berkembang seiring dengan kemajuan peradaban. Pada awal peradaban, sumber energi utama ialah bahan *biofuel* tradisional melalui pembakaran kayu dan bahan organik lainnya. Penggunaan bahan bakar fosil diawali dengan pemanfaatan batubara, yang tergolong pada rumpun bahan bakar fosil berbentuk padat, untuk mesin uap yang menjadi basis Revolusi Industri 1.0 pada akhir abad ke 18. Hingga pada tahun 1800 konsumsi batubara hanya sekitar dua persen (Ritchie and Roser, 2019). Revolusi Industri 1.0, yang berbasis peralatan mekanis, mengakselerasi peningkatan konsumsi batubara sehingga menggeser biomassa sebagai sumber energi utama dunia. Dapat dikatakan bahwa dominasi sumber energi fosil sudah berlangsung sejak sekitar tahun 1900 yang diawali oleh penggunaan batubara.

Konsumsi bahan bakar minyak bumi baru dimulai pada tahun 1870 didorong oleh penemuan tambang minyak bumi. Peningkatan konsumsi bahan bakar minyak bumi meningkat pesat seiring dengan penemuan dan meluasnya penggunaan kendaraan dan mesin penggerak bermotor berbahan bakar

bensin dan solar. Peranan gas bumi dalam bauran energi global berkembang pesat pada pertengahan abad 20. Hingga kini, bauran energi global amat didominasi oleh bahan bakar fosil konvensional yang terdiri dari batubara, minyak bumi dan gas bumi.

Sementara, pengembangan energi terbarukan non-biofuel tradisional diawali oleh listrik hidro sekitar tahun 1820. Produksi energi nuklir dimulai pada tahun 1960. Sumber energi terbarukan seperti biofuel moderen, angin, dan matahari, baru berkembang sekitar periode 1980-1990, sementara peranan sumber energi panas bumi dan arus laut masih sangat kecil. Secara umum dapat dikatakan bahwa konsumsi dan produksi energi global sangat didominasi oleh bahan bakar fosil (Gambar 1).



Gambar 1. Bauran konsumsi energi primer global 1800-2017 (Ritchie and Roser, 2019b)

Ketimpangan bauran energi tersebut merupakan salah satu pusat perhatian masyarakat dunia karena berdampak negatif terhadap ketahanan energi dan kelestarian alam global. Perbaikan bauran energi adalah dengan mengurangi ketergantungan pada bahan

bakar fosil yang tidak berkelanjutan dan tidak ramah lingkungan, serta mendorong peningkatan kontribusi bahan bakar terbarukan ramah lingkungan utamanya biofuel. Data PBB menunjukkan bahwa pangsa sumber energi fosil (batubara, minyak bumi, gas bumi) cenderung menurun dari 83,5 persen pada 1990 menjadi 82,3 persen pada tahun 2015 (UN, 2018). Penurunan peran energi fosil diisi oleh *biofuel* dan sampah yang meningkat dari 7,7 persen pada 1990 menjadi 9,2 persen pada 2015. Bauran energi Indonesia pun sangat didominasi oleh bahan bakar fosil. Dominasi bahan bakar fosil dalam bauran energi Indonesia pada 2015 mencapai 95 persen (Cornot-Gandolphe, 2017) yang berarti lebih tinggi daripada dalam bauran energi global. Kebijakan energi nasional sebagaimana dijabarkan dalam Rencana Umum Energi Nasional (RUEN, 2017) telah menetapkan untuk meningkatkan peran energi terbarukan paling sedikit 23 persen pada 2025 dan meningkat menjadi 31 persen pada 2050.

Bahaya Laten Ketergantungan pada Energi Fosil

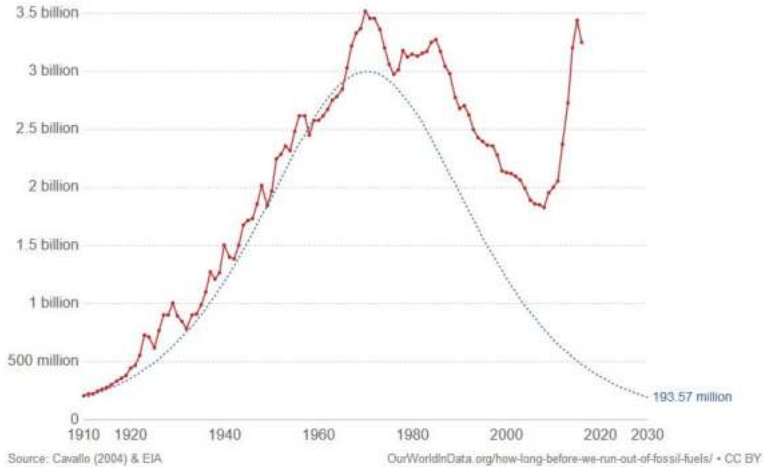
Ketergantungan yang tinggi terhadap sumber energi fosil dipandang sebagai masalah fundamental sistem energi global maupun nasional. *Pertama*, produksi sumber energi fosil tidak terbarukan pasti menurun dan habis pada suatu saat sehingga tidak dapat diandalkan. Ketergantungan tinggi pada sumber energi fosil akan menyebabkan ancaman pada ketersediaan energi sebagai salah satu pilar utama ketahanan energi global maupun nasional. *Kedua*, bauran konsumsi energi yang amat timpang (sumbangan energi fosil amat tinggi) menyebabkan ketahanan energi sensitif terhadap gejolak pasokan maupun akses (fisik dan ekonomi) energi asal fosil. Akses energi dapat dicerminkan oleh gejolak harga minyak di pasar global.

Ketiga, senjang distribusi spasial energi. Sebaran lokasi spasial negara-negara surplus tidak merata atau tidak sepadan dengan

sebaran negara-negara defisit bahan bakar fosil, sehingga sistem logistik akan menjadi sumber faktor resiko ketahanan energi. *Keempat*, penggunaan energi sebagai senjata politik ekonomi. Aspek keempat ini merupakan ancaman bagi kedaulatan energi suatu negara. Kebutuhan akan kedaulatan energi mendorong banyak negara berusaha mewujudkan kemandirian ekonomi. Selain mengancam kedaulatan, kemandirian dan ketahanan energi, ketergantungan tinggi pada energi fosil juga mengancam kelestarian lingkungan hidup karena aneka cemaran yang ditimbulkannya. Untuk lebih jelasnya, berikut diuraikan bahaya laten ketergantungan pada Bahan Bakar Fosil (BBF).

Sumber energi fosil cenderung semakin langka dan habis pada waktunya

Telah dikemukakan di atas bahwa energi fosil adalah energi yang tidak terbarukan. Volume stok cadangan energi tak terbarukan menurun sesuai dengan volume eksploitasinya sehingga pasti akan habis pada suatu waktu. Penjelasan itu konsisten dengan hipotesis *Peak Oil* yang menyatakan bahwa produksi energi terbarukan pada awalnya meningkat lambat, lalu mengalami percepatan dan perlambatan, stagnasi atau titik puncak, lalu kemudian menurun hingga berhenti. Teori *Peak Oil* diperkenalkan oleh Hubbert (1956) sehingga dikenal pula sebagai “hipotesis *Peak Oil Hubert*”. Teori ini diterima secara luas dan dianggap valid secara empiris hingga awal tahun 2000-an. Model Hubbert berhasil menduga dengan tepat bahwa titik puncak produksi minyak bumi Amerika Serikat terjadi pada tahun 1970 (Gambar 2).

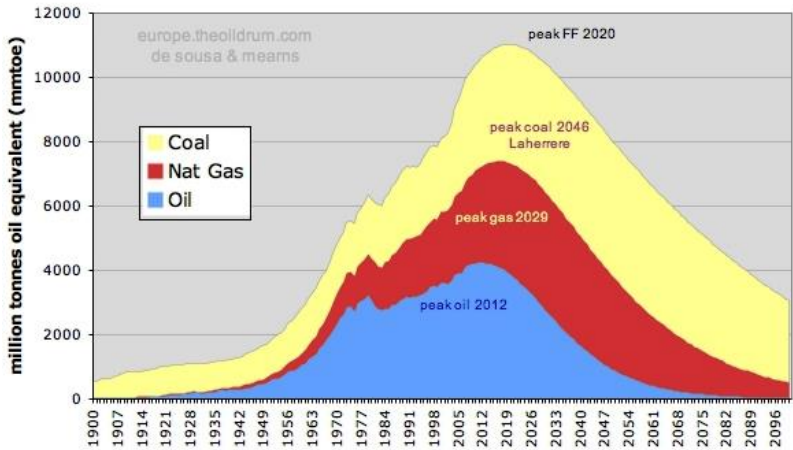


Gambar 2. Estimasi kurva Hubert Peak Oil dan data produksi minyak actual di Amerika Serikat (Ritchie and Roser, 2019b).

Keraguan terhadap validitas empiris hipotesis *Peak Oil Hubert* muncul setelah adanya data empiris yang menunjukkan bahwa produksi BBM Amerika Serikat memang mencapai titik puncak tahun 1970 dan kemudian menurun, namun kemudian mengalami titik balik dari kecenderungan menurun menjadi meningkat kembali pada awal tahun 2000-an (Gambar 2). Sejumlah penelitian juga menunjukkan kegagalan model Hubbert dalam menduga produksi minyak dan gas bumi (Ritchie and Roser, 2019). Tidak saja meragukan model Hubbert, sebagian pihak bahkan menolak teori bahwa bahan bakar fosil adalah sumber energi tak terbarukan. Bagi mereka, bahan bakar fosil adalah sumber energi terbarukan atau tersedia dalam jumlah tak terbatas.

Sejumlah penelitian mencoba menjelaskan kegagalan prediksi model Hubert dan implikasinya terhadap kebenaran teori bahan bakar fosil adalah sumber energi tak terbarukan dengan cadangan terbatas. Cavallo (2004) mengatakan bahwa produksi

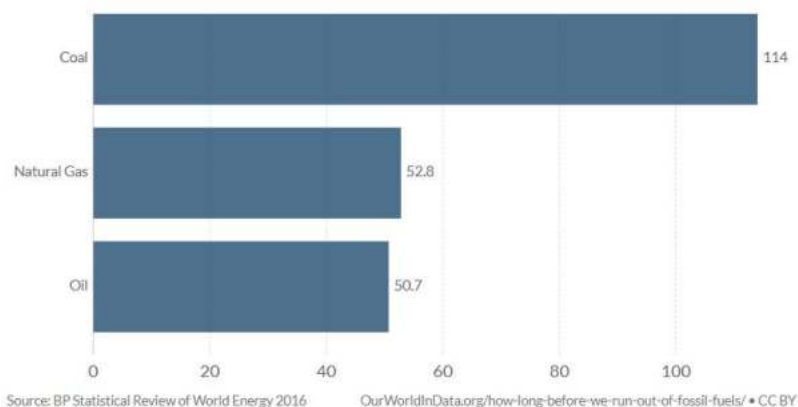
aktual bahan bakar fosil lebih ditentukan oleh kendala politik daripada oleh kendala sumberdaya. Peningkatan kembali produksi minyak Amerika Serikat pada tahun 2000-an disebabkan oleh keberhasilan dalam menjaga stabilitas pasar, pertumbuhan tinggi permintaan, dan penemuan cadangan baru. Penjelasan senada juga dikemukakan oleh Helm (2011). Secara umum, para ahli tetap sepakat bahwa BBF adalah sumber energi tak terbarukan dan ketersediaannya terbatas. Namun demikian, penetapan titik puncak produksi bahan bakar fosil ditentukan oleh banyak faktor sehingga tidak dapat diduga dengan cukup akurat. Puncak produksi minyak bumi diperkirakan sudah terjadi pada tahun 2012, sementara puncak produksi gas bumi dan batu bara akan terjadi berturut-turut pada tahun 2019 dan 2046 (Gambar 3).



Gambar 3. Perkiraan produksi BBF global 1900-2096

Indikator yang kini diterima luas ialah perkiraan lama ketersediaan cadangan (R) terhadap produksi (P) atau rasio R/P berdasarkan data yang terus diperbarui (Gambar 4). Berdasarkan data yang tersedia pada tahun 2015, cadangan global minyak

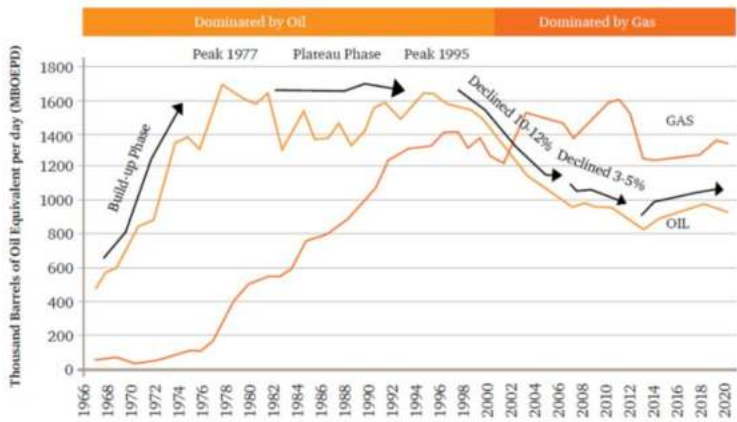
bumi diperkirakan masih tersedia hingga 50 tahun ke depan (tahun 2065), gas bumi hingga 52 tahun ke depan (2067) dan batubara hingga 114 tahun ke depan (2129). Walau ada saja yang berbeda pandangan, masyarakat dunia umumnya sepakat bahwa bahan bakar fosil adalah energi tak terbarukan yang ketersediaannya terbatas sehingga jika terus dieksploitasi maka produksinya akan semakin langka dan pasti habis pada waktunya.



Gambar 4. Perkiraan lama ketersediaan cadangan bahan bakar (Ritchie and Roser, 2019b)

Teori bahwa bahan bakar fosil adalah sumber energi tidak terbarukan berlaku juga di Indonesia. Salah satu indikasinya ialah pelandaian yang kemudian diikuti oleh penurunan produksi minyak bumi Indonesia. Seperti yang terlihat pada Gambar 4, produksi minyak dan gas bumi Indonesia mulai menurun pada 1977, mendatar hingga tahun 1995, lalu menurun cepat hingga tahun 2013, lalu kemudian melandai naik turun sedikit demi sedikit. Jika tidak ada kejadian luar biasa, sebagaimana perkiraan Sugiyono (2016), maka Indonesia akan menjadi importir netto energi pada sekitar 2030-2033. Respon terbaik dalam menghadapi ancaman defisit energi tersebut ialah

meningkatkan produksi energi terbarukan, utamanya melalui pengembangan *biofuel*. Indonesia memiliki potensi besar untuk peningkatan produksi *biofuel*.

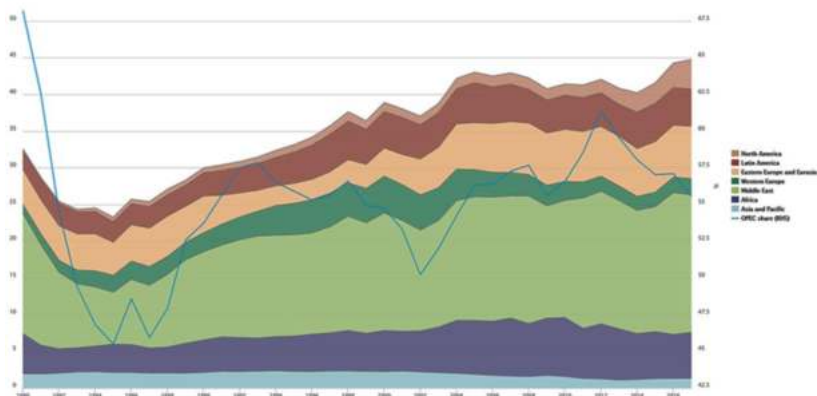


Gambar 5. Perkiraan produksi minyak dan gas bumi Indonesia, 1966-2020 (PWC, 2018)

Goncangan dan Volatilitas Pasokan dan Harga

Bauran energi yang amat didominasi oleh bahan bakar fosil menyebabkan pasokan dan harga energi di pasar global amat sensitif internal terhadap perubahan penawaran dan permintaan. Sensitivitas internal dapat dipandang sebagai daya lentur (*resilience*) yang tercermin pada kemampuan pasar untuk mengabsorpsi gejolak permintaan dan penawaran sehingga tidak menimbulkan instabilitas pasar. Selain oleh sensitivitas internal pasar, instabilitas pasar yang dicerminkan oleh volatilitas atau gejolak harga juga ditentukan oleh besaran volatilitas atau gejolak permintaan dan penawaran akibat kekuatan eksternal. Permintaan dan penawaran minyak global terkenal dengan sifatnya yang volatil dan kerap berkejolak sehingga harga minyak dunia pun volatil dan kerap berkejolak.

Ada beberapa penyebab penawaran dan permintaan bahan bakar fosil volatil atau bahkan rawan gejolak. *Pertama*, sebaran geospasial produksi tidak sepadan dengan konsumsi. Ketidakesesuaian distribusi geospasial produksi dan konsumsi mungkin dapat dicerminkan oleh sebaran geokemikspasial ekspor minyak bumi. Seperti yang terlihat dari Gambar 6, eksportir terbesar minyak bumi ialah kawasan Timur Tengah dengan pangsa sekitar 19 persen pada 2006-2017, kemudian diikuti oleh Eropa Timur sekitar 7 persen dan Afrika sekitar 6 persen. Sebagaimana diketahui, kawasan Timur Tengah masih terus tidak stabil secara sosial politik yang berdampak pada instabilitas pasokan minyak bumi mentah ke pasar global.



Gambar 6. Jumlah ekspor minyak kasar global menurut wilayah asal (Ritchie and Roser, 2019b)

Kedua, negara-negara eksportir utama minyak bumi melakukan kartelisasi pasokan di pasar dunia dengan nama Organization of Petroleum Exporting Countries (OPEC). OPEC memiliki anggota 14 negara dan menguasai lebih dari separuh pasar ekspor dunia

sehingga mampu mengendalikan harga minyak global¹. OPEC didominasi negara-negara anggota dari Timur Tengah seperti Saudi Arabia, Irak, Iran, Uni Arab Emirat, Kuwait dan Qatar yang secara politis kerap tidak sejalan. Akibatnya, OPEC yang semula dibentuk untuk menjaga stabilitas malah terkadang menjadi sumber instabilitas pasar minyak global.

Ketiga, politisasi minyak melalui praktik embargo yaitu pembatasan atau pelarangan transportasi minyak bumi keluar dari atau masuk ke suatu negara atau kawasan dengan menetapkan regulasi atau kekuatan militer. Embargo dapat menyebabkan gejolak pasokan minyak bumi di pasar dunia yang bahkan dapat menimbulkan goncangan hebat atau krisis pasar minyak bumi global. Insiden embargo minyak bumi yang cukup besar ialah perang China –Jepang 1937-1945, perang 6 hari Israel-Arab 1967, perang *Yom Kippur* 1973, Revolusi Iran 1979 dan perang Iran-Irak 1980, serta embargo atas Iran 2012-2020 sebagai tindak lanjut sanksi PBB terkait pengembangan nuklir Iran.

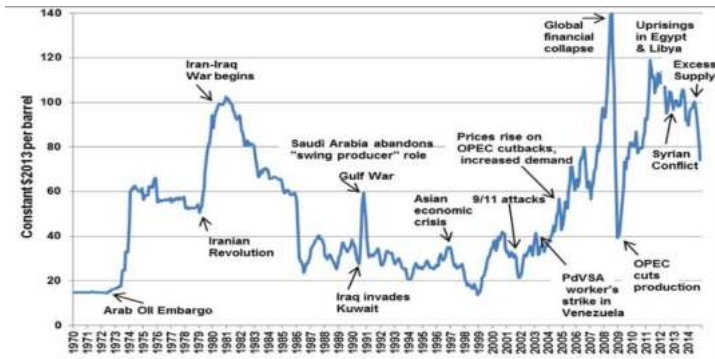
Instabilitas sisi permintaan dapat terjadi karena adanya negara yang memiliki kebutuhan energi yang sangat besar, utamanya negara-negara industri maju seperti Amerika Serikat, Uni Eropa, China, dan Jepang. Mereka ini mampu mempengaruhi pasar dunia secara signifikan. Dinamika ekonomi negara-negara maju tersebut berpengaruh besar terhadap fluktuasi permintaan terhadap harga minyak dunia. Krisis ekonomi berdampak pada anjloknya permintaan dan harga

¹ OPEC dibentuk pada tahun 1960. Indonesia bergabung dengan OPEC pada 1962 namun keluar pada 2009 setelah Indonesia menjadi importir netto minyak bumi. Indonesia bergabung kembali pada Januari 2016 namun keluar lagi pada 2016 karena tidak bersedia mengikuti kesepakatan pengurangan produksi dalam rangka mendukung harga minyak kasar di pasar global. Anggota aktif hingga 2019 ini adalah 13 negara. (Amadeo, 2019).

minyak dunia. Sebaliknya, krisis minyak global yang diindikasikan oleh melonjaknya harga minyak global berdampak pada anjloknya pertumbuhan negara-negara maju dan dunia secara umum.

Persoalan semakin rumit manakala permintaan juga mengalami politisasi seperti embargo pasokan. Embargo adalah kejadian dimana suatu atau sekelompok negara melarang atau membatasi impor minyak bumi dari suatu atau sekelompok negara tertentu karena alasan politik. Secara teori, embargo permintaan juga dapat membatasi impor minyak bumi sehingga harga minyak dunia menurun. Namun dalam praktiknya, hingga kini belum ada embargo khusus permintaan minyak. Embargo permintaan biasanya dikaitkan dengan embargo pasokan atau transportasi.

Dari Gambar 7 dapat dilihat bahwa pasar minyak global memang volatil dan kerap bergejolak. Akar penyebabnya tidak saja volatilitas fundamental pasar tetapi juga konsekuensi dari politisasi pasar. Gejolak pasar dari sisi penawaran biasanya terjadi akibat embargo terkait dengan perang atau krisis sosial politik sedangkan gejolak dari sisi permintaan biasanya terjadi akibat gejolak ekonomi.



Gambar 7. Dinamika minyak dunia dan kejadian luar biasa penyebabnya (Shea, 2019)

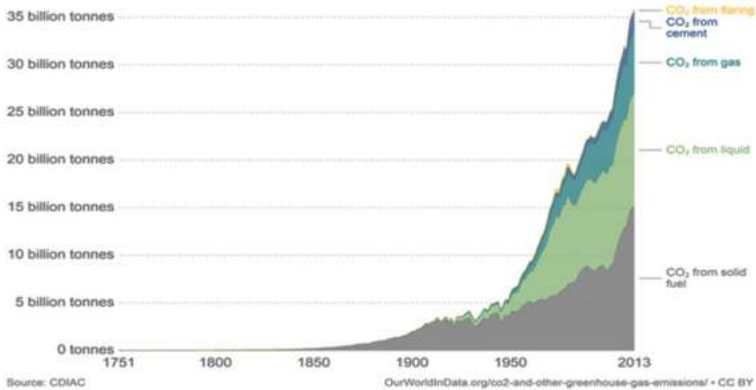
Pada intinya, pasar minyak bumi global volatil dan kerap bergejolak sehingga dapat diandalkan sebagai sumber pasokan energi bagi suatu negara. Setiap negara perlu menghindari ketergantungan pada pasokan minyak bumi impor. Dan salah satu strategi untuk itu ialah mengurangi kontribusi minyak bumi pada bauran energi nasional melalui peningkatan produksi energi terbarukan, utamanya *biofuel*.

Pencemaran Lingkungan

Karbon dioksida (CO₂), karbon monoksida (CO), dan nitrogen oksida (NO_x) adalah gas terbanyak dari buangan pembakaran bahan bakar fosil. Ketiga jenis gas tersebut tergolong sebagai gas rumah kaca (GHG = Greenhouse gas), yakni gas yang mengabsorpsi dan memancarkan radiasi panas sehingga menciptakan efek rumahkaca (*greenhouse effect*). CO₂ berfungsi untuk mempertahankan suhu bumi. Tanpa CO₂ suhu bumi akan terlalu dingin, namun terlalu banyak GHG akan menyebabkan suhu bumi terlalu panas. Emisi CO₂ memutus siklus karbon sehingga mendorong peningkatan suhu global yang selanjutnya berdampak pada aneka perubahan iklim dan lingkungan hidup. Peningkatan CO₂ di atmosfer merupakan salah satu penyebab utama perubahan iklim yang mengancam kelestarian lingkungan hidup global.

Masyarakat dunia kini telah menyepakati gerakan bersama untuk menurunkan suhu bumi dan menjaga paling tinggi 2 C° di atas temperatur sebelum Revolusi Industri (sebelum 1850). Salah satu penyebab dari peningkatan suhu bumi tersebut ialah penggunaan bahan bakar fosil. Seperti yang ditunjukkan pada Gambar 8, volume emisi tahunan CO₂ meningkat tajam sejak awal 1900'an, diawali emisi dari penggunaan batu bahan baku utama mesin uap yang menjadi basis utama teknologi Revolusi Industri 1.0, kemudian diikuti oleh emisi dari bahan bakar

minyak dan gas. Suhu bumi saat ini diperkirakan sudah meningkat 1,2 C° di banding tahun 1850. Artinya, peningkatan suhu bumi sudah lebih dari separuh ambang batas target toleransi.

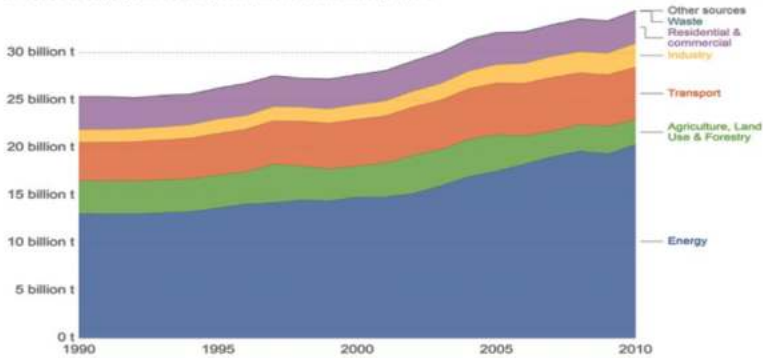


Gambar 8. Emisi CO₂ global (Ritchie and Roser, 2019a)

Data menurut sektor juga menunjukkan bahwa emisi CO₂ terbesar berasal dari sektor energi (Gambar 9). Artinya, emisi CO₂ terbesar berasal dari proses produksi energi sendiri. Volume emisi CO₂ dari sektor energi tidak saja terbesar dalam level absolut tetapi juga dalam laju peningkatan. Oleh karena hingga kini bauran energi global didominasi oleh bahan bakar fosil maka dapatlah dipastikan bahwa sumber emisi terbesar berasal dari proses produksi bahan bakar fosil. Kiranya dimaklumi, masyarakat dunia kini telah sepakat untuk mengatur penggunaan bahan bakar sehingga tidak menambah masalah pencemaran lingkungan hidup, termasuk dengan mengurangi penggunaan bahan bakar fosil.

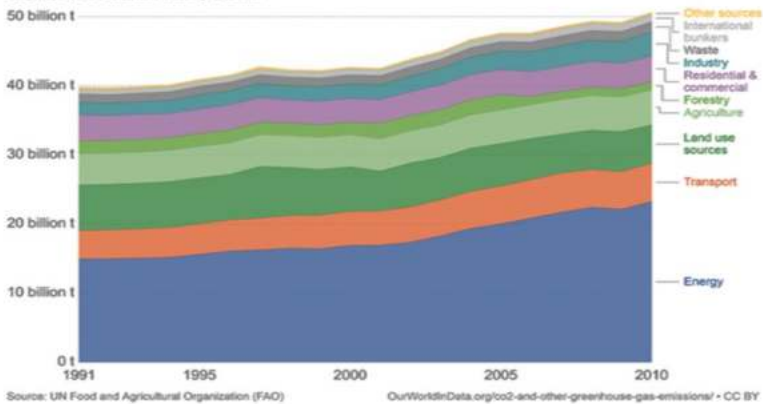
Carbon dioxide emissions by sector, World

Carbon dioxide (CO₂) emissions by sector, measured in tonnes per year.



Greenhouse gas emissions (CO₂e) by sector

Breakdown of total greenhouse gas emissions by sector, measured in tonnes of carbon-dioxide equivalents (CO₂e). Carbon dioxide equivalents measures the total greenhouse gas potential of the full combination of gases, weighted by their relative warming impacts.



Gambar 9. Emisi CO₂ (atas) dan GHG (bawah) dunia dirinci menurut sektor (Ritchie and Roser, 2019b)

Biofuel Solusi Energi Masa Depan

Telah dikemukakan bahwa peran dominan bahan bakar fosil dalam bauran energi global maupun nasional sudah sampai pada titik yang membahayakan ketahanan energi dan kelestarian

lingkungan hidup. Bauran energi harus diperbaiki dengan mengurangi peran bahan bakar fosil dan meningkatkan peran sumber energi terbarukan dan ramah lingkungan. Terdapat sejumlah sumber energi terbarukan dan ramah lingkungan seperti panas matahari, tenaga air, tenaga angin, panas bumi, dan tenaga pasang air laut. Pemerintah Indonesia maupun negara-negara lain di dunia sudah memulai pengembangan energi terbarukan tersebut. Indonesia telah menetapkan sasaran peningkatan peran energi terbarukan dari 7 persen pada 2015 menjadi 23 persen pada 2015 dan akan naik lagi menjadi 31,2 persen pada 2050 (Braithwaite and Gerasimchuck, 2019, RUEN, 2017).

Indonesia nampaknya telah menetapkan substitusi bahan bakar fosil yang diawali dengan pengembangan biofuel. Seperti ditunjukkan pada Tabel 1, pangsa bioenergi dalam bahan bakar terbarukan mencapai 51,1 persen yang selanjutnya menurun bertahap namun tetap tinggi, yakni sekitar 39 persen pada tahun 2015. Jika dilihat dari bentuknya, bahan bakar terbarukan didominasi oleh energi listrik yang mencapai 75 persen. Energi terbarukan dalam bentuk bahan bakar minyak ditargetkan sekitar 25 persen. Biofuel yang tidak berupa bahan bakar minyak termasuk biogas dan biomassa padat yang keduanya dapat digunakan untuk bahan baku listrik.

Berikut diuraikan alasan-alasan kenapa biofuel pilihan terbaik sebagai prioritas pengembangan solusi energi masa depan untuk Indonesia dan untuk dunia secara umum. Seperti yang diuraikan berikut ini, ada paling sedikit ada lima argumen keunggulan *biofuel* dibandingkan dengan sumber energi lainnya yaitu, (1) mampu mensubstitusi bahan bakar fosil yang mendominasi bauran energi saat ini, (2) terbarukan, (3) berdaya saing ekonomi, (4) ramah lingkungan, serta (5) aman bagi kesehatan dan keselamatan manusia.

Tabel 1. Skenario produksi nasional energi primer terbarukan 2015-2050

No	Komponen	2015	2020	2025	2050
Sumber energi:					
A	Bioenergi	10,4 (51,5)	19,1 (49,6)	33,8 (36,6)	124,2 (39,3)
B	Lainnya	9,9 (49,5)	19,4 (50,4)	58,4 (63,4)	291,5 (60,7)
Total		20,3 (100)	38,5 (100)	92,2 (100)	315,7 (100)
2					
Bentuk energi:					
A	Listrik	11,6 (74,3)	23,3 (60,5)	69,2 (75,1)	236,3 (74,8)
B	Bahan bakar minyak	8,7 (25,7)	15,2 (39,5)	23,0 (24,9)	79,4 (25,2)

Sumber: RUEN (2017)

Substitut Bahan Bakar Fosil

Kriteria sebagai substitut terbaik bahan bakar fosil dipandang menjadi persyaratan teknis imperatif karena terlalu dominan dalam bauran energi. Sebagian besar peralatan dan mesin yang ada dirancang dan dibuat berdasarkan asumsi menggunakan bahan bakar fosil. Dengan demikian, pilihan strategi energi masa depan ialah mengembangkan bahan bakar yang dapat menggantikan langsung bahan bakar fosil dengan tanpa menyesuaikan peralatan atau mesin pengguna terlebih dahulu. Sudah barang tentu, penggantian bahan bakar fosil dimaksud bisa sebagian melalui pencampuran bahan bakar fosil dengan bahan bakar penggantinya (*blending*) atau seluruhnya dengan menggunakan bahan bakar pengganti murni, yakni tanpa dicampur dengan bahan bakar fosil

Secara teknis, *biofuel* adalah substitut terbaik bagi bahan bakar fosil dengan beberapa alasan. *Pertama*, molekul kimia bahan bakar fosil dan biofuel sama-sama berbasis hidrokarbon karena keduanya berasal dari bahan organik. *Kedua*, wujud fisik bahan

bakar fosil dan biofuel sebanding, keduanya bisa dalam wujud padat, cair (minyak), dan gas. *Ketiga*, kemajuan teknologi telah memungkinkan aneka jenis biofuel yang sepadan dengan bahan bakar fosil baik dalam hal sifat kimiawi maupun sifat fisika. Sebagai gambaran, kemajuan teknologi kini telah memungkinkan pembuatan biodiesel untuk menggantikan petrodiesel maupun bensin (*gasoline*).

Substitusi bahan bakar fosil dengan biofuel secara komersial sudah berjalan cukup lama, diawali dengan bensin dan diesel berbahan bioalkohol asal tebu. Bahan baku biofuel kini telah meluas ke penggunaan biji-bijian berminyak seperti kelapa sawit, kedelai, *rapeseed*, dan bunga matahari. Banyak negara sudah melegalkan produksi dan penggunaan *biofuel* secara komersial dengan ketentuan dan standar tertentu. Penggunaan *biofuel* yang semakin meluas dan meningkat di banyak negara, termasuk negara-negara maju, merupakan bukti bahwa *biofuel* dapat langsung digunakan untuk menggantikan bahan bakar fosil tanpa penyesuaian alat dan mesin. Kini disepakati dan diterima secara umum bahwa pencampuran *biofuel* dengan bahan bakar fosil hingga perbandingan 20: 80 (B20) dapat menggantikan solar murni tanpa penyesuaian peralatan dan mesin.

Praktik yang umum dilakukan saat ini ialah berupa pencampuran (*blending*). Bahan bakar fosil seperti petrodiesel dan bensin dicampur dengan minyak nabati murni dengan komposisi tertentu. Sebagai bagian dari strategi sosialisasi serta penyesuaian bertahap agar berjalan mulus, penggunaan *biofuel* dilakukan sebagai campuran bahan bakar fosil dimulai dengan kadar rendah (misalnya 5 persen) dan kemudian ditingkatkan menjadi 10 persen, 20 persen atau bilangan lainnya. Indonesia kini sudah menerapkan B20 sebagai mandator sejak 2018. Kebijakan mandatori biodiesel itu merupakan salah satu bukti tekad Indonesia untuk menjadikan *biofuel* sebagai sumber energi utam masa depan.

Terbarukan dan tak terbatas

Kriteria kedua untuk sumber energi masa depan ialah terbarukan. Potensi atau cadangan sumber energi (stok) yang menjadi bahan sumber bahan baku produksi bahan bakar masa depan haruslah terbarukan karena kebutuhan energi berlangsung terus (*flow*) dan cenderung meningkat. Sumber energi tak terbarukan seperti bahan bakar fosil pasti semakin langka dan habis pada masanya. Sifat tak terbarukanlah yang membuat bahan bakar fosil imperatif digantikan dan sifat terbarukanlah yang membuat *biofuel* sesuai untuk menggantikan bahan bakar fosil tersebut.

Biofuel bersifat terbarukan karena merupakan hasil olahan bahan organik hasil produksi tumbuhan, hewan atau mikroorganisme. Bahan organik primer adalah hasil fotosintesa CO₂ dan air (H₂O) yang berproses menjadi karbohidrat dengan energi matahari dan katalis klorofil. Foto sintesa ialah proses transformasi energi cahaya matahari menjadi energi kimia molekul karbohidrat yang dapat dipakai oleh organisme untuk berbagai proses metabolisme. Karbohidrat hasil fotosintesa adalah makanan sumber energi bagi organisme agar ia dapat hidup dan melaksanakan kehidupan. Tanaman hijauan dan cyanobakteri adalah organisme yang dapat melakukan fotosintesa untuk menghasilkan makanan sendiri.

Organisme yang bisa melakukan fotosintesa dapat menghasilkan makanan sendiri disebut dengan “autotrop”, sedangkan yang menghasilkan makanannya dari hasil transformasi energi matahari disebut “fotoautotrop”. Tanaman hijauan dan cyanobakteri adalah organisme autotrop karena dapat menghasilkan makanan dari proses fotosintesis. Organisme yang menghasilkan makanan dari hasil proses kimiawi disebut “chemoautotrop”, misalnya protozoa.

Organisme *autotrop* disebut pula produsen primer dalam rantai makanan ekosistem.

Organisme yang tidak dapat menghasilkan makanan sendiri dari sumber energi primer disebut “heterotrop” yang memperoleh makanan dari organisme autotrop. Hewan tergolong sebagai heterotrop karena tidak bisa menghasilkan makanan sendiri. Hewan memperoleh energi dengan memakan organisme *autotrop*, lalu menyimpan energinya dalam molekul lipida.

Fotosintesa dapat dipandang sebagai proses pemanenan energi cahaya matahari. Biomassa yang dipakai sebagai *feedstock* (bahan baku dasar) biofuel adalah hasil panen dari energi cahaya matahari tersebut. Fotosintesa dapat berlangsung terus-menerus sepanjang ada CO₂ (udara) dan H₂O (air) serta cahaya matahari dan organisme berklorofil. Cahaya matahari senantiasa tersedia sepanjang masa karena merukan inti dari planet bumi. CO₂ dan H₂O terbarukan melalui siklus geo-fisika-kimiawi. Oleh karena itu, produksi biomassa juga terbarukan dan dalam volume tanpa batas. Produksi biomassa dapat diatur manusia melalui budidaya dan memanfaatkan teknologi.

Ketersediaan sumber primer bahan bakar fosil yang terbatas dan tak terbarukan adalah takdir Sang Pencipta. Berbeda dengan bahan bakar fosil, ketersediaan biomassa *feedstock* biofuel tergantung pada penguasaan ilmu dan teknologi serta hikmat kebijaksanaan manusia. Artinya, dengan penguasaan ilmu pengetahuan dan teknologi serta hikmat kebijaksanaan, manusia dapat menghasilkan *biofuel* sesuai kebutuhan secara berkelanjutan.

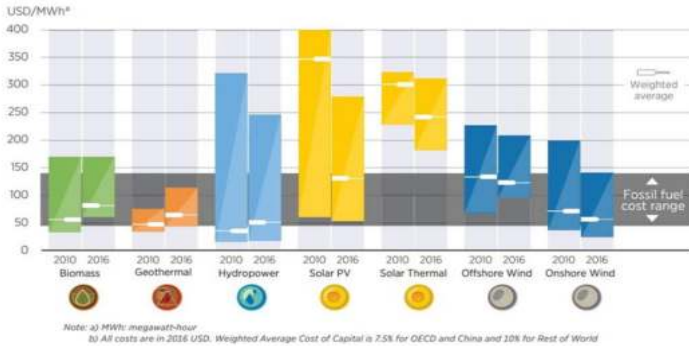
Berdaya saing

Kriteria ketiga sehingga *biofuel* pantas dijadikan sebagai solusi energi masa depan ialah kelayakan ekonomi. Salah satu indikator kelayakan ekonomi ialah daya saing ongkos produksi. Dalam hal ini, pilihan alternatif sumber energi ditetapkan berdasarkan prinsip ongkos produksi terendah. Ongkos produksi yang rendah adalah kunci untuk dapat mewujudkan harga energi yang murah. Energi murah merupakan hal esensial bagi negara-negara berkembang maupun negara-negara maju. Bagi negara berkembang, energi murah adalah salah satu kunci akses atau keterjangkauan energi bagi sejumlah besar penduduk yang masih berpendapatan rendah. Selain itu, energi murah esensial pula untuk menekan ongkos produksi barang dan jasa, yang berkaitan erat dengan pertumbuhan dan daya saing perekonomian. Walau mungkin tidak sepenting di negara-negara berkembang, energi murah juga merupakan hal penting bagi negara-negara maju.

Salah satu indikator daya saing biaya produksi relatif antar sumber energi ialah '*Levelised Cost Of Electricity*' (LCOE). LCOE adalah metode perhitungan yang memungkinkan perbandingan biaya produksi listrik menurut sumber energi primer yang dipergunakan berdasarkan total biaya siklus produksi penuh. LCOE dihitung dengan membagi total biaya pembangunan dan pengoperasian dengan total output selama hidup (*life-time*) suatu pembangkit listrik. Pada intinya, LCOE adalah rata-rata biaya produksi listrik suatu pembangkit (Ritchie *and* Roser, 2019 b). Di sisi lain, LCOE dapat pula dipandang sebagai harga titik impas atau harga jual energi minimum agar usaha pembangkit listrik tersebut layak secara finansial.

Secara umum, sumber energi yang secara ekonomi layak menggantikan bahan bakar fosil ialah yang memiliki LCOE lebih rendah, yang juga berarti paling murah dan paling berdaya saing. Perkiraan LCOE pembangkit listrik dengan alternatif

sumber energi primer berbeda ditampilkan pada Gambar 10. Sumber energi yang paling mahal ialah panas matahari (*solar thermal*). Hingga saat ini, energi asal pembangkit listrik tenaga matahari dinilai masih mahal sehingga belum layak jadi pilihan secara finansial.



Gambar 10. Perbandingan ongkos produksi listrik menurut sumber energi primer (Ritchie and Roser, 2019 b)

Kecuali panas matahari, rata-rata ongkos produksi energi terbarukan dari berbagai sumber primer ternyata masih berada dalam kisaran ongkos produksi bahan bakar fosil. Berdasarkan nilai rata-rata tertimbang ongkos produksi, sumber energi yang paling murah ialah listrik dari pembangkit tenaga air (*hydropower*). Namun demikian, rentang ongkos produksi listrik tenaga air tersebut terlalu lebar sehingga masih cukup tinggi di atas rentang ongkos produksi bahan bakar fosil. Artinya, sebagai pembangkit listrik tenaga air tidak mampu menyaingi bahan bakar fosil.

Dapat dikatakan bahwa sumber energi paling murah ialah panas bumi (*geothermal*). Energi panas bumi bahkan lebih murah dari bahan bakar fosil. Namun demikian, ketersediaan panas bumi sangat terbatas dan spesifik lokasi. Selain itu, panas bumi

tidak tersedia dalam wujud cair atau gas. Dengan demikian, panas bumi tidak dapat diandalkan sebagai pengganti bahan bakar fosil. Energi asal tenaga angin lepas pantai juga lebih murah dari energi asal bahan bakar fosil namun dinilai bukan pilihan terbaik untuk menggantikan bahan bakar fosil karena alasan sama seperti energi asal panas bumi.

Dari Gambar 10 dapat dilihat bahwa nilai rata-rata biaya produksi energi asal biomassa atau biofuel berada di bawah nilai tengah kisaran biaya produksi energi asal bahan bakar fosil, sementara kisaran biaya produksi energi asal biomassa sebagian besar berada di dalam kisaran biaya produksi energi asal bahan bakar fosil. Dapat dikatakan bahwa secara finansial *biofuel* potensial layak dipilih untuk menggantikan bahan bakar fosil.

Ramah lingkungan dan aman bagi manusia

Biofuel jauh lebih ramah lingkungan daripada bahan bakar fosil. Kajian komprehensif *United State Environment Protection Agency* (US-EPA), Badan Perlindungan Lingkungan Amerika Serikat; menunjukkan bahwa biodiesel jauh lebih ramah lingkungan dari solar (*petrodiesel*) sebagaimana ditunjukkan oleh data pada Tabel 2. Total emisi hidrokarbon biodiesel (B100) ternyata 67 persen lebih rendah dari solar sementara emisi karbon monoksida biodiesel 48 persen lebih rendah dari solar. Emisi ozon biodiesel juga relatif kecil, dan juga 50 persen lebih rendah dari solar. Biodiesel tidak mengandung sulfur samasekali, dimana cemaran sulfur di udara adalah penyebab hujan asam yang membahayakan manusia maupun makhluk hidup di muka bumi.

Tabel 2. Rata-rata tingkat emisi biodiesel relatif terhadap solar (%)

No	Unsur emisi	B100	B20
1	Total hidrokarbon tak terbakar	-67	-20
2	Karbon monoksida	-48	-12
3	Partikulat pernafasan	-47	-12
4	Nitrogen oksida	+10	+1 – (-2)
5	Sulfat	-100	-20
6	Potensi ozon	-50	-10
7	Polycyclic Aromatic Hydrocarbon (PAH)	-80	-13
8	Nitrated PAH (nPAH)	-90	-50

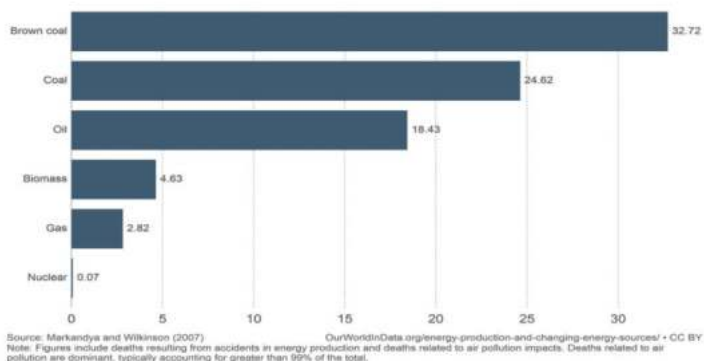
Sumber: EPA (2002)

Unsur partikulat pernafasan, *Polycyclic Aromatic Hydrocarbon* (PAH) dan *Nitrated PAH* (nPAH) berkaitan dengan kesehatan manusia. Partikulat pernafasan biodiesel B100 ternyata 47 persen lebih rendah dari solar. PAH dan nPAH adalah zat penyebab kanker. Uji yang dilakukan EPA menunjukkan emisi PAH dan nPAH biodiesel B100 berturut-turut lebih rendah 80 persen dan 90 persen dibanding solar. Ini merupakan bukti kuat bahwa penggunaan *biodiesel* jauh lebih aman bagi manusia dibandingkan solar.

Kekurangan biodiesel dalam hal emisi gasa hanyalah pada emisi nitrogen oksida (Nox) yang dapat mencapai 10 persen lebih tinggi dari solar. Namun demikian, emisi karbon monoksida dipandang tidak mengkhawatirkan karena tiadanya sulfur yang memungkinkan Nox dapat dikendalikan sepenuhnya dengan teknologi tertentu. Beberapa perusahaan telah berhasil mengembangkan aditif untuk mengurangi Nox pada biodiesel (EPA, 2002). Dengan demikian emisi Nox tidak menjadi masalah serius dalam penggunaan *biodiesel*.

Pada Gambar 11 ditunjukkan tingkat kematian akibat polusi udara dan insiden kecelakaan terkait produksi energi. Kematian didominasi oleh akibat polusi udara yang diperkirakan mencapai

99 persen (Ritchie and Roser, 2019b). Jika keselamatan diukur berdasarkan jumlah kematian orang per Terawatt hours (TWh) produksi energi, maka bahan bakar yang paling tidak aman proses produksinya ialah batubara. Tingkat kematian pada produksi batubara coklat (*brown coal*) bermutu rendah yang mencapai 32.72 orang/TWh sedangkan batubara biasa mencapai 24,62 orang/TWh. Tingkat kematian pada produksi minyak bumi menduduki peringkat kedua tertinggi, sebanyak 18,43 orang/TWh. Proses produksi energi yang paling aman ialah nuklir dan gas. Tingkat kematian pada proses produksi energi nuklir hanya 0.07 orang/TWh sedangkan pada produksi gas mencapai 2,82 orang/TWh.



Gambar 11. Tingkat kematian terkait produksi energi (orang/TWh)

Walau pun bukan yang terbaik, proses produksi *biofuel* (asal biomassa) tergolong sangat aman. Tingkat kematian pada proses produksi *biofuel* hanya 4,63 orang/TWh, atau hanya sekitar seperempat dari tingkat kematian pada proses produksi minyak bumi dan seperlima dari pada proses produksi batubara. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa *biofuel* adalah ramah

lingkungan serta aman bagi kesehatan dan keselamatan manusia, terlebih jika dibandingkan dengan bahan bakar fosil.

Bab 2.

Ketersediaan dan Kebutuhan Bahan Bakar Minyak (BBM)

Potensi energi nasional meliputi minyak bumi berupa bahan bakar minyak (BBM), biofuel, gas, panas bumi, batubara, dan energi terbarukan. Energi baru terbarukan meliputi biomassa, air, matahari, angin, CBM (*Coal Bed Methane*), hidrogen/fuel cell, oil shale, biogenic gas. Sampai saat ini, energi nasional masih bertumpu pada BBM dari fosil, gas dan batubara. Porsi konsumsi energi nasional sekitar 33% digunakan untuk sektor rumah tangga, sektor transportasi 29,31% dan industri 22,19%.

Kebutuhan energi pada sektor rumah tangga meningkat seiring dengan pertumbuhan penduduk dan peningkatan kesejahteraan masyarakat; sedangkan pada sektor transportasi dipengaruhi oleh jumlah kendaraan; dan pada sektor industri ditentukan oleh perkembangan kegiatan ekonomi subsektor yang tercermin pada kontribusi PDB setiap sektor (Zed, *dkk.* 2014). Kontribusi PDB sektor industri lebih dipengaruhi oleh jumlah tenaga kerja, upah pegawai, suku bunga, dan jumlah perusahaan yang beroperasi.

Produksi Bahan Bakar Minyak

Produksi minyak mentah di Indonesia diawali tahun 1871 melalui eksplorasi dan pengeboran minyak pertama oleh seorang Belanda, Jan Reerink, di Majalengka. Hal ini terjadi tidak lama setelah pengeboran minyak pertama di dunia oleh Kolonel Edwin Laurentine Drake dan William Smith de Titusville pada tahun 1859, di negara bagian Pensilvania, Amerika Serikat. Konsesi pengeboran minyak di Indonesia pertama diberikan kepada perorangan bernama Zylker yang memperoleh konsesi di daerah Telaga Said, Langkat, Sumatera Utara seluas 500 bahu (3,5 km²). Konsesi diberikan oleh Sultan Langkat pada tahun 1883 yang menghasilkan 8000-an liter minyak bumi.

Selanjutnya, fasilitas jaringan pipa dan kilang minyak mulai dibangun di Pangkalan Brandan pada tahun 1892. Sejak itu kilang minyak juga dibangun di berbagai daerah yang relatif jauh dari sumber minyak, antara lain di Cepu, Balikpapan, Plaju dan Sungai Gerong pada tahun 1894-1926. Sedangkan instalasi penimbunan minyak dan pelabuhan ekspor minyak pertama kali dibangun di Pangkalan Susu tahun 1898. Swasta mulai terlibat dalam pengusahaan produksi minyak mentah sejak diterbitkannya Undang-Undang Pertambangan (*Indische Mijnwet*) Pemerintah Hindia Belanda tahun 1899. Standard Oil of New Jersey (SONJ) merupakan perusahaan swasta pertama, yang datang ke Hindia Belanda pada tahun 1912, mendirikan anak perusahaan bernama *Nederlandsche Koloniale Petroleum Maatschappij* (NKPM). Tahun 1922 NKPM mampu memproduksi 10–20 ribu barel per hari dari sumur Talang Akar. Penemuan sumber minyak yang besar terjadi sebelum kemerdekaan yakni pada tahun 1944, pada saat ahli geologi NPPM (*Nederlandsche Pasific Petroleum Maatschappij*) melakukan pengeboran di Sumur Minas-1 di Riau. Penemuan inilah yang merupakan cikal bakal penguasaan Chevron terhadap cadangan minyak terbesar di

Indonesia. Melalui eksplorasi yang intensif, di awal tahun 90-an angka produksi minyak mentah nasional dapat menembus 1.6 jt barel per hari (bph).

Perkembangan produksi minyak fosil Indonesia 1965-2017 menunjukkan bahwa produksi minyak mencapai puncaknya pada periode 1977-2001 (Gambar 12), sedangkan kebutuhan minyak fosil terus meningkat secara nyata dengan pertumbuhan konsumsi lebih kurang 4% per tahun. Sumber produksi minyak Indonesia pada awalnya lebih terkonsentrasi di banyak cekungan yang ada di wilayah barat. Seiring dengan makin sedikitnya penemuan sumber minyak baru di wilayah Barat maka fokus eksplorasi minyak bergeser ke wilayah Timur Indonesia. Eksplorasi dan produksi minyak selama ini banyak dilaksanakan oleh kontraktor asing melalui pengaturan kontrak bagi hasil. Chevron Pacific Indonesia - anak perusahaan Chevron Corporation - adalah produsen minyak mentah terbesar di negara ini, yang berkontribusi sekitar 40% dari produksi nasional. Pemain-pemain besar lainnya di industri minyak Indonesia adalah Pertamina (BUMN), Total, Conoco Phillips, PetroChina, CNOOC, Medco, BP, Kodeco, dan Exxon Mobil. Akhir-akhir ini dengan telah berakhirnya kontrak dengan Chevron, pemerintah telah mengalihkan pengelolaan sumur Chevron Pacific Indonesia ke Pertamina, sehingga Pertamina menjadi pengelola yang berkuasa penuh atas seluruh hasil sumur minyak yang dikelola Chevron di Indonesia. Pemerintah berusaha menguasai proses produksi minyak bumi dari pihak asing dalam upaya meraih kembali kedaulatan energi.

Dalam kontrak produksi dan eksplorasi dengan kontraktor luar negeri, hasil minyak mentah dibagi sesuai dengan kesepakatan bagi hasil. Selama ini bagian hasil minyak untuk kontraktor biasanya diekspor. Akhir-akhir ini pemerintah mengambil kebijakan agar minyak bagi hasil bagian dari kontraktor langsung dibeli oleh Pertamina dan dikilang di dalam

negeri. Suatu kebijakan yang sangat logis dan tepat. Setidaknya akan dapat menambah hasil minyak mentah produksi dalam negeri yang dapat diolah, mengingat bahwa produksi minyak mentah Indonesia terbatas dan memang sudah tertinggal, baik dalam usaha eksplorasi sumur minyak baru maupun dalam pengolahan produk minyak. Hal ini disebabkan sangat terbatasnya pembangunan kilang minyak baru dan tertinggalnya kemampuan kilang berusia tua.

Ketersediaan Bahan Bakar Minyak

Pada hakekatnya terdapat pengertian yang berbeda antara minyak dan energi. Minyak adalah bahan bakar alami (bersumber dari fosil ataupun hayati) yang perlu diolah sehingga mencapai standar tertentu sebelum dimanfaatkan sebagai energi. Sedangkan energi adalah segala daya yang diperlukan untuk menjalankan aktivitas kehidupan, termasuk bahan bakar yang bersumber dari minyak. Oleh karena itu, suatu negara yang memiliki sumber minyak mentah dari fosil, belum berarti memiliki ketersediaan BBM sejumlah bahan bakar fosil yang mampu diproduksinya. Hasil dari minyak yang telah diolah dan siap menjadi energi (premium, pertalite, diesel, dll) itulah yang sebenarnya dikategorikan sebagai “minyak tersedia” atau BBM. Kemampuan produksi minyak mentah yang tidak seimbang dengan kemampuan produksi BBM inilah yang menjadi penyebab mengapa Indonesia yang pada saat surplus produksi minyak bumi juga sekaligus menjadi pengimpor BBM. Kebijakan bahwa semua minyak mentah yang diproduksi di dalam negeri harus dikilang di dalam negeri hingga saat ini ternyata tidak berlangsung mulus. Hal inilah yang menyebabkan harga BBM dalam negeri sangat bergantung dengan harga BBM di pasar internasional.

Ditjen Migas (2017b) menunjukkan bahwa kapasitas kilang di Indonesia sebenarnya mencapai 1,16 juta barel per hari (bph), namun saat ini hanya mampu mengolah minyak mentah menjadi produk BBM sekitar 885 ribu bph. Penyebabnya adalah usia kilang yang sudah tua (rata-rata 30 tahun). Bahkan sebenarnya dari produksi 885 BBM tersebut, hanya 680 ribu bph yang dapat dimanfaatkan langsung. Meskipun demikian, sebenarnya dengan melihat data makin menurunnya produksi minyak mentah dan tingkat kemampuan kilang saat ini, dan dengan asumsi BBM hasil kilang dalam negeri sama kualitasnya dengan BBM impor dengan kemampuan produksi kilang minyak kita; maka sebenarnya Indonesia tak perlu mengeksport produksi minyak mentahnya sehingga Indonesia tak perlu menanggung selisih harga BBM produksi luar negeri dan dalam negeri .

Pengolahan minyak mentah menjadi minyak bumi dilakukan melalui enam tahap yakni destilasi, *cracking*, *reforming*, polimerasi, alkilasi, *treating* dan *blending*. Destilasi adalah proses pemisahan fraksi minyak bumi berdasarkan pada perbedaan titik didih, dilanjutkan *cracking* berupa proses pengolahan minyak bumi yang bertujuan untuk menguraikan molekul besar senyawa hidrokarbon menjadi molekul hidrokarbon yang lebih kecil. Proses *cracking* atau proses *refinery* dapat dilakukan dengan tiga cara, yaitu: (1) *Thermal Cracking* yaitu pemecahan rantai senyawa hidrokarbon berantai panjang menjadi lebih pendek menggunakan katalis/pemanasan, untuk mendapatkan fraksi minyak bumi berdasarkan *boiling range*. (2) *Catalytic Cracking* yaitu proses menggunakan suhu tinggi dengan tekanan yang rendah dengan katalis untuk mempercepat laju reaksi fraksi. (3) *Hydrocracking*, kombinasi dari proses *thermal cracking* dan *catalytic cracking* yang menghasilkan senyawa jenuh. Proses *hydrocracking* ini dilakukan dalam tekanan yang tinggi. Beberapa hasil dari proses *hydrocracking* ini antara lain bensin dan bahan bakar jet. Kelebihan dari proses ini adalah kandungan sulfur pada fraksi

diubah menjadi senyawa hidrogen sulfida unyuk mempermudah pelepasan sulfur.

Berikutnya, proses *reforming* yaitu proses merubah struktur pada molekul fraksi yang mutunya buruk menjadi bermutu lebih baik, baik dengan menggunakan katalis atau proses pemanasan dan dapat disebut juga sebagai proses isomerasi. Proses alkilasi adalah proses penambahan jumlah atom pada suatu fraksi sehingga molekul sebuah fraksi tersebut menjadi lebih panjang dan bercabang. Pada proses alkilasi ini menggunakan bahan tambahan katalis asam yang kuat seperti H_2SO_4 , HCl atau $AlCl_3$ (asam Lewis). Dilanjutkan dengan proses polimerasi, proses penggabungan antara molekul-molekul kecil menjadi molekul yang lebih besar dalam sebuah fraksi sehingga mutu dari produk akhir menjadi meningkat.

Proses *treating* yaitu proses pemurnian fraksi minyak bumi melalui tahap eliminasi bahan pengotor dalam proses pengolahan. Bahan yang dihilangkan dalam proses *treating* ini antara lain yaitu (1) bau tidak sedap yang dihilangkan melalui proses *copper sweetening* and *doctor treating*, (2) parafin yang dihilangkan melalui proses *solvent dewaxing*, (3) lumpur dan warna yang dihilangkan melalui proses *acid treatment*, (4) aspal yang dihilangkan melalui proses *deasphalting* dan terakhir (5) belerang melalui proses *desulfurizing*. Inti dari proses ini adalah mengeliminasi bahan-bahan yang mengurangi mutu dalam proses pengolahan minyak mentah.

Terakhir, proses *blending* merupakan proses yang dilakukan untuk meningkatkan kualitas produk siap pakai dengan cara menambahkan bahan aditif. Antara lain dengan TEL (*tetra ethyl lead*), bahan aditif yang digunakan untuk menaikkan bilangan oktan bensin. Tahapan proses dilakukan untuk meningkatkan mutu hasil dari pengolahan minyak bumi menjadi siap pakai.

Data Ditjenmigas (2017a dan b) menunjukkan bahwa Indonesia mengolah minyak mentah yang dihasilkan menjadi (1) Bahan bakar (*Fuel*): Avtur, Bensin RON 88, kerosin, minyak solar, (2) Bahan bakar spesial meliputi : bensin Ron 90, 92, 95, 98,100, MGO, MFO 380, pertadex, dan (3) Non bahan bakar (*Non Fuel*) meliputi 58 jenis produk antara lain LPG, Lube Base Oil, asphalt 60/70, propane, paraxylene, pertasol, light naphtha, benzene. Jenis BBM yang paling banyak diproduksi dalam negeri adalah minyak solar, premium dan pertamax turbo (Tabel 3)

Tabel 3. Data Produksi BBM Dalam Negeri 2015-2017 (ribu kiloliter)

No.	Produk	2015	2016	2017
1	Avtur	3216,06	3621,89	3611,62
2	Premium (Ron 88)	11398,31	10944,58	7971,44
3	Kerosin	790,86	1026,32	924,43
4	Minyak Solar	20546,72	19665,17	20837,17
5	Minyak Diesel	154,53	154,01	115,80
6	Minyak Bakar	1903,39	1958,48	1499,82
7	Pertalite (Ron 90)	0	33,69	56,14
8	Pertamax (Ron 92)	1386,43	3882,29	6262,66
9	Pertamax Plus (Ron 95)	99,68	47,69	0
10	Pertamax Turbo (Ron 98)	0	42,26	81,63
12	Pertamax Racing (Ron 100)	7,15	4,05	0
13	MGO	0	945,37	385,49
14	MFO 380	0	5,51	3,84
15	Pertadex	38,53	79,88	54,79

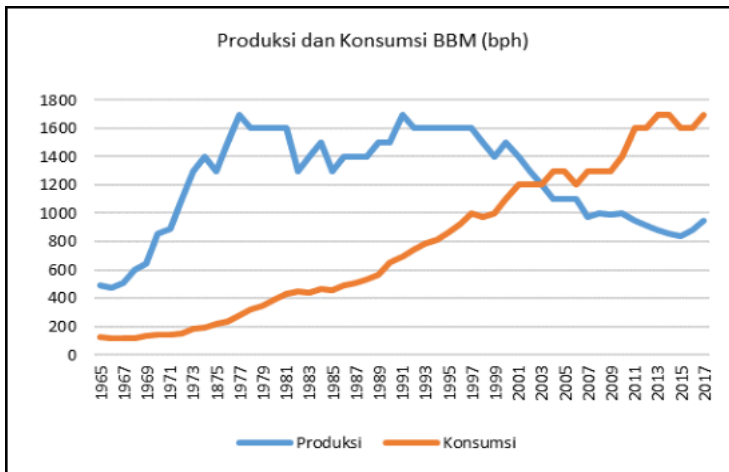
Sumber : Ditjenmigas (2017b) diolah.

Konsumsi Bahan Bakar Minyak

Konsumsi energi nasional harian pada tahun 2017 mencapai sekitar 1,3 juta barel per hari (bph) digunakan untuk sektor rumah tangga, transportasi dan industri. Konsumsi BBM tahun 2017 di dalam negeri dipenuhi dari pengilangan minyak di dalam negeri sebesar 525 ribu bph, impor minyak mentah sebesar 400

bph dan impor BBM sebesar 370 ribu bph. Dalam hal ini konsumsi energi biodiesel pada 2017 mencapai 79,43 ribu bph. Kebijakan mencampur minyak bumi dengan minyak nabati sangat logis dan memberikan peluang bagi Indonesia untuk keluar dari kesulitan menyediakan BBM untuk kebutuhan dalam negeri, sekaligus menekan emisi gas rumah kaca yang dicanangkan pemerintah hingga 26% pada tahun 2020.

Peningkatan konsumsi energi dalam negeri sebenarnya sangat wajar, mengingat pertumbuhan ekonomi Indonesia yang masih cukup tinggi yakni 5,17 % pada tahun 2018. Cukup tingginya pertumbuhan ekonomi ini memerlukan energi yang memadai untuk menjalankan perekonomian nasional. Selain itu, pertumbuhan penduduk tentu diiringi dengan kebutuhan energinya untuk menjalankan aktivitasnya sehari-hari. Sayangnya produksi BBM makin menurun, sehingga kesenjangan antara konsumsi dan produksi makin besar.

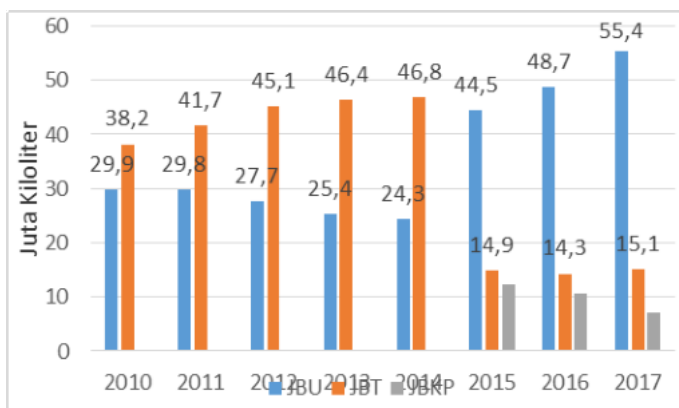


Sumber : BP. 2018 (Diolah).

Gambar 12. Grafik perkembangan produksi dan konsumsi BBM Indonesia 1965-2017.

Untuk mengatasi membengkaknya subsidi BBM, pemerintah memberlakukan harga jual berbeda untuk beberapa jenis BBM, yakni (1) Jenis BBM tertentu/bersubsidi (JBT) yang harganya ditetapkan pemerintah, dimana sejak 2015 yang diberikan subsidi hanya Minyak Solar dan Minyak Tanah, (2) Jenis BBM Khusus Penugasan (JBKP) yang harganya tidak diberikan subsidi, diberikan biaya tambahan 2% dan didistribusikan di wilayah non Jawa, Madura, Bali (Jamali) yaitu Bensin RON 88, dan (3) Jenis BBM Umum (JBU) di luar JBT dan JBKP seperti Paltalite dan Pertamina series.

Dalam Rancangan Anggaran Pendapatan Belanja Negara (RAPBN) 2019, kuota solar subsidi ditetapkan sebesar 14,5 juta kl. Besaran ini lebih rendah dari penetapan APBN 2018 sebesar 15,62 juta kl, meskipun total konsumsi solar subsidi sampai akhir 2018 hanya 14,5 juta kl. Produksi solar dalam negeri tahun 2017 sebesar 20,8 juta kiloliter (Tabel 3) sesungguhnya melebihi kebutuhan solar dalam negeri yang sekitar 14,5 juta liter dalam kelompok JBT. Kelompok ini terdiri dari solar dan minyak tanah konsumsinya pada tahun 2017 mencapai 15,1 juta liter (Gambar 13).



Sumber : BPHMigas (2019)

Gambar 13. Konsumsi Jenis BBM menurut Harga Jual per tahun

Potensi Kekurangan BBM asal minyak fosil

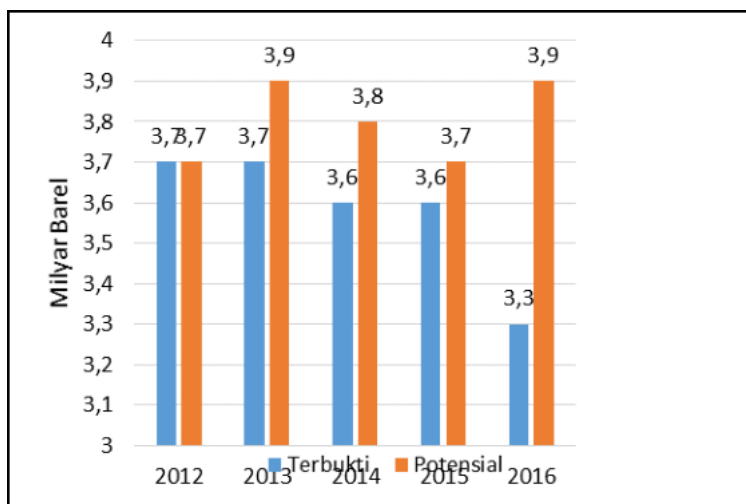
Kemungkinan Krisis

Konsumsi minyak yang cenderung meningkat dibarengi dengan merosotnya produksi membuat Indonesia mengalami defisit minyak sejak 2003 (Gambar 12). Secara rinci data BP (2018) menunjukkan bahwa produksi minyak Indonesia pada 2003 sebesar 1,18 juta barel per hari sementara konsumsi mencapai 1,23 juta barel. Artinya pada tahun tersebut sudah mulai terjadi defisit 54 ribu barel per hari. Produksi minyak Indonesia pada 2017 hanya tinggal 949 ribu barel per hari sementara konsumsi meningkat menjadi 1,65 juta barel per hari, sehingga defisit melebar menjadi 702 barel per hari.

Masa surplus minyak telah berakhir dalam periode tahun 2000-2005, dan selanjutnya Indonesia telah beralih status dari negara eksportir minyak menjadi negara *net importer*. Kondisi ini memaksa pemerintah untuk terus berusaha mengamankan pembiayaan APBN yang pada periode sebelumnya banyak diperoleh dari devisa penjualan minyak mentah dan sekaligus mengatasi isu sensitif terkait harga minyak serta tingginya konsumsi BBM dalam negeri. Menggenjot produksi minyak fosil dalam negeri sesungguhnya menjadi salah satu pilihan, namun sayangnya usaha ini kurang diimbangi dengan keberhasilan eksplorasinya. Isu harga dicoba diatasi dengan kebijakan subsidi, namun malah membebani keuangan negara karena harga minyak di pasar internasional cenderung tak stabil dan tinggi. Selain itu, konsumsi BBM dalam negeri terus meningkat seiring dengan pesatnya peningkatan pertumbuhan penduduk dan pertumbuhan ekonomi nasional.

Dengan cadangan minyak fosil tahun 2016 sebesar 3,3 milyar barel yang tersebar di berbagai wilayah (Gambar 15 dan 16) dengan produksi rata-rata 0.9 ribu barel per hari, banyak pihak

memperkirakan Indonesia masih memiliki waktu 11-12 tahun lagi untuk menggunakan cadangan minyaknya. Selain itu, dengan masih tersedianya cadangan minyak potensial pada tahun 2016 sebesar 3,9 milyar barel, diperkirakan masih ada tambahan sekitar 11 tahun lagi untuk mendapatkan minyak fosil di dalam negeri. Hanya saja untuk mendapatkan produksi dari cadangan minyak potensial tersebut dibutuhkan teknologi tinggi dan dengan biaya yang tinggi pula. Oleh karena itu, krisis minyak fosil nasional diperkirakan dapat terjadi lebih cepat, bahkan sebelum Indonesia mampu menguras cadangan minyak potensialnya sekitar 2020-an (Indirasardjana, 2014). Tanpa teknologi, produksi minyak Indonesia hanya 281 ribu barel per hari pada 2030.



Sumber: Ditjenmigas (2017a).

Gambar 14. Cadangan minyak terbukti dan potensial 2012-2016.



Sumber : Ditjenmigas (2017a)

Gambar 15. Peta cadangan minyak mentah 2016

Seandainya kapasitas kilang minyak Indonesia lebih besar daripada kemampuan produksi minyak mentahnya, atau setidaknya sama atau lebih besar dari kebutuhan BBMnya seperti misalnya yang dimiliki Singapore dan China; maka mengimpor minyak mentah dan mengekspor kelebihan BBM bisa menjadi salah satu cara mengatasi krisis minyak dalam negeri. Ini juga akan memberi nilai tambah produk minyak mentah di dalam negeri.

Sebagai gambaran, kapasitas kilang minyak Singapore dan China pada tahun 2014 masing-masing adalah 1,51 juta dan 14,18 juta bph, dengan konsumsi BBM masing-masing 1,38 juta dan 12,38 juta barel perhari (Indirasardjana, 2014). Lebih dari itu, seandainya Indonesia memiliki kebijakan yang konsisten dengan memanfaatkan berbagai potensi sumber energi terbaru dan terbarukan, maka Indonesia berpeluang besar selamat dari krisis

energi di masa depan sehingga kedaulatan energi dan keberlanjutan pembangunan nasional dapat terwujud.

Krisis energi sebenarnya tidak hanya akan dialami Indonesia saja, tetapi juga dunia. Krisis ini dapat terjadi karena ketergantungan dunia terhadap energi minyak fosil yang diiringi dengan pertumbuhan penduduk dunia yang pesat serta kebutuhan pertumbuhan ekonomi di era milenial untuk memenuhi aktivitas kehidupan modern. Persaingan untuk mendapatkan energi antar negara di dunia akan semakin tajam. Hanya negara yang mampu menyikapi dan menghadapinya dengan baik lah yang akan mampu mempertahankan kedaulatan energinya. Indonesia merupakan satu di antara banyak negara yang mempunyai kesempatan dan kemampuan untuk menghadapi kelangkaan energi dengan baik. Kebijakan energi yang berkelanjutan dan ramah lingkungan yang didukung oleh keragaman dan kekayaan sumberdaya energi terbaru dan terbarukan perlu dikelola dan dimanfaatkan dengan baik secara konsisten.

Dari sisi geografis, krisis energi juga dapat terjadi secara lokal atau wilayah karena pengadaan dan distribusi yang kurang merata akibat jauhnya jarak dan sulitnya medan yang ditempuh untuk melaksanakan transportasi dan distribusi bahan bakar. Untuk mengatasi kondisi demikian, potensi sumberdaya energi spesifik wilayah perlu terus dikembangkan.

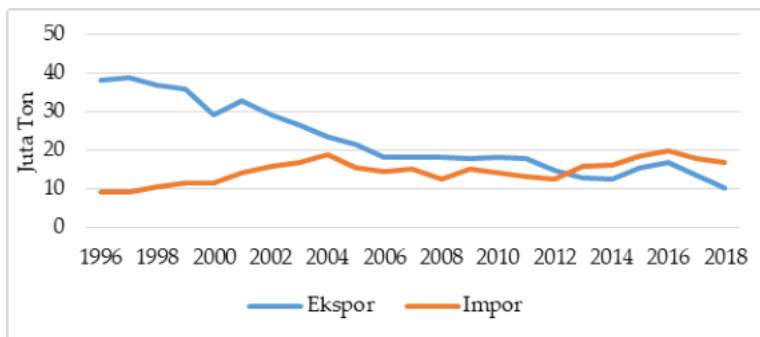
Ekspor- Impor Minyak Mentah dan BBM

Neraca perdagangan ekspor dan impor BBM tidak dapat dilepaskan dari neraca perdagangan minyak mentah dan hasil pengolahan minyak, yang pada tahun terakhir ini terus mengalami defisit baik dari sisi volume maupun nilai. BPS (2019) menunjukkan data perkembangan volume dan nilai ekspor minyak mentah 1996-2018 (Gambar 17 dan 18), bahwa selisih

volume ekspor dan impor mulai terjadi pada tahun 2013 yang pada tahun 2018 mencapai selisih 6,8 juta ton, sedangkan selisih nilai ekspor dan impornya terjadi sejak tahun 2003 dan pada tahun 2017 mencapai 1,7 milyar US\$.

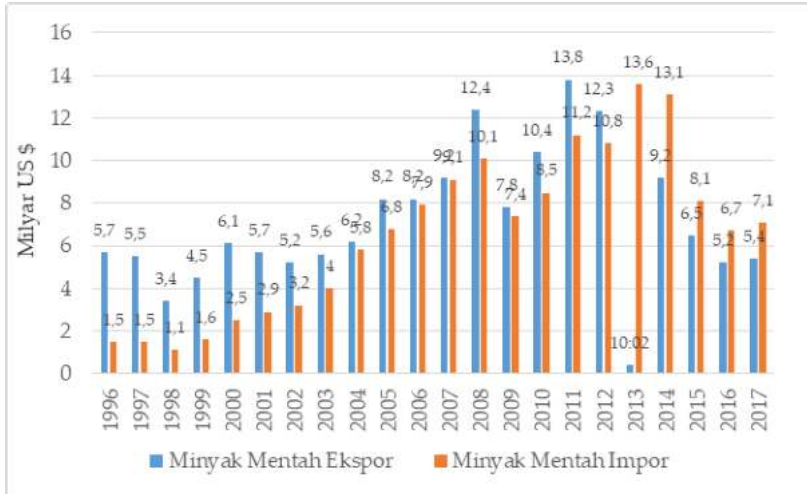
Defisit perdagangan hasil minyak sebenarnya telah mulai sejak 1996. Volume ekspor hasil minyak cenderung terus menurun, sedangkan impornya secara konsisten menunjukkan tren peningkatan yang nyata. Demikian pula dengan ekspor dan impor minyak mentah (Gambar 16 dan 17.). Pada tahun 2017 volume impor hasil minyak telah mencapai 26,93 juta ton (setara 216,23 juta barel minyak), yang pada tahun 1997 hanya sekitar 10 juta ton. Sebaliknya ekspor di 2017 mencapai sebesar 4,06 juta ton (setara 32,6 juta barel minyak). Sehingga defisit perdagangan hasil minyak pada 2017 mencapai 22,8 juta ton atau senilai USD 8,57 miliar (Gambar 19).

Nilai defisit perdagangan minyak terbesar sebenarnya terjadi pada periode 2010-2014 akibat tingginya harga minyak fosil dunia saat itu. Hanung (2018) menyebutkan bahwa komoditas produk minyak yang paling banyak diimpor adalah bahan bakar motor bernilai oktan di < 90 RON (*Research Octane Number*), bahan bakar motor dengan 90-97 RON, otomotif diesel, avtur, dan Naphta. Sejak 2012, impor bensin di >90 RON meningkat secara nyata, bersamaan dengan meningkatnya impor Naphta (bahan baku oktan tinggi) yang tumbuh 48,67% dalam 5 tahun terakhir.



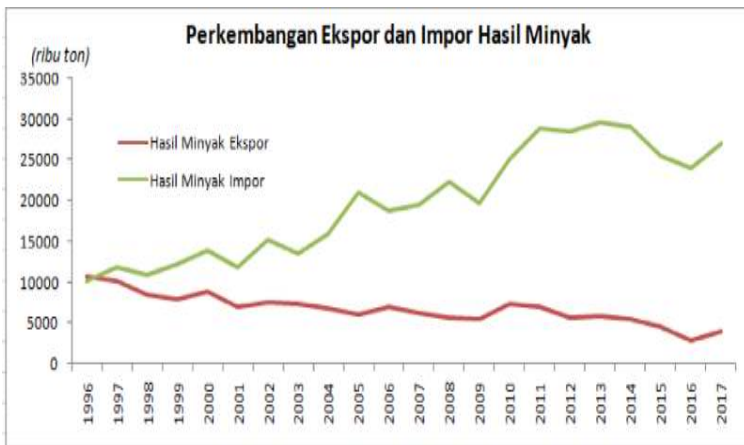
Gambar 16. Perkembangan volume ekspor dan impor minyak mentah Indonesia 1996-2018 (BPS, 2019)

Data menunjukkan bahwa rata-rata harian impor BBM Pertamina sampai pada pertengahan 2018 mencapai 393 ribu barel per hari, sedangkan pada tahun 2017 mencapai 370 ribu barel perhari. Secara terperinci, komposisi impor tahun 2018 terdiri atas impor bensin sebesar 316 ribu barel per hari naik dari rata-rata impor harian di 2017 yang sebesar 300 ribu barel per hari, dan impor solar sebesar 41 ribu barel per hari, dan impor avtur sebesar 44 ribu barel per hari. Catatan ini menunjukkan bahwa meski produksi solar dalam negeri sudah melebihi konsumsi, tetapi Indonesia masih impor solar.



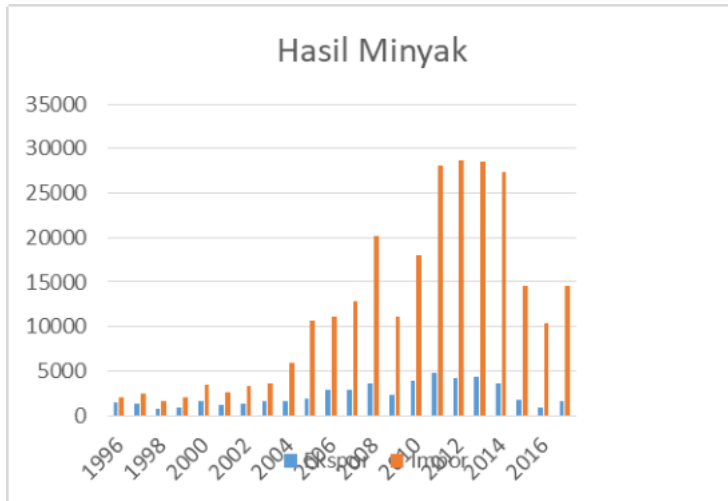
Sumber : BPS (2019) Diolah

Gambar 17. Perkembangan nilai ekspor dan impor minyak mentah Indonesia 1996-2017 (Milyar US \$).



Sumber: Hanung, 2018.

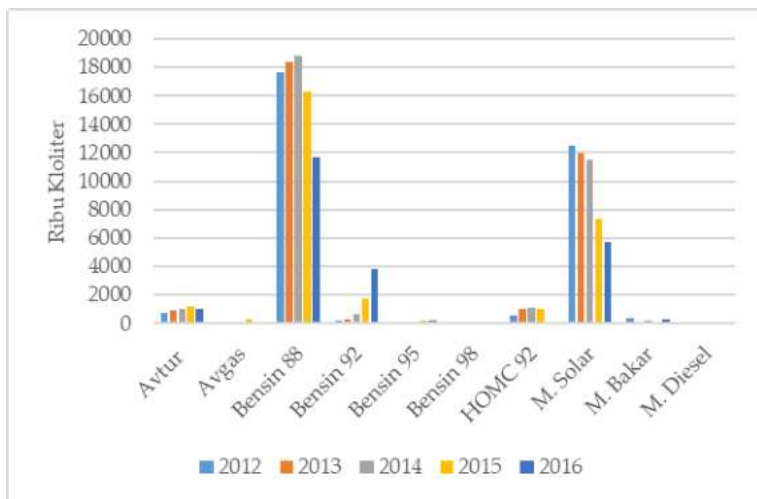
Gambar 18. Perkembangan volume ekspor dan impor hasil minyak 1996-2017 (ribu ton)



Sumber : BPS (2019).

Gambar 19. Perkembangan nilai ekspor dan impor hasil minyak Indonesia 1996-2017 (Juta US\$)

Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral (ESDM) juga merilis data impor BBM berdasarkan jenisnya untuk periode 2012-2016. Data impor Kementerian ESDM mengindikasikan impor BBM didominasi oleh jenis Bensin 88 dan minyak solar. Jenis bensin 88 terus menunjukkan peningkatan sejak medio 2011-2014, hingga mencapai 18,83 juta kiloliter (setara 118,43 juta barel minyak).



Sumber: Ditjen Migas (2017a).

Gambar 20. Volume impor BBM berdasarkan jenisnya

Saat ini Indonesia mengimpor minyak mentah terutama dari Arab Saudi, Nigeria, Australia, Angola dan sejumlah kecil dari beberapa Negara lainnya. Sedangkan impor BBM Indonesia terutama adalah dari Malaysia, Korea Selatan, Arab Saudi, Qatar dan sejumlah kecil dari beberapa negara lainnya. Jenis BBM yang diimpor saat ini meliputi avtur (*Aviation Turbin Fuel*), avgas (*Aviation Gasoline*), bensin 88/gasoline 88, bensin 92/gasoline 92, bensin 95/gasoline 95, bensin 98/gasoline 98, HOMC (*High Octane Mogas Component 92*), minyak solar, minyak bakar, minyak diesel (Ditjen Migas. 2017b). Berdasarkan jenis BBM, impor paling banyak adalah bensin 88 dan minyak solar. Pada tahun 2016 Indonesia mengimpor bensin 88 sebanyak 11645,41 kiloliter dan minyak solar sebanyak 5707,62 kiloliter. Impor dua jenis BBM pada tahun 2016 jauh sangat menurun dibanding tahun 2012-2015. Tetapi bensin 98 yang pada periode 2012-2015 tidak diimpor, ternyata pada tahun 2016 diimpor sebanyak 48,26

kiloliter, meski sesungguhnya kita juga sudah mampu mengolahnya dalam jumlah sangat terbatas.

Potensi penyediaan energi Indonesia sebenarnya cukup terbuka bila kebijakan yang ada selama ini secara konsisten dilaksanakan dengan memanfaatkan semua potensi sumber daya energi yang tersedia. Potensi energi nasional selain minyak bumi (yang dapat menghasilkan premium, solar, kerosin, minyak diesel, minyak bakar, avgas, avtur) adalah biofuel (minyak nabati, bioetanol/alkohol), gas bumi, panas bumi, batubara (batubara, briket, gas batubara, batubara cair, serta enegi baru dan terbarukan lainnya meliputi biomassa, air, surya, angin, dan hidrogen). Khususnya tentang biofuel yang berasal dari minyak kelapa sawit, perkembangan produksi dan ekspor CPO menggambarkan berapa potensinya yang dapat dimanfaatkan untuk pembuatan biofuel di dalam negeri. Selisih antara produksi dan ekspor plus kebutuhan konsumsi di dalam negeri dapat menjadi dasar potensi penggunaannya untuk *biofuel*.

BAB 3.

Potensi Besar Membangun Biofuel

Sudah menjadi pengetahuan umum, bahwa biofuel yang diartikan sebagai bahan bakar dari bahan baku bio khususnya dari pertanian, memiliki potensi besar untuk dikembangkan di Indonesia. Bahan baku dari pertanian tersebut dapat berupa hasil pokok tanaman seperti minyak nabati untuk bahan baku pembuatan biodiesel (CPO, minyak kelapa, kemiri sunan, dll), molasses untuk bioetanol maupun dari limbah padat pertanian seperti tandan kosong kelapa sawit, bagas tebu, sekam padi, tongkol jagung maupun sisa kayu. Ke depan diharapkan pengembangan biofuel diarahkan agar tidak mengganggu kebutuhan pangan. Walaupun menggunakan bahan yang secara tidak langsung terkait pangan seperti halnya CPO, makaimbangan penggunaan dan teknologinya diarahkan agar mampu mengatasi hal tersebut. Pertanian “non-pangan” termasuk yang juga menghasilkan bahan baku serta limbah biomassa padat dapat diproses untuk pembuatan biofuel, dan teknologinya pun sudah tersedia. Penggunaan CPO dan minyak nabati serta teknologi Alsin dan teknologi proses yang efisien untuk pembuatan biodiesel telah dikembangkan. Program B20 yang telah sukses dikembangkan saat ini dimungkinkan karena ada

potensinya serta didukung ketersediaan teknologinya. Teknologi tersebut mencakup baik dari segi ketersediaan tanaman unggul sampai dengan pengujian lapangannya pada mesin.

Potensi Produksi Pertanian Non-pangan

Bahan dari pertanian non-pangan untuk *biofuel* meliputi semua hasil dari pertanian yang dapat dijadikan bahan untuk pembuatan *biofuel* yakni biodiesel atau B100 dan *bioethanol* atau E100, namun tidak mencakup bahan untuk pembuatan pangan (jenis pangan langsung) seperti biji-bijian (beras, jagung, kedelai, kacang hijau, dll) serta umbi (ubikayu, ubijalar, dll). Artinya, bahan untuk *biofuel* meliputi limbah padat atau biomassa padat dari pertanian, seperti misalnya tongkol jagung, jerami padi, tandan kosong kelapa sawit, seresah tanaman, kayu sisa tebangan, dan lain-lain. Selain itu bahan pertanian non pangan juga meliputi bahan dari hasil utama tanaman minyak nabati yang tidak dapat digunakan sebagai bahan minyak goreng atau sejenisnya dan juga cairan tanaman palma hasil deres, seperti legen/nira kelapa, nira aren dan tanaman palma lainnya yang biasa digunakan untuk bahan pembuatan gula rakyat (gula merah, gula aren, dll). Bahan-bahan ini merupakan penghasil minyak nabati antara lain tanaman kemiri sunan, nyamplung, dan bintaro yang selanjutnya dapat digunakan untuk bahan biodiesel.

Di antara bahan non pangan tersebut, yang secara langsung dapat digunakan untuk bahan utama pembuatan biodiesel adalah dari tanaman kemiri sunan dan nyamplung melalui proses trans-esterifikasi. Perkembangan pertanaman non-pangan seperti kemiri sunan disampaikan pada Tabel 4. Khusus untuk kemiri sunan, sifat bawaannya masih harus dicermati agar biodiesel B100 yang dihasilkan dapat memenuhi syarat SNI. Reaktor mini untuk proses produksi biodiesel B100 sudah

dikembangkan oleh Kementerian Pertanian. Dibandingkan dengan nyamplung, informasi tentang kemiri sunan sudah lebih banyak sebagai bahan pembuatan biodiesel, walaupun bahan ini masih memiliki sifat alami tanaman yang harus diatasi jika terus akan digunakan sebagai bahan pembuatan biodiesel.

Tabel 4. Pertanaman Kemiri Sunan di Indonesia

No.	Lokasi	Luas		Populasi	
1	Garut, Jabar	17,5	ha	96	ph
2	Majalengka, Jabar	21,4	ha	112	ph
3	Subang, Jabar	5,0	ha	600	ph
4	Sumedang, Jabar	506,0	ha	50.600	ph
5	Sukabumi, Jabar	11,0	ha	1.430	ph
6	Boyolali, Jateng	2,0	ha	300	ph
7	Lamongan, Jatim	700,0	ha	70.000	ph
8	Wonogiri, Jateng	56,0	ha	5.600	ph
9	Bangka Induk, Babel	62,0	ha	6.200	ph
10	Bintan, Kepri	1,0	ha	100	ph
11	Kutai Kertanagara, Kaltim	100,0	ha	15.000	ph
12	Tabalong, Kalsel	2,0	ha	327	ph
13	NTB	305,0	ha	31.000	ph
14	Ngada, NTT	600,0	ha	120.000	ph
	Jumlah	2.350	ha	301.157	ph

Sumber : Pranowo (2019)

Indonesia memiliki potensi besar untuk pengembangan *biodiesel*. Tanaman yang dapat dijadikan sumber bahan baku cukup melimpah seperti kelapa sawit, kelapa, jarak pagar, kemiri, kemiri sunan, nyamplung, malapari, biji karet, dan tanaman penghasil minyak nabati lainnya. Sementara, ketersediaan lahan kritis juga cukup besar dan dapat dikembangkan sebagai kebun energi yang disesuaikan dengan karakter tanaman penghasil minyak nabati yang akan dikembangkan.

Minyak nabati dibagi menjadi 2 (dua) golongan, yaitu minyak nabati yang dapat dimakan (*edible oil*) dan minyak nabati yang tidak dapat dimakan (*inedible oil*). Contoh minyak nabati yang dapat dikonsumsi antara lain minyak kelapa sawit, minyak jagung, minyak kelapa, minyak biji kapas, minyak zaitun, minyak kacang tanah, minyak wijen, minyak kedelai, minyak bunga matahari. Sedangkan minyak yang tidak dapat dikonsumsi antara lain minyak jarak pagar, minyak karet, minyak kemiri sunan, minyak malapari, minyak kosambi, minyak nyamplung (Tabel 5).

Tabel 5. Tanaman Penghasil Minyak Nabati di Indonesia

Nama tanaman	Nama Latin	Bagian Tanaman	Kandungan Minyak
Kelapa Sawit	<i>Elaeis guineensis</i>	Sabut	45-70
		daging buah	46-54
Kelapa	<i>Cocos nucifera</i>	Daging Buah	60-70
Jarak pagar	<i>Jatropha curcas</i>	Inti Biji	40-60
Kacang Tanah	<i>Arachis hypogea</i>	Biji	35-55
Kapok/randu	<i>Ceiba pentandra</i>	Biji	24-40
Kecipir	<i>Psophocarpus tetrag</i>	Biii	15-20
Kelor	<i>Moringa oleifera</i>	Blji	30-49
Karet	<i>Hevea brasiliensis</i>	Biji	40-50
Kemiri	<i>Aleurites moluccana</i>	Inti biji(kernel)	57-69
Kemiri sunan	<i>Reutealis trisperma</i> (Blanco) Airy Shaw	Inti biji (kernel)	50-60
Malapari/ki pahang laut	<i>Pongamia pinnata</i>	Biji	27-39
Kesambi	<i>Sleichera trijuga</i>	Daging Biji	55-70
Nyamplung	<i>Callophyllum inophyllum</i>	Inti Biji	40-73
Saga utan	<i>Adenanthera pavonina</i>	Inti Biji	14-28

Sumber : Sugiyono, A (2006)

Bahan non pangan sebenarnya dapat digunakan sebagai pembuatan *bioethanol*, dengan memanfaatkan limbah padat pertanian atau biomasa padat pertanian seperti tongkol jagung,

jerami, sekam padi, tandan kosong sawit atau biomasa kayu-kayuan dari pertanian, menggunakan teknologi pembuatan *biofuel* generasi dua. Teknologi ini menjadi favorit di dunia dan menjadi salah satu saran terbaik agar tidak bersaing sebagai bahan pangan. Teknologi ini sudah dikembangkan dan sudah dikuasai oleh Kementerian Pertanian sejak 7-8 tahun lalu (Prastowo *et al.*, 2011). Jika diurutkan, potensi limbah biomasa padat dari pertanian untuk bisa dikonversi menjadi bioenergi adalah tandan kosong kelapa sawit, sekam padi, bagas tebu, tongkol jagung, cangkang kelapa sawit, sisa kayu karet kemudian bathok dan serat kelapa (Prastowo, 2012). Oleh karena sifat bahannya, potensi tersebut tidak seluruhnya dapat digunakan untuk bahan baku biodiesel (/B100). Selain itu, potensi tersebut dengan asumsi kurang dari 50% tandan kosong kelapa sawit dapat digunakan sebagai pupuk kompos. Angka-angka lebih detil mengenai potensi ini memang masih harus diperoleh lebih lanjut.

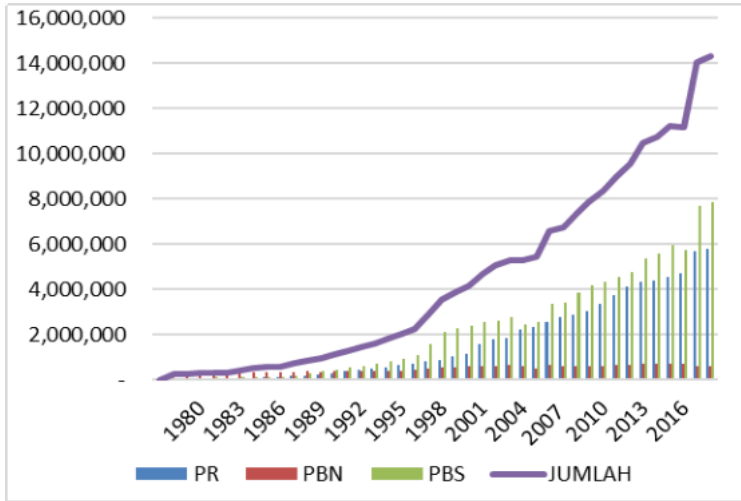
Patut menjadi perhatian ke depan bahwa penggunaan biomasa padat pertanian harus memperhatikan kebutuhan bukan hanya sebagai bahan pembuatan *biofuel*, tetapi juga untuk kebutuhan bahan organik tanah dan pakan. Telah diketahui bahwa sekitar 73 % tanah pertanian di Indonesia kekurangan bahan organik karena beberapa sebab. Untuk mencukupi kebutuhan bioenergi, hampir semua hasil biomasa tersebut akan habis bahkan tidak cukup jika digunakan untuk menutup seluruh kebutuhan energi nasional. Oleh karena itu, proporsi di antara ketiga kepentingan ini, yakni proporsi antara kebutuhan biomasa untuk bahan organik, pakan dan untuk bahan pembuatan bioenergi di masa mendatang harus ditetapkan (Prastowo, 2007b, Prastowo, 2012). Kebijakan tentang hal ini sampai saat ini belum tersedia. Inilah mungkin alasan mengapa ekspor biomasa (tongkol jagung, cangkang, dan biomasa sejenisnya) sampai saat ini sama sekali

belum dibatasi, meskipun pertanian dan pembangkit listrik tenaga biomasa dalam negeri sendiri sangat membutuhkan.

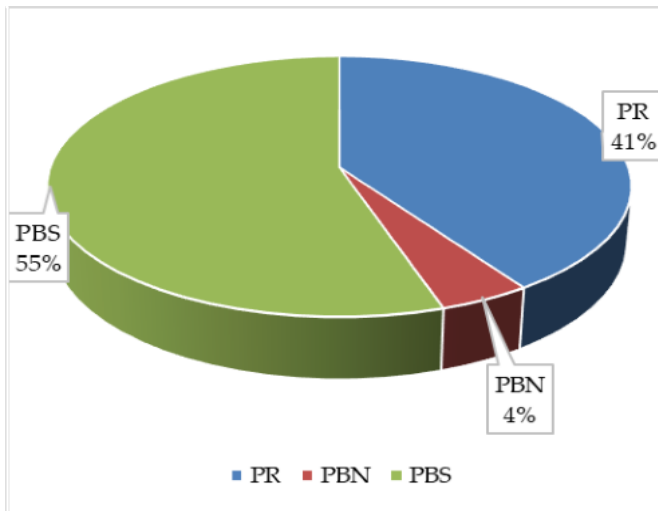
Produksi dan Ketersediaan *Crude Palm Oil* (CPO) untuk Biodiesel

Indonesia saat ini merupakan penghasil CPO terbesar di dunia, dan memiliki pertanaman kelapa sawit yang terluas di dunia. Luas total pertanaman kelapa sawit pada tahun 2018 adalah 14.327.093 ha, meliputi 54,90 % milik swasta, 4,54 % milik perusahaan negara, dan 40,56 % milik rakyat (Kementerian Pertanian, 2018). Produksi CPO tahun 2018 diperkirakan sekitar 42 juta ton, yang meliputi produksi dari perkebunan swasta 30-35 juta ton, perusahaan negara sekitar 1,8 juta ton, dan dari perkebunan rakyat sekitar 6-9 juta ton (Sitanggang, 2018).

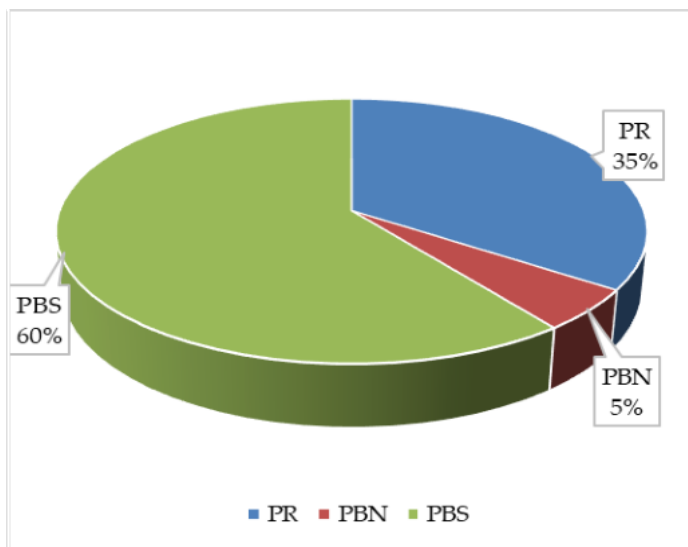
Oleh karena kewajiban B20 sampai akhir tahun 2018 diperkirakan hanya sampai 95%, sehingga stok akhir CPO (digunakan untuk lain-lain dan mungkin termasuk menjadi stok akhir) sekitar 2,844 juta ton. Jadi untuk 2-3 tahun mendatang, ketersediaan CPO untuk program nasional B20 atau mungkin B30 sebenarnya tidak mengkhawatirkan. Sebaliknya untuk jangka panjang, para pakar sepakat bahwa jika program peremajaan (*replanting*) tidak berjalan sesuai rencana, maka ketersediaan CPO untuk program B20 apalagi B30 mungkin perlu lebih dicermati kembali. Termasuk dalam hal ini adalah perhitungan jika ekspor CPO meningkat (terutama ke China dan India) di tengah tanda-tanda menurunnya produksi CPO dari Malaysia. Seandainya program *replanting* agak lambat teralisasi, maka kebijakan pengalihan sebagian ekspor CPO menjadi bahan untuk produksi biodiesel B100 di dalam negeri, perlu pertimbangan serius.



Gambar 21. Perkembangan Luas Pertanaman Kelapa Sawit di Indonesia



Gambar 22. Perbandingan luas areal menurut status perusahaan tahun 2018



Gambar 23. Perbandingan Produksi menurut status perusahaan tahun 2018

Tabel 6. Stok akhir CPO setelah digunakan untuk berbagai keperluan di Indonesia tahun 2015 – 2019 (ribu ton)

No	Penggunaan	2015	2016	2017	2018	2019
1	Konsumsi Biodiesel dalam negeri	794	2.617	2.219	3.727	5.500
2	Ekspor Biodiesel	205	373	163	1.724	1.000
3	Stok Akhir CPO	5.808	3.747	4.021	3.350	2.844

Sumber : Sitanggang, 2018

Ketersediaan Inovasi *Biofuel*

Pengembangan teknologi untuk pembuatan dan pemanfaatan minyak nabati, *biodiesel* serta *biofuel* secara umum sudah dilakukan di Kementerian Pertanian sejak beberapa tahun lalu. Pengembangan tersebut meliputi pengembangan varitas unggul tanaman penghasil bahan bakar nabati, alat dan mesin (Alsin)

untuk pembuatan dan pemanfaatan minyak nabati, sampai kepada pengembangan teknologi Alsin dan teknologi proses pembuatan biodiesel/B100. Varietas unggul tanaman tersebut meliputi jarak pagar varietas seri IP-1, IP-2 dan IP-3 dan varietas unggul kemiri Sunan-1 dan 2 serta varietas unggul kemiri sunan Kermindo-1 dan 2. Minyak nabati dari kelapa sawit (CPO) dan dari jarak pagar serta tanaman kemiri sunan telah dicoba pemanfaatannya, baik secara langsung dengan kompor tipe tekan maupun untuk diproses menjadi *biodiesel* menggunakan reaktor yang juga dikembangkan oleh Kementerian Pertanian.

Secara rinci inovasi terkait pengembangan biofuel meliputi: (1) Varietas unggul tanaman penghasil bahan untuk pembuatan biodiesel/B100; (2) Teknologi dan peralatan untuk pembuatan dan pemanfaatan biodiesel; dan (3) Teknologi proses pembuatan biodiesel.

Varietas Unggul Tanaman Penghasil Bahan untuk Biodiesel B100

Tanaman yang sampai saat ini paling siap dimanfaatkan untuk bahan pembuatan biodiesel/B100 adalah kelapa sawit. Semua varietas yang ada yang mampu menghasilkan CPO pada prinsipnya dapat dipanen dan dimanfaatkan sebagai penghasil bahan baku biodiesel B100. Kelapa sawit paling tersedia untuk menghasilkan CPO yang siap digunakan sebagai bahan baku dalam industri pembuatan biodiesel/B100. Teknologi pembuatan B100 sudah agak lama ada di Indonesia, oleh karena itu program B20 Pemerintah mulai tahun 2018 dapat memperoleh pasokan dari industri penghasil biodiesel tersebut.

Tanaman lain yang dapat digunakan sebagai bahan pembuatan biodiesel/B100 adalah kelapa, yaitu dengan memanfaatkan produk minyaknya. Persoalannya adalah komoditas kelapa sangat bersaing dengan penggunaan untuk pangan. Selain kelapa, tanaman kemiri sunan juga dapat

menghasilkan minyak nabati sebagai bahan baku pembuatan *biodiesel* B100. Kelebihan dari tanaman ini adalah pemanfaatannya yang juga dapat diarahkan sebagai tanaman konservasi untuk lahan-lahan kering miring yang rawan kekeringan dan rawan erosi. Akarnya yang kuat dan kanopinya yang rindang memiliki kelebihan untuk naungan termasuk untuk konservasi kadar air tanah.

Sementara, varietas unggul Kemiri Sunan yang sudah dilepas oleh Kementerian Pertanian adalah varietas Kemiri Sunan 1 dan 2, serta Kermindo 1 dan 2. Kekurangan dari minyak nabati dari kemiri sunan untuk bahan pembuatan *biodiesel* antara lain karena kandungan *iodine*-nya yang cukup tinggi yaitu > 115 dan juga kestabilan oksidasi yang masih harus ditangani (komunikasi dengan pakar bioenergi Tatang, 2014). Sektor pertanian masih menggarap penelitian dan pengembangan komoditas ini karena ada manfaat lain nantinya yaitu untuk tanaman konservasi dan naungan untuk komoditas perkebunan yang memerlukannya, termasuk peluangnya untuk bahan tanaman reklamasi lahan eks pertambangan dan bukan semata-mata untuk keperluan bahan baku *biodiesel*.

Teknologi dan Peralatan untuk pembuatan dan pemanfaatan minyak nabati dan biodiesel/B100

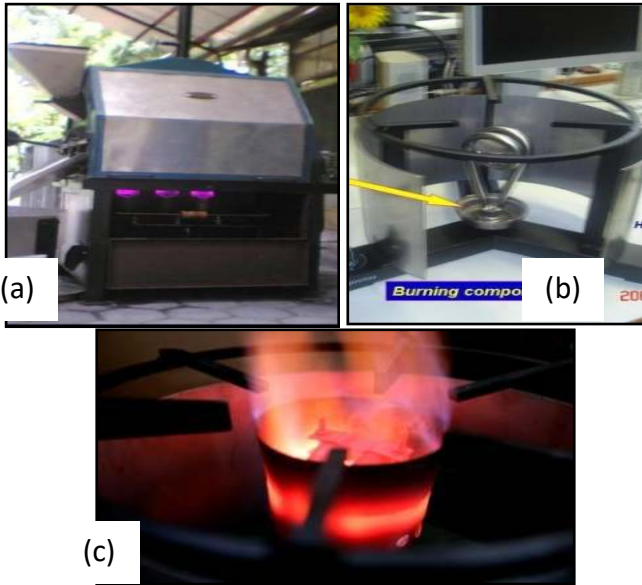
Berdasarkan pertimbangan bahwa sektor pertanian juga memerlukan energi termasuk dari bioenergi untuk wilayah-wilayah terpencil, maka dipandang perlu untuk mengembangkan teknologi termasuk peralatannya, baik untuk memproduksi bioenergi maupun pemanfaatannya. Teknologi dan peralatan yang telah dikembangkan antara lain :

Peralatan untuk Pemanfaatan Minyak Nabati (CPO, Minyak Kelapa, Minyak Kemiri Sunan)

Kementan telah menambangkan kompor untuk rumah tangga dan agroindustri perdesaan dengan bahan bakar minyak nabati (CPO, minyak kelapa, minyak kemiri sunan dan sejenisnya) (Prastowo, 2007a). Teknologi ini telah dikembangkan sejak tahun 2007 di Kementerian Pertanian bekerjasama dengan University of Hohenheim Jerman dan swasta Jerman BSH. Pengujian penggunaan kompor berbahan bakar dari CPO dan minyak nabati lain telah dilakukan antara lain untuk keperluan ibu-ibu rumah tangga, pedagang makanan atau kaki lima, serta untuk mengoperasikan mesin sangrai kopi (*roaster*) (Sukrisno *et al.*, 2008). Kompor semacam ini sangat dibutuhkan di wilayah perdesaan.



Gambar 24. Kompor tekan dengan bahan bakar minyak nabati (CPO, minyak kelapa dll), tipe lama (a), dan tipe baru (b)



Gambar 25. a) Mesin penyangrai kopi; b) menggunakan kompor tipe tekan; c) Pembakaran dengan bakar minyak nabati (CPO, minyak kelapa, minyak kemiri sunan dll)

Teknologi dan Peralatan untuk Pembuatan Biodiesel B100

Kementan telah mengembangkan reaktor skala mini untuk produksi biodiesel/B100 dari minyak nabati. Peralatan dan teknologi lain untuk pembuatan biodiesel ini sebenarnya sudah ada dan banyak yang sudah beroperasi pada skala komersial. Kelebihan reaktor yang dikembangkan oleh Kementerian Pertanian ini adalah mampu memproses minyak nabati dengan kadar asam lemak bebas (FFA=*Free Fatty Acid*) yang cukup tinggi, yang seringkali ditemui pada CPO atau minyak nabati lain sebelum diproses, apalagi sumber pertanamannya di daerah pelosok (Gambar 26).



Gambar 26. Kiri: Reaktor multifungsi dengan Sistem Metanol Recovery untuk membuat biodiesel/B100 rekayasa Kementan di Instalasi Bioenergi di Pakuwon; Kanan: Mentan RI saat meninjau pengembangan biodiesel 100% (B100) di Balai Penelitian Tanaman Industri dan Penyegar (Balittri, Sukabumi)

Teknologi Proses Pembuatan Biodiesel/B100 telah dikembangkan melalui teknik baru dan telah dipatenkan oleh Kementerian Pertanian. Kedua paten ini diharapkan segera akan dikembangkan (*scaling up*) oleh swasta atau pihak lain untuk diproduksi secara komersial. Penggunaan inovasi proses pembuatan biodiesel/B100 dari paten baru ini mampu meningkatkan efisiensi proses dan berpotensi besar untuk mengurangi biaya produksi, dapat menerima bahan baku CPO maupun minyak nabati lainnya yang memiliki asam lemak bebas (FFA) tinggi, yang selama ini menjadi kendala atau penyebab ongkos produksi masih tinggi.

Catatan untuk teknologi dan peralatan pembuatan biodiesel/B100 seperti diuraikan di atas adalah bahwa kualitas biodiesel/B100 tetap harus sesuai dengan SNI yang berlaku di Indonesia yaitu SNI 7182-2015, agar dapat digunakan dengan aman dan apalagi untuk dipasarkan. Perlu ditambahkan bahwa SNI ini sebenarnya dalam proses penerbitan SNI yang baru.

Inovasi Lainnya Terkait Pengembangan Biofuel

Beberapa lembaga riset di luar Kementerian Pertanian juga sedang mengembangkan inovasi mengenai *biofuel*. Pertamina bersama ITB dan Lemigas serta BPDP Kelapa Sawit sedang mengembangkan teknologi untuk produksi *Green Gasoline (G7,5)* yaitu campuran bensin nabati 7,5% di dalam bensin fosil, menggunakan bahan baku CPO yang telah ditingkatkan kualitasnya (*Refined Bleached and Deodorized Palm Oil* atau RBDPO). *Green Gasoline* diharapkan dapat membantu mengatasi kebutuhan premium.

Pada saat yang sama, Pertamina bersama Swasta asal Italia juga sedang mengembangkan *Green Diesel (Dxx)* dengan bahan baku juga dari CPO, yang nantinya dapat membantu mengatasi kebutuhan solar. *Green solar* memiliki sifat yang mirip dengan solar, sedangkan *Green Gasoline* memiliki sifat mirip premium. Kedua jenis bahan bakar tersebut seringkali dirancukan oleh masyarakat sebagai B100 yang tak lain adalah biodiesel atau FAME.

Inovasi *biofuel* yang mendukung penggunaan B20 saat ini sudah diterapkan, dicerminkan dengan ditetapkannya program nasional B20 sejak tahun 2018. Saat ini sedang diteliti dan dikaji penggunaan B30 untuk skala lapangan oleh Lemigas dan BPPT bekerjasama dengan berbagai pihak antara lain BPDP Kelapa Sawit. Kajian penggunaan B30 meliputi kualitas B30 yang diperlukan, pengaruhnya terhadap diesel *engine* dan komponen-komponennya, emisi, dan kinerja *engine* serta kinerja hasil “*road test*”.

BAB. 4

Kebijakan, Strategi dan Rencana Aksi Membangun Biofuel

Rencana Umum Energi Nasional (RUEN) merupakan amanat Undang-Undang (UU) Nomor 30 Tahun 2007 tentang Energi. Berdasarkan amanat Pasal 17 ayat (1) Undang-Undang tersebut, Pemerintah menyusun Rancangan RUEN berdasarkan Kebijakan Energi Nasional (KEN) dan Pasal 12 ayat (2) huruf b mengamanatkan Dewan Energi Nasional (DEN) bertugas menetapkan RUEN. RUEN merupakan pedoman pengelolaan energi nasional guna mewujudkan kemandirian energi dan ketahanan energi nasional dalam mendukung pembangunan nasional berkelanjutan. Di dalam mencapai kemandirian dan ketahanan energi tersebut, terdapat perubahan paradigma bahwa energi tidak lagi sebagai sumber devisa negara, tetapi energi harus dipandang sebagai modal pembangunan. Secara garis besar dapat dikemukakan bahwa inti RUEN adalah : (1) peningkatan nilai tambah sumberdaya energi; (2) penyelarasan target fiskal dengan kebijakan energi; (3) pengurangan ekspor energi fosil; (4) pengembangan energi baru terbarukan dan diupayakan secara maksimal pencapaiannya; (5) pencapaian minimal penggunaan minyak bumi; (6) pengotimalan pemanfaatan gas bumi; (7) penguasaan teknologi dan nilai tambah; (8) pengembangan infrastruktur energi; (9) efisiensi, konservasi energi dan lingkungan (DEN, 2019).

4.1. Rencana Umum Energi Nasional

RUEN ditetapkan melalui Peraturan Presiden Nomor 22 Tahun 2017. Di dalam Pasal 3 ayat 1 dinyatakan bahwa RUEN berfungsi sebagai rujukan: (1) penyusunan dokumen perencanaan pembangunan pusat dan perencanaan pembangunan daerah; (2) penyusunan Rencana Umum Ketenagalistrikan (RUKN) dan Rencana Umum Usaha Penyediaan Tenaga Listrik (RUPTL); dan (3) penyusunan APBN/APBD oleh Kementerian Negara/Lembaga Pemerintah Non-Kementerian dan Pemerintah Daerah serta pelaksanaannya. Sementara itu pada Pasal 3 ayat 2 juga dinyatakan bahwa fungsi RUEN adalah sebagai pedoman bagi: (1) Kementerian Negara/Lembaga Pemerintah Non Kementerian untuk menyusun dokumen rencana strategis; (2) pemerintah propinsi untuk menyusun Rencana Umum Energi Daerah Propinsi (RUED-P); (3) Kementerian dan Pemerintah Daerah untuk melaksanakan koordinasi energi lintas sektor; (4) masyarakat untuk berpartisipasi dalam pelaksanaan pembangunan nasional bidang energi.

Dengan dasar Pasal 3 ayat 1 dan 2 diatas, maka RUEN memiliki fungsi yang sangat strategis dalam pembangunan energi nasional. Fungsi tersebut tidak hanya pada aspek penyusunan program dan anggaran pembangunan energi, tetapi juga sebagai pedoman untuk menyusun rencana strategis, koordinasi lintas sektor dan acuan bagi partisipasi masyarakat.

Sesuai amanat Pasal 6 ayat (1) Peraturan Presiden Nomor 22 Tahun 2017 tentang RUEN, RUEN dapat ditinjau kembali dan dimutakhirkan secara berkala setiap 5 (lima) tahun sekali atau sewaktu-waktu dalam hal Kebijakan Energi Nasional mengalami perubahan mendasar dan atau adanya perubahan lingkungan strategis, antara lain perubahan indikator perencanaan energi, baik di tingkat nasional, regional maupun internasional.

Sesuai dengan Perpres Nomor 22 Tahun 2017, dinyatakan bahwa RUEN adalah kebijakan Pemerintah Pusat mengenai rencana pengelolaan energi tingkat nasional yang menjadi penjabaran dan rencana pelaksanaan KEN yang bersifat lintas sektor untuk mencapai sasaran KEN, yang berisi hasil pemodelan kebutuhan-pasokan (demand-supply) energi hingga tahun 2050, dan kebijakan serta strategi yang akan dilakukan untuk mencapai sasaran tersebut. RUEN juga menjadi acuan dalam penyusunan Rencana Umum Energi Daerah tingkat propinsi (RUED-P).

Peran dan manfaat RUED-P bagi daerah adalah: (1) menjamin ketersediaan energi di daerah hingga tahun 2050, (2) mendukung rencana pembangunan dan pengembangan daerah, termasuk kawasan industri, (3) sebagai dasar bagi daerah untuk mengajukan anggaran melalui APBN/APBD untuk pengembangan infrastruktur energi daerah, terutama EBT, (4) membuka potensi pengembangan ekonomi daerah melalui pembangunan infrastruktur energi, baik hulu maupun hilir, industri pengolahan dan industri lainnya, (5) memberikan kepastian ketersediaan energi bagi investor untuk melakukan investasi di daerah (DEN, 2019).

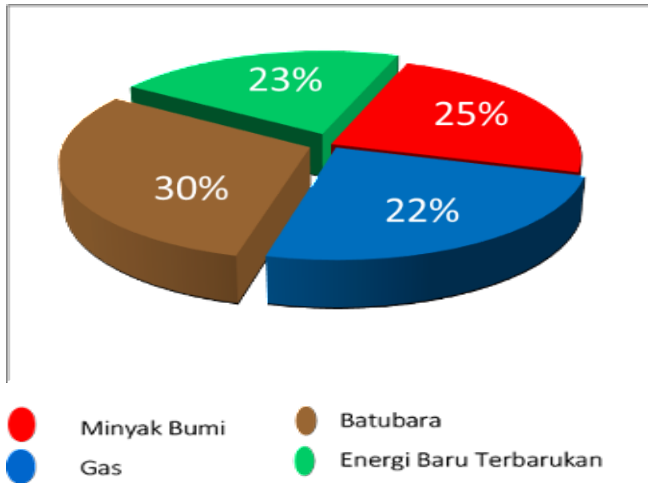
Sebagaimana dikemukakan dalam dokumen RUEN, maka arah kebijakan energi ke depan berpedoman pada paradigma bahwa sumber daya energi tidak lagi dijadikan sebagai komoditas ekspor semata, tetapi sebagai modal pembangunan nasional untuk tujuan mewujudkan kemandirian pengelolaan energi, menjamin ketersediaan energi dan terpenuhinya kebutuhan sumber energi dalam negeri, mengoptimalkan pengelolaan sumber daya energi secara terpadu dan berkelanjutan, meningkatkan efisiensi pemanfaatan energi, menjamin akses yang adil dan merata terhadap energi, pengembangan kemampuan teknologi, industri energi dan jasa energi dalam negeri, menciptakan lapangan kerja dan

terkendalinya dampak perubahan iklim dan terjaganya fungsi lingkungan hidup.

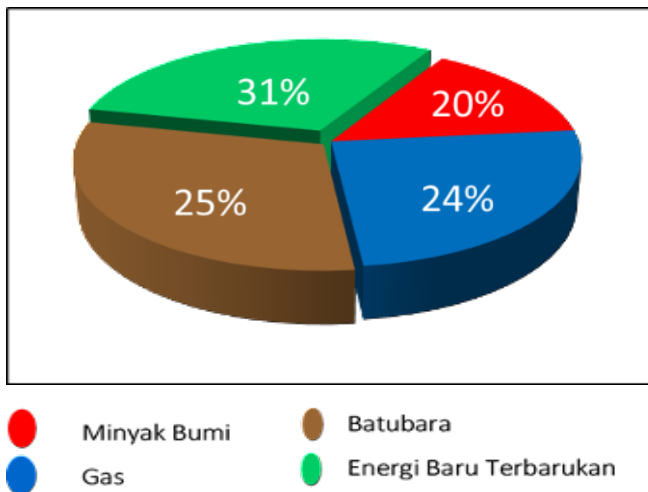
Dengan kata lain bahwa energi sebagai modal pembangunan juga mengandung makna bahwa energi seyogyanya diperlakukan sebagai modal dasar dalam menggerakkan ekonomi nasional melalui peningkatan nilai tambah dari energi dari proses produksi di seluruh sektor ekonomi. Dengan meningkatnya nilai tambah tersebut diharapkan dapat diperoleh manfaat yang jauh lebih banyak dan berkualitas, sehingga kontribusi energi menjadi semakin besar.

Sebagaimana telah dijelaskan sebelumnya bahwa sasaran pertama dalam rangka mewujudkan tujuan pengelolaan energi nasional sebagaimana tercantum dalam Kebijakan Energi Nasional adalah terwujudnya paradigm baru bahwa energi sebagai modal pembangunan nasional. Sasaran berikutnya adalah tercapainya bauran energi primer yang optimal. Dalam kaitan dengan sasaran tersebut, dapat dikemukakan bahwa energi baru terbarukan (EBT) paling sedikit 23% pada tahun 2025 dan paling sedikit 31% pada tahun 2050. Minyak bumi kurang dari 25% pada tahun 2025 dan kurang dari 20% pada tahun 2050. Batubara minimal 30% pada tahun 2025 dan minimal 25% pada tahun 2050. Gas bumi minimal 22% pada tahun 2025 dan minimal 24% pada tahun 2050. Secara skematis sasaran bauran energi primer nasional hingga periode 2050 dapat dilihat pada Gambar 27 dan Gambar 28.

BAURAN ENERGI (*energy mix*) NASIONAL MENUJU 2050



Gambar 27. Sasaran Bauran Energi Nasional 2025 (Sumber : PP 79/2014 tentang Kebijakan Energi Nasional)



Gambar 28. Sasaran Bauran Energi Nasional 2050

4.2. Kebijakan dan Strategi Pengembangan Biofuel.

Pembahasan kebijakan dan strategi pengembangan biofuel diawali dengan memberikan gambaran kebijakan dan strategi pengelolaan energi nasional yang telah tercantum dalam RUEN. Dalam pengelolaan energi nasional ini perlu ditekankan bahwa RUEN dilaksanakan dengan mengacu kepada Peraturan Pemerintah (PP) Nomor 79 Tahun 2014 tentang Kebijakan Energi Nasional (KEN), utamanya pada pasal 2, yang memuat dua arah kebijakan yaitu kebijakan utama dan kebijakan pendukung. Kebijakan utama tentu saja akan menjadi prioritas untuk dilaksanakan, yang meliputi ketersediaan energi untuk kebutuhan nasional, prioritas pengembangan energi, pemanfaatan sumber daya energi nasional dan cadangan energi nasional. Sementara itu kebijakan pendukung meliputi konservasi energi, konservasi sumber daya energi, dan diversifikasi energi, lingkungan hidup dan keselamatan, harga, subsidi, dan insentif energi, infrastruktur dan akses untuk masyarakat terhadap energi dan industri energi, penelitian, pengembangan, dan penerapan teknologi energi, serta kelembagaan dan pendanaan (Perpres Npmor 22 Tahun 2017),

Sebagaimana diamanatkan oleh KEN bahwa prioritas pemanfaatan sumber daya energi nasional adalah untuk memenuhi kebutuhan energi nasional. Prioritas tersebut ditentukan berdasarkan beberapa faktor, diantaranya ketersediaan jenis/sumber energi, keekonomian, kelestarian lingkungan hidup, kecukupan untuk pembangunan yang berkelanjutan, dan kondisi geografis sebagai negara kepulauan. Prioritas pemanfaatan sumber daya energi nasional tersebut harus berujung pada tujuan utama KEN 2050, yaitu Kemandirian dan Ketahanan Energi Nasional. Untuk mencapai kemandirian dan ketahanan energi nasional, prioritas pengembangan energi didasarkan pada prinsip sebagai berikut (RUEN, 2017):

- (1) Memaksimalkan penggunaan energi terbarukan dengan memperhatikan tingkat keekonomian. Dalam kaitan dengan tingkat keekonomian ini seyogyanya tidak hanya menyangkut harga saja tetapi juga perlu memperhatikan aspeknya lainnya, misalnya penciptaan lapangan kerja dan aktivitas ekonomi lainnya.
- (2) Meminimalkan penggunaan minyak bumi. Cepat atau lambat minyak bumi yang ada di bumi nusantara akan berkurang bahkan mungkin akan habis pada suatu waktu nanti. Oleh karena itu Indonesia juga harus mengurangi penggunaan minyak bumi agar tidak semata mengandalkan pada sumber minyak bumi yang berasal dari impor.
- (3) Mengoptimalkan pemanfaatan gas bumi dan energi baru. Sumber gas bumi Indonesia sangat besar. Hanya saja pemanfaatannya masih relatif kecil. Oleh karena itu pemanfaatan gas bumi harus dioptimalkan untuk kebutuhan di dalam negeri. Pemanfaatannya didalam negeri diutamakan sebagai bahan bakar pembangkit tenaga listrik, transportasi, rumah tangga, dan bahan baku industri.
- (4) Menggunakan batubara sebagai andalan pasokan energi nasional. Batubara sebagai pemasok energi nasional seyogyanya dilakukan setelah berbagai upaya memaksimalkan penggunaan energi terbarukan, meminimalkan penggunaan minyak bumi, dan mengoptimalkan pemanfaatan gas bumi dan energi baru.

4.3. Pengembangan Energi Nasional

Pengembangan energi nasional harus senantiasa berlandaskan pada paradigma baru, yaitu bahwa energi tidak lagi dijadikan sebagai komoditas ekspor dan penghasil devisa melainkan

sebagai modal pembangunan nasional. Oleh karena itu perlu kebijakan yang lebih komprehensif agar setiap barrel minyak yang dihasilkan dari bumi Indonesia dapat memberikan manfaat sebesar-besarnya menggerakkan ekonomi nasional, baik sebagai bahan bakar maupun sebagai bahan baku industri (Perpres 22 Tahun 2017). Untuk mencapai tujuan KEN sebagaimana yang telah dijelaskan sebelumnya, maka dilaksanakan berbagai kebijakan, program dan kegiatan di sisi pasokan dan kebutuhan energi nasional, termasuk indikasi rencana pengembangan wilayah/provinsi.

Di dalam dokumen RUEN, pengembangan energi nasional meliputi pasokan energi primer, transformasi energi, kebutuhan energi final serta konservasi dan efisiensi pemanfaatan energi. Pasokan energi primer meliputi: (a) minyak bumi; (b) gas bumi; (c) batubara; dan (d) energi baru terbarukan (EBT). Sementara itu untuk kebutuhan energi final terdiri atas kebutuhan pada sektor transportasi, industri, rumah tangga, komersial, dan sektor lainnya. Dalam pasokan energi primer ini, bioenergi atau seringkali juga disebut biofuel atau bahan bakar nabati termasuk salah satu sumber energi dalam kelompok energi baru dan terbarukan (EBT). Selain bioenergi, sumber energi lainnya adalah panas bumi, tenaga air, minihidro atau mikrohidro, tenaga surya, bayu dan arus, gelombang, dan perbedaan suhu lapisan laut. Khusus untuk pasokan energi yang bersumber dari bioenergi, acuan indikasi pengembangan bioenergi dirinci menurut propinsi untuk periode tahun 2015-2025 (Tabel 7).

Secara nasional, kapasitas terpasang yang dapat dihasilkan dari pengembangan bioenergi ini meningkat secara konsisten sejak tahun 2015 hingga 2025 (Tabel 7). Bila tambahan kapasitas terpasang pada tahun 2016 adalah 130,3 MW, maka tambahan kapasitas terpasang meningkat menjadi 300 MW pada tahun 2020. Bahkan pada tahun 2025 tambahan kapasitas terpasang tersebut menjadi 800 MW dengan total kapasitas terpasang pada

tahun 2025 sebesar 5.500 MW. Dari total kapasitas terpasang rencana pengembangan bioenergi pada tahun 2020 yang nilainya sebesar 2.500 MW, lebih dari 50% berlokasi di 10 propinsi terbesar, yaitu Riau, NTT, Jawa Timur, Sumatera Utara, Jambi, Sulawesi Barat, Jawa Tengah, Sumatera Selatan, Jawa Barat dan Kalimantan Selatan. Pada tahun 2025, dominasi 10 propinsi tersebut terhadap total kapasitas pengembangan bioenergi nasional adalah sebesar 46,49%.

Tabel 7. Indikasi Rencana Pengembangan Bioenergi per Provinsi Tahun 2015-2025

Satuan: MW

No.	Provinsi	Total Kapasitas Terpasang per Tahun										
		2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
1	Riau	179,4	183,4	193,4	195,4	195,4	195,4	220,7	200,9	306,8	359,0	
2	Nusa Tenggara Timur	38,8	39,8	43,8	81,0	110,5	136,9	161,4	190,2	224,0	263,3	308,1
3	Jawa Timur	145,4	145,4	145,4	145,4	145,4	145,4	145,4	172,5	204,7	240,9	281,9
4	Sumatera Utara	126,0	174,5	174,5	176,5	176,5	176,5	176,5	176,5	192,2	228,1	264,5
5	Jambi	88,4	104,4	104,4	104,4	104,4	108,9	132,2	157,1	185,5	218,1	255,2
6	Sulawesi Barat	30,0	30,0	31,0	41,2	75,3	100,7	120,3	142,3	167,9	197,3	230,9
7	Jawa Tengah	98,5	98,5	98,5	98,5	98,5	98,5	111,3	134,5	159,6	187,8	219,8
8	Sumatera Selatan	94,6	98,6	101,1	101,1	101,1	101,1	110,0	132,7	157,4	185,2	216,7
9	Jawa Barat	109,3	121,8	121,8	121,8	121,8	121,8	131,7	157,0	184,9	216,4	
10	Kalimantan Tengah	71,7	72,7	72,7	82,7	82,7	84,2	105,0	125,8	148,9	175,1	204,9
11	Lampung	70,6	70,6	70,6	70,6	70,6	79,5	100,2	120,4	142,6	167,7	196,3
12	Kalimantan Barat	63,9	63,9	85,9	105,9	105,9	105,9	105,9	117,6	139,2	163,8	191,7
13	Aceh	58,2	71,2	81,0	82,5	82,5	82,5	92,2	110,9	131,3	154,5	180,8
14	Papua Barat	10,2	10,2	10,2	10,8	49,8	75,5	92,0	109,5	129,3	152,0	177,9
15	Nusa Tenggara Barat	31,1	31,1	32,1	32,1	46,5	74,6	91,6	109,3	129,2	151,9	177,8
16	Kalimantan Selatan	60,4	66,8	66,8	66,8	66,8	66,8	81,9	99,6	118,4	139,4	153,1
17	Sulawesi Tenggara	20,8	20,8	20,8	20,8	38,0	65,5	81,1	97,0	114,7	134,9	157,9
18	Sulawesi Tengah	26,5	26,5	26,5	26,5	33,6	63,1	78,9	94,6	112,0	131,8	154,2
19	Maluku Utara	16,2	16,2	16,2	16,2	35,7	62,6	77,8	93,0	110,1	129,4	151,5
20	Bengkulu	36,8	42,8	42,8	42,8	42,8	58,2	74,8	90,4	107,3	126,2	147,7
21	Sulawesi Selatan	47,3	47,3	57,3	57,3	57,3	57,3	72,5	88,5	105,2	123,8	144,9
22	Maluku	15,2	15,2	21,2	21,2	30,5	58,1	72,8	87,4	103,5	121,7	142,4
23	Gorontalo	17,8	23,8	23,8	29,8	29,8	53,6	68,3	82,3	97,6	114,8	134,3
24	Sumatera Barat	46,1	46,1	47,1	47,1	47,1	47,6	56,2	81,6	97,4	114,7	134,2
25	Kalimantan Timur	45,2	46,2	58,3	67,8	67,8	67,8	67,8	67,8	67,8	76,7	89,8
26	Sulawesi Utara	14,5	14,5	14,5	14,5	14,5	28,9	43,2	54,2	64,9	76,5	89,6
27	Banten	24,8	24,8	24,8	24,8	24,8	24,8	41,2	53,2	64,1	75,7	88,6
28	Papua	21,2	21,2	21,2	31,2	31,2	31,2	41,8	52,4	62,8	74,1	86,7
29	Bangka Belitung	15,9	25,7	25,7	65,7	65,7	65,7	65,7	65,7	65,7	70,7	82,7
30	DI Yogyakarta	15,4	15,4	15,4	15,4	15,4	20,2	35,7	46,3	56,0	66,1	77,3
31	Kalimantan Utara	-	-	-	-	-	9,0	29,8	42,1	51,8	61,4	71,8
32	Bali	11,7	12,1	12,1	12,1	12,1	12,1	19,2	29,7	37,3	44,3	51,8
33	Kepulauan Riau	13,0	14,0	14,0	14,0	14,0	14,0	14,0	16,2	22,1	26,6	31,1
34	DKI Jakarta	6,2	6,2	6,2	6,2	6,2	6,2	6,2	6,2	11,8	15,8	18,4
Total Kapasitas Terpasang		1.671,0	1.801,6	1.881,0	2.030,0	2.200,0	2.500,0	2.900,0	3.400,0	4.000,0	4.700,0	5.500,0
Total Tambahan/Tahun		-	130,6	79,4	149,0	170,0	300,0	400,0	500,0	600,0	700,0	800,0

Sumber : Perpres Nomor 22 Tahun 2017.

Pengembangan Biofuel

Dasar hukum pengembangan biofuel (bahan bakar nabati/BBN) adalah:

- (1) UU Nomor 30 tahun 2007 tentang Energi. Dalam UU ini prioritas penyediaan dan pemafaatan EBT salah satunya adalah Bahan Bakar Nabati (BBN);
- (2) PP Nomor 79 tahun 2014 tentang Kebijakan Energi Nasional. Target EBT pada tahun 2025 sebesar 23% dari total bauran energi nasional;
- (3) Perpres Nomor 66 tahun 2018 tentang Perubahan kedua atas perpres nomor 61 tahun 2015 tentang perhimpunan dan penggunaan dana perkebunan kelapa sawit;
- (4) Peraturan Menteri ESDM Nomor 12 Tahun 2015 tentang Perubahan ketiga atas Permen ESDM Nomor 32 Tahun 2008 tentang Penyediaan, pemanfaatan dan tataniaga BBN (biofulel) sebagai bahan bakar lain;
- (5) Permen ESDM Nomor 41 tahun 2018 tentang Penyediaan dan pemanfaatan BBN jenis biodiesel dalam kerangka pembiayaan oleh Badan Pengelola Dana Perkebunan Kelapa Sawit.;
- (6) Keputusan Menteri ESDM Nomor 1936K/10/MEM/2018 BBN jenis biodiesel untuk pencampuran jenis bahan bakar minyak umum periode September-Desember 2018;
- (7) Keputusan Menteri ESDM Nomor 1935K/10/MEM/2018 tanggal 27 Agustus 2018 tentang perubahan atas Keputusan Menteri ESDM nomor 1803K/10/MEM/2018 tentang penetapan BU-BBN jenis biodiesel dan alokasi besaran volume untuk pengadaan bahan bakar nabati (BBN) jenis biodiesel pada PT. Pertamina (Persero) dan PT. AKR Corporindo TBK periode Mei-Oktober 2018;

- (8) Keputusan Direktur Jenderal EBTKE Nomor 100K/10/DJE/2016 tentang standar dan mutu (spesifikasi) BBN jenis biodiesel.

Sejatinya pengembangan biofuel itu sudah dilaksanakan sejak adanya Inpres Nomor 1 tahun 2006 tentang penyediaan dan pemanfaatan bahan bakar nabati (biofuel) sebagai bahan bakar lain. Inpres ini melibatkan 13 kementerian, pemerintah propinsi dan pemerintah kabupaten/kota. Dalam Inpres tersebut dikemukakan bahwa tugas Kementerian Pertanian adalah : (1) mendorong penyediaan tanaman bahan baku BBN (biofuel), termasuk benih dan bibitnya; (2) melakukan penyuluhan pengembangan tanaman bahan baku BBN; (3) memfasilitasi penyediaan benih dan bibit tanaman bahan baku BBN; (4) mengintegrasikan kegiatan pengembangan dan kegiatan pascapanen tanaman bahan baku BBN.

Sejalan dengan terbitnya PP Nomor 79 tahun 2014 tentang Kebijakan Energi Nasional dan diikuti dengan terbitnya Perpres Nomor 22 tahun 2017, maka tugas utama Kementerian Pertanian sesuai yang tercantum dalam matriks RUEN adalah :

1. Menggalakkan budidaya tanaman-tanaman biomassa non-pangan;
2. Memprioritaskan penggunaan bahan baku BBN dari sumber baru di luar produk tanaman pangan prioritas;
3. Menyusun peta jalan penyiapan jenis tanaman prioritas untuk bahan baku BBN;
4. Bersama Kementerian lain, khususnya Kementerian Perindustrian, menjamin ketersediaan *Crude Palm Oil* (CPO) untuk memenuhi kebutuhan CPO sebagai bahan bakar nabati (BBN) dalam negeri.

Dalam matrik RUEN tersebut, untuk tugas butir 1 hingga butir 3 dikoordinasikan oleh Kementerian Pertanian. Sementara

itu pada tugas butir 4 menjadi tugas bersama antara Kementerian Pertanian dengan Kementerian Perindustrian.

Seperti diketahui bahwa bahan baku yang paling siap, khususnya dilihat dari segi jumlah, untuk diproduksi menjadi biodiesel adalah CPO. Oleh karena itu, sejalan dengan tren kebijakan yang saat ini sedang hangat dibahas di parlemen Uni Eropa tentang sinyalemen bahwa produksi minyak kelapa sawit dari Indonesia adalah tidak ramah lingkungan dan juga beresiko tinggi, maka ini jelas akan berdampak pada penurunan ekspor CPO ke pasar internasional, khususnya ke Uni Eropa. Bila hal ini berlangsung untuk jangka panjang, maka cepat atau lambat akan berdampak signifikan pada industri kelapa sawit dalam negeri. Dampak tersebut tidak hanya pada penurunan devisa negara dari ekspor CPO yang nilainya sangat besar, tetapi juga berdampak pada aspek tenaga kerja dan pada gilirannya pada tingkat kesejahteraan petani kelapa sawit secara keseluruhan. Karena itu, sambil melakukan upaya-upaya untuk meyakinkan pihak lain bahwa CPO Indonesia adalah ramah lingkungan dan tidak berisiko tinggi sebagaimana dikemukakan oleh Uni Eropa, maka secara bersamaan harus dilakukan kebijakan terobosan pemanfaatan CPO bagi industri hilir di tanah air. Memperbesar produksi biodiesel untuk mendorong program B20 dan B30 adalah jawaban yang segera dapat dilakukan dalam waktu pendek.

Sebagaimana tercantum dalam matrik RUEN, masing-masing kementerian dan lembaga yang termasuk dalam keanggotaan Dewan Energi Nasional (DEN) maupun kementerian atau lembaga terkait lainnya memiliki tugas untuk menyusun program dan kegiatan sesuai dengan bidang tugasnya. Dalam Renstra Kementan 2015-2019 juga tercantum secara jelas bahwa salah satu sasaran strategis Kementerian Pertanian pada periode ini adalah tersediannya bahan baku bioindustri dan bioenergi. Untuk melaksanakan tugas utama tersebut, beberapa program

dan kegiatan yang telah disusun, dijalankan dan yang akan dilaksanakan oleh Kementerian Pertanian sejak tahun 2017 sampai tahun 2019 diantaranya adalah program peremajaan kelapa sawit rakyat, pengembangan model pertanian bio-industri, pengembangan komoditas bahan baku energi terbarukan, pengembangan budidaya kemiri sunan sebagai penghasil bahan bakar nabati (BBN) di daerah konservasi, pengembangan pengolahan biodiesel berbahan baku kemiri sunan dan CPO.

Fokus program dan kegiatan Kementerian Pertanian adalah mendukung pengembangan biofuel dari aspek hulu, yaitu menyusun peta jalan bahan baku bahan bakar nabati (BBN) dan mengkoordinir penyiapan bibit bahan baku tersebut bersama pemangku kepentingan lainnya serta memastikan bahwa bahan baku BBN yang disiapkan tidak berkonflik dengan kepentingan untuk pangan prioritas.

Di dalam dokumen RUEN mengamanatkan pula bahwa pengembangan biofuel tidak hanya untuk pemenuhan kebutuhan sektor transportasi, tetapi juga untuk mendukung pemenuhan kebutuhan listrik. Untuk mencapai sasaran pengembangan Pembangkit Listrik Tenaga Bioenergi, khususnya yang bahan bakunya berasal dari komoditas pertanian dalam arti luas, maka beberapa hal yang harus dan akan dilakukan antara lain adalah : (1) memastikan bahwa ketersediaan CPO di dalam negeri cukup untuk memenuhi kebutuhan produksi bioenergi, khususnya untuk produksi biodiesel; (2) Meningkatkan produksi dan kualitas bioenergi sebagai campuran bahan bakar minyak (BBM) untuk pemanfaatan sektor transportasi, industri dan pembangkit listrik; (3) Menggalakkan budi daya tanaman-tanaman biomassa non-pangan. Hal ini sejalan dengan semangat bahwa pengembangan bioenergi sejauh mungkin tidak berkonflik dengan kebutuhan bahan pangan prioritas; (4) Pemerintah dan Pemerintah Daerah didorong untuk memberikan

perhatian yang besar pada pengembangan bioenergi sesuai dengan potensi wilayahnya, termasuk didalamnya adalah menyediakan anggaran untuk penelitian dan pengembangan di bidang energi; (5) harga acuan biofuel yang selama ini seringkali dikeluhkan oleh para produsen biofuel sangat perlu untuk disempurnakan.

Strategi dan program yang tercantum dalam matrik RUEN yang berkaitan dengan pengembangan biofuel adalah (Perpres 22 Tahun 2017):

1. Fokus pemanfaatan sumber energi terbarukan dari jenis BBN adalah untuk menggantikan BBM terutama untuk transportasi dan industri. Strategi ini memiliki 3 (tiga) program, yaitu: (a) konversi pemanfaatan BBN ke BBM untuk sektor transportasi, industri, dan pembangkit; (b) semaksimal mungkin mendorong peningkatan produksi dan pemanfaatan BBN; (c) penyediaan lahan yang didedikasikan khusus hanya untuk kebutuhan bahan baku bioenergi. Hal ini penting dilakukan mengingat pengalaman selama ini kendala yang dihadapi untuk menanam bahan baku BBN adalah persoalan ketersediaan lahan. Selain itu, banyak sekali lahan-lahan bekas tambang atau lahan terlantar misalnya, memiliki potensi untuk ditanami komoditas pertanian sebagai bahan baku BBN. Hanya saja terkendala dengan aturan tentang alih fungsi tentang pemanfaatan lahan untuk energi. Oleh karena itu sangat perlu adanya penataan kembali atau revisi terhadap peraturan tentang hal tersebut.

Terkait dengan konversi pemanfaatan BBM ke BBN, maka diperlukan kegiatan-kegiatan yang mendukung kearah konversi tersebut, diantaranya adalah (1) perlunya menerapkan Standar Nasional Indonesia (SNI) untuk produk bioenergi khususnya BBN; (2) adanya peta jalan penggunaan BBN sebagai campuran BBM pada transportasi baik pada

transportasi darat, laut, udara, dan kereta api; (3) Menyiapkan peta jalan (roadmap) pembangunan infrastruktur bioenergi termasuk skema pendanaan pembangunan pabrik komersial biodiesel dan bioethanol; (4) adanya kebijakan BBN untuk transportasi umum, baik transportasi darat, khususnya angkutan umum, laut termasuk kapal nelayan.

2. Pemanfaatan sumber energi terbarukan dari jenis BBN diarahkan untuk menggantikan BBM terutama untuk transportasi dan industri. Pada strategi ini program yang akan dijalankan adalah penggunaan jenis tanaman diluar kebutuhan pangan untuk BBN. Ini berarti bahwa sejauh mungkin prioritas penggunaan bahan baku BBN adalah berasal dari sumber baru di luar produk tanaman pangan prioritas. Oleh karena itu, dalam menyusun target penggunaan biofuel secara tidak langsung harus diupayakan yang tidak mengganggu pemenuhan kebutuhan pangan.

4.4. Rencana Aksi Pengembangan Biofuel

Pertumbuhan di sektor energi, khususnya biodiesel, masih terkendala oleh berbagai kebijakan dan masalah teknis. Salah satunya yaitu dalam pelaksanaannya produksi biodiesel tidak dapat tumbuh secara konsisten karena antar kebijakan tidak mendukung satu sama lain. Selain itu pengembangan biodiesel masih mengandalkan pemerintahan pusat, sehingga pemerintahan daerah kurang berperan (Shahab, 2018). Di satu sisi, dari segi teknis, harga produksi biodiesel masih lebih mahal dibanding solar. Oleh karena itu, Kementerian pertanian menginisiasi produksi biofuel, khususnya biodiesel B100, untuk keperluan kebutuhan bahan bakar mesin-mesin pertanian atau pendukung produksi pertanian, baik pada mesin statis, mesin penggerak dengan putaran rendah maupun tinggi. Prototipe

produksi biodiesel dengan kapasitas produksi 1600 liter per hari telah berhasil dikembangkan dengan menghasilkan biodiesel B100 yang mutunya telah memenuhi standar yang ditetapkan.

Kementerian Pertanian telah menginisiasi kerja sama dengan perusahaan swasta di Kalimantan Selatan mengembangkan prototipe produksi biodiesel dalam skala industri kapasitas hingga 1.000 ton per hari, produksi massal reaktor biodiesel kapasitas 1.500-10.000 liter per hari untuk melayani daerah-daerah terpencil, dan penerapan teknologi prosesing biodiesel yang efektif dan efisien. Selain itu, Kementerian Pertanian juga melakukan sosialisasi dan bekerjasama dengan beberapa produsen *diesel engine* untuk melakukan pengujian-pengujian penggunaan B100 sekaligus untuk mendapatkan inovasi perbaikan atau modifikasi komponen mesin yang peka terhadap sentuhan Biodiesel.

Dalam rangka sosialisasi produksi dan penggunaan biodiesel B100 sebagai alternatif pengganti solar dalam jangka pendek, penggunaan prototipe produksi biodiesel B100 untuk bahan bakar kendaraan diesel akan diprioritaskan pada kendaraan dinas lingkup kementerian pertanian. Oleh karena itu, Kementerian Pertanian melakukan pembangunan Stasiun Pengisian Bahan Bakar Biodiesel (SPBB) internal. Untuk tahap pertama telah dibangun di dua tempat, yaitu di Kantor Pusat kementerian Pertanian di Jakarta dan Balai Penelitian Tanaman Industri dan Penyegar (Balittri) di Sukabumi (Gambar 29). Dalam mendukung program ini, Kementerian Pertanian juga mengadakan kendaraan bermesin diesel untuk digunakan sebagai kendaraan operasional sekaligus mensosialisasikan program biodiesel kepada masyarakat luas dan sebagai bahan untuk keperluan riset.



Gambar 29. Stasiun Pengisian Bahan Bakar Biodiesel di lingkungan kantor pusat Kementerian Pertanian di Jakarta (kiri) dan Balittri di Sukabumi (Kanan)

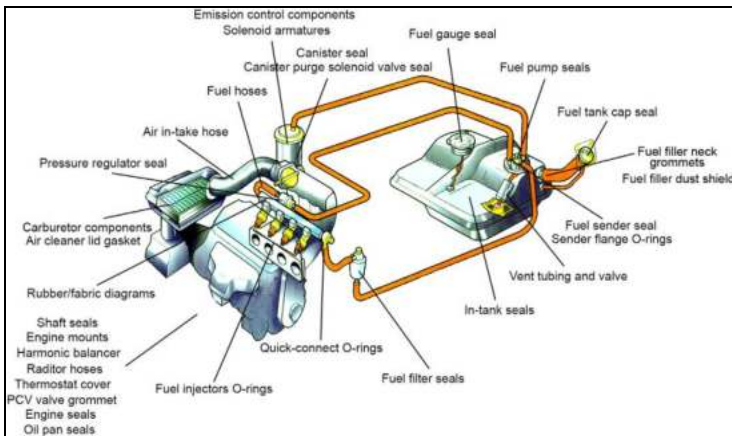


Gambar 30. Penggunaan biodiesel B100 untuk kendaraan dinas Kementerian Pertanian

Mesin diesel umumnya diproduksi khusus untuk bahan bakar fosil diesel. Walaupun penggunaan biodiesel B100 pada mesin diesel konvensional dapat dilakukan tanpa modifikasi, namun penggunaan biodiesel B100, pada mesin diesel konvensional berpotensi menyebabkan terjadinya pembengkakan dan degradasi pada karet serta korosi pada logam (Akhlaghi, *et al.*, 2015), khususnya bagian-bagian yang bersentuhan dengan biodiesel, diantaranya modular bahan bakar yang digunakan seperti pompa bahan bakar, injector bahan bakar, enjin diesel dan sistem pengeluaran sisa pembakaran (Gambar 31). Oleh karena itu, memodifikasi bahan karet yang digunakan untuk pada

sistem bahan bakar yang tahan terhadap penggunaan biodiesel sangat dianjurkan.

Perawatan secara reguler dapat mencegah masalah ketahanan dan keandalan mesin mekanik sehingga memungkinkan mesin yang menggunakan biodiesel B100 dapat digunakan dalam jangka panjang (Suthisripok dan Semsamran, 2018).



Gambar 31. Lokasi karet pada sistem bahan bakar konvensional (Akhlaghi *et al.*, 2015)

BAB 5.

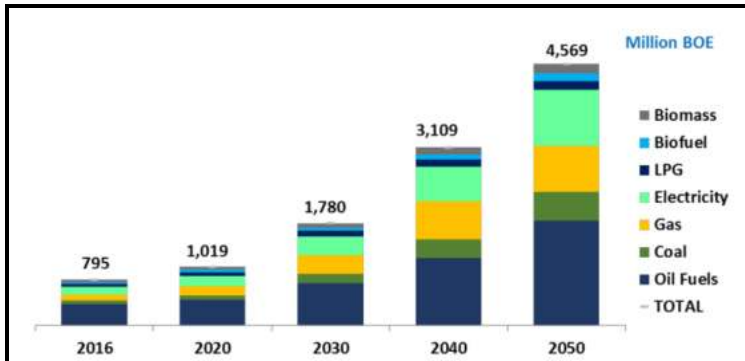
Pengembangan Biofuel Ramah Lingkungan

Indonesia memiliki banyak kekayaan alam yang potensial untuk menunjang segala aspek kebutuhan hidup manusia, termasuk diantaranya sumber energi yang berasal dari fosil. Konsumsi bahan bakar yang terus meningkat, menyebabkan eksploitasi yang intensif terhadap sumber minyak bumi untuk memenuhi kebutuhan di berbagai sektor seperti pembangkit listrik, transportasi, industri, dan rumah tangga. Energi yang berasal dari fosil tersebut merupakan sumber daya alam yang tidak dapat diperbaharui dan persediaannya terus berkurang dengan semakin meningkatnya kebutuhan energi. Oleh karena itu, penganekaragaman (diversifikasi) sumber energi merupakan prioritas utama yang harus dilakukan untuk menjaga ketahanan energi nasional.

5.1. Pemanfaatan CPO untuk Pengembangan Biofuel

Selama kurun waktu antara tahun 2016-2050, diprediksi bahwa laju pertumbuhan PDB Indonesia rata-rata sebesar 6,04% per tahun dan pertumbuhan penduduk sebesar 0,71% per tahun, mengakibatkan laju pertumbuhan kebutuhan energi final sebesar 5,3% per tahun. Pertumbuhan tersebut di estimasi membutuhkan energi sebesar 4.569 juta standar biaya masukan (SBM) ditahun 2050 dari yang awalnya yang hanya 795 juta SBM pada tahun 2016. Berdasarkan perkiraan Badan Pengkajian dan Penerapan

Teknologi (BPPT) (2018), di tahun 2050 pangsa kebutuhan energi final terbesar tetap didominasi oleh minyak bumi sebesar 40,1% (Gambar 32).



Gambar 32. Kebutuhan energi final per jenis (Pusat Pengkajian Industri Proses dan Energi-BPPT, 2018)

Selama beberapa dekade ke depan, minyak bumi masih akan menjadi primadona sumber energi karena sebagian besar teknologi yang digunakan masih berbasiskan minyak bumi, terutama untuk sektor transportasi. Konsumsi energi di sektor transportasi mencapai 361,695,092 *barel oil equivalen* (BOE) atau 29,31% dari total konsumsi (Kementerian ESDM, 2018). Ketergantungan pada penggunaan bahan bakar minyak untuk keperluan sehari-hari di berbagai bidang serta semakin menipisnya persediaan minyak bumi di Indonesia, telah mendorong pemerintah mengeluarkan peraturan melalui Perpres Nomor 5 Tahun 2006 tentang Kebijakan Energi Nasional dan Instruksi Presiden No.1 Tahun 2006 tertanggal 25 Januari 2006 tentang penyediaan dan pemanfaatan bahan bakar nabati (biofuel) sebagai bahan bakar lain, sebagai upaya untuk mengembangkan sumber energi alternatif pengganti bahan bakar minyak yang berasal dari fosil dan pemanfaatan bahan bakar nabati (biofuel).

Seperti diuraikan sebelumnya bahwa minyak nabati yang berpotensi besar dan telah siap digunakan sebagai bahan baku untuk pembuatan biofuel adalah minyak kelapa sawit (CPO). Terdapat 2 jenis minyak yang dihasilkan dari minyak kelapa sawit, yaitu minyak kelapa sawit (CPO) dan minyak inti sawit (*kernel oil*). Kedua jenis minyak tersebut dapat diolah menjadi biofuel (Gambar 33). Secara umum terdapat 3 (tiga) jenis proses pengolahan CPO menjadi biofuel (Tabel 8), yaitu:

(1) Transesterifikasi dengan methanol

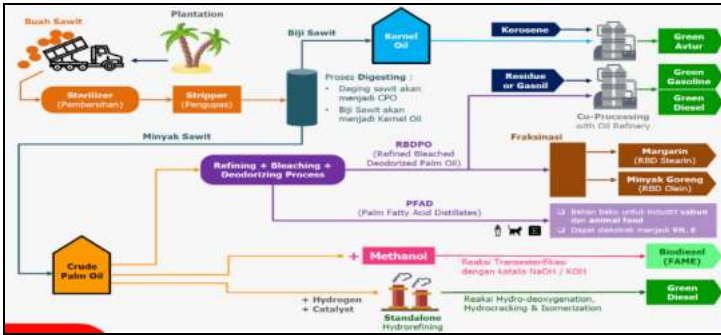
CPO 100% direaksikan dengan methanol sehingga menghasilkan FAME (*Fatty Acid Methyl Ester*). Reaksi yang dilakukan adalah reaksi transesterifikasi dengan menggunakan NaOH dan KOH sebagai katalis. Reaksi ini menghasilkan biodiesel atau FAME dengan hasil samping gliserol;

(2) Proses Hydrorefining

CPO 100% direaksikan dengan hidrogen (H_2) menggunakan katalis khusus untuk menghasilkan produk *propane*, *butane*, *naphtha*, dan *green diesel*;

(3) Co-Processing with Oil Refinery

Berbeda dengan proses-proses sebelumnya, proses ini menggunakan *Refined Bleached Deodorized Palm Oil* (RBDPO) atau CPO yang sudah dihilangkan getah, pengotor dan baunya melalui proses *refining*, *bleaching* dan *deodorizing*. RBDPO atau Kernel Oil sebanyak 15-25% dicampur dengan *stream* kilang (Residue/Diesel/Kerosin). Proses ini membutuhkan katalis khusus sehingga menghasilkan *Green Diesel*, *Green Gasoline* dan *Green Avtur* dengan hasil samping off gas dan H_2O .



Gambar 33. Skema pengolahan minyak kelapa sawit (Syarif, 2018).

Tabel 8. Perbandingan bahan baku dan produk yang dihasilkan dari proses transesterifikasi, *Green diesel standalone*, dan *co-processing* (Syarif, 2018).

FAME Biodiesel	Green Diesel Standalone	Green Diesel Co-Processing
Bahan Baku		
CPO 100 %-wt Methanol 10 %-wt Chemical 4 %-wt	CPO 100 %-wt Hydrogen 1.5 –3.8 %-wt	CPO 11.8 %-wt Diesel / Kero 88.2 %-wt Hydrogen 2.4 %-wt
Produk		
FAME 96 %-wt Glycerol 10 %-wt	Green Diesel 75-85 %-wt Propane 5 %-wt Naphtha <1-7 %-wt Butane 0-2 %-wt	Green Diesel 96.5 %-wt H ₂ O 1.2 %-wt Off Gas 2.3 %-wt

Berdasarkan ketiga proses di atas menghasilkan biofuel jenis biodiesel (FAME) dan green diesel yang memiliki karakteristik yang mendekati solar (Tabel 9). Dibanding dengan fosil diesel, FAME memiliki kelebihan di kandungan oksigen, angka setana,

dan kandungan belerang. Sedangkan *green diesel* memiliki kelebihan di angka setana, kandungan belerang, dan nilai kalor.

Tabel 9. Perbandingan Kualitas Biodiesel (FAME), *Green Diesel* dan Fosil Diesel

	Fosil diesel	Biodiesel (FAME)	<i>Green Diesel</i>
Kandungan Oksigen, %	0	11	0
Densitas, g/cm ³	0.84	0.88	0.78
Titik tuang, °C	-5	-5 s/d 15	-20 s/d 20
Angka setana	40	50-65	70-90
Belerang, ppm	<10	<1	<2
Nilai kalor, MJ/kg	43	38	44
Stabilitas oksidasi	Bagus	kurang	Bagus
<i>cold flow preperities</i>	Bagus	kurang	kurang

Sumber : Vonortas and Papayannakos (2014).

5.2. Inovasi Pengembangan Biofuel Ramah Lingkungan

Sebagaimana telah dikemukakan pada bab terdahulu, biofuel adalah bahan bakar cair atau gas yang dihasilkan dari biomassa, dan dapat digunakan untuk menggantikan (substitusi) atau sebagai tambahan untuk diesel, bensin, avtur atau bahan bakar fosil lainnya untuk transportasi, pembangkit listrik, kegiatan rumah tangga dan aplikasi lainnya. Bahan baku yang digunakan untuk membuat biofuel umumnya mengandung gula (seperti tebu dan sorgum manis), pati (seperti jagung dan tapioka) atau minyak (seperti kelapa sawit, kedelai, kelapa, bunga matahari).

Berdasarkan bahan bakunya, secara umum biofuel dibagi menjadi 3 (tiga) kategori (Lackner 2015):

1. Biofuel generasi pertama - Biofuel generasi pertama terbuat dari gula, tepung, minyak sayur, atau lemak hewani menggunakan teknologi konvensional. Biofuel generasi

pertama yang umum adalah bioethanol, biodiesel, RBDPO , dan biogas.

2. Biofuel generasi kedua – Biofuel generasi kedua ini dihasilkan dari tanaman non-pangan, seperti selulosa dan limbah biomassa (tangkai gandum dan jagung, dan kayu). Contohnya seperti biohidrogen, biometanol, dimethyl ether, Fischer–Tropschdiesel, biogas, syngas, dan gas-to-liquid
3. Biofuel generasi ketiga – Biofuel generasi ini dihasilkan dari inovasi teknologi tinggi memanfaatkan mikroorganisme seperti alga menghasilkan biodiesel, bioethanol, jet fuel, dll.

Dari beberapa alternatif jenis biofuel, hanya sedikit yang dapat dikomersialkan dan berhasil mensubstitusi sebagian bahan bakar yang sudah eksis sebelumnya. Dilihat dari total konsumsi energi Indonesia diketahui bahwa hampir 50% total konsumsi energi digunakan oleh sektor transportasi (KESDM, 2018). Sektor transportasi merupakan sektor yang menjanjikan dan bahan bakar yang akan digunakan harus memenuhi persyaratan, termasuk diantaranya angka setana, pelumasan, kekentalan, dan stabilitas bahan bakar. Diantara berbagai jenis biofuel yang ada, sejauh ini biodiesel dan bioethanol-lah yang paling banyak digunakan dikarenakan sifat fisik dan kimianya mirip dengan solar dan bensin, serta dapat digunakan dalam berbagai campuran atau digunakan langsung pada mesin tanpa modifikasi.

Bio-ethanol adalah ethanol yang diproduksi melalui proses fermentasi gula dan karbohidrat dari tumbuhan untuk mensubstitusi bahan bakar bensin. Dalam penggunaannya, ethanol dapat dicampur dengan bensin premium menghasilkan E5 (campuran 5% bioethanol dengan 95% premium) yang telah dipasarkan Pertamina dengan nama dagang biopremium. Penggunaan bioethanol sampai dengan E15 tidak perlu melakukan modifikasi mesin kendaraan yang sudah ada, tetapi untuk E100

hanya dapat digunakan untuk mobil jenis FFV (*flexible fuel vehicle*). Bioethanol dapat dihasilkan dari tanaman yang memiliki kadar karbohidrat tinggi, seperti Tebu, Jagung, Ketela pohon, Ketela rambat, Sagu, dll. Dampak dari penggunaan bahan bakar bioethanol untuk mobil antara lain dapat mengurangi penggunaan minyak bumi dan emisi gas rumah kaca secara signifikan. Sedangkan penggunaan campuran bioethanol 10%, dapat menurunkan gas CO sebesar 25-30%, gas CO sebesar 10%, senyawa organik yang mudah menguap sebesar 7% (Kadam, 2002).

Biodiesel adalah senyawa organik yang dapat digunakan sebagai bahan bakar diesel, yang dihasilkan dari minyak nabati, lemak, hewani, atau minyak goreng bekas. Biodiesel merupakan bahan bakar yang memiliki keuntungan ramah lingkungan antara lain karena biodegradable, titik nyala yang lebih tinggi dari solar fosil sehingga lebih aman dari segi penyimpanan, mengurangi sebagian besar emisi dan pelumas yang baik (Knothe, 2010). Kelebihan tersebutlah yang membuat biodiesel digunakan sebagai pengganti atau campuran solar. Beberapa kekurangan dari biodiesel diantaranya harganya relatif lebih tinggi, rendahnya kestabilan (*oxidation stability*) dan titik kabut yang tinggi (Knothe, 2010). Bahan baku biodiesel dapat berasal dari tanaman yang mengandung minyak nabati, diantaranya kelapa sawit (*Elais guineensis*), kelapa (*Cocos nucifera*), nyamplung (*Calophyllum inophyllum*), malapari/kranji (*Pongamia pinnata*), jarak pagar (*Jathropa curcas*), kemiri sunan (*Reutealis trisperma* (Blanco) *Airy Shaw*), biji karet (*Hevea brasiliensis*), dan tanaman penghasil minyak nabati lainnya (Gambar 34).

Berbagai jenis minyak tersebut mengandung komposisi asam lemak yang berbeda-beda, dan komposisi alam lemak minyak nabati akan mempengaruhi nilai kualitas biodiesel yang dihasilkan, khususnya parameter titik kabut, titik tuang, angka setana, angka iodium, dan stabilitas oksidasi.

Ditinjau dari komposisi asam lemak penyusunnya, minyak kelapa sawit mengandung asam lemak jenuh sebesar 39,4%, asam lemak tak jenuh tunggal sebesar 47,3% dan asam lemak tak jenuh ganda sebesar 11,0% (Maesita dan Nafi'ah, 2017). Dengan adanya komposisi asam lemak tersebut, dapat menghasilkan parameter stabilitas oksidasi (> 12 jam), angka iodium (mencapai 60 mg I₂/gr), dan angka setana (minimal 51). Hasil tersebut merupakan karakter positif yang dimiliki oleh biodiesel kelapa sawit, namun dilihat dari segi nilai titik tuang dan titik kabut agak tinggi sehingga untuk penggunaan di daerah dengan temperatur rendah, perlu mendapat penanganan khusus (Paryanto *et al.*, 2018).



Gambar 34. Beberapa jenis minyak nabati sebagai bahan baku biodiesel

Searah dengan kebijakan pemerintah tentang penggunaan bahan baku biofuel, pengembangan bahan baku biodiesel

kedepan diarahkan dari sektor non pangan. Diantara tanaman nonpangan tersebut yang mempunyai potensi tinggi adalah tanaman Kemiri Sunan. Tanaman kemiri sunan memiliki beberapa kelebihan dibanding dengan tanaman penghasil minyak nabati non pangan lainnya, diantaranya: a) produktivitas biji kemiri sunan dapat mencapai 12 ton/ha/tahun (Kementan, 2011a; 2011b) bila dibandingkan dengan jarak pagar yang hanya mencapai 10 ton/ha/tahun; b) rendemen minyak kemiri sunan dapat mencapai 50% (Herman dan Pranowo, 2011); c) dapat digunakan sebagai tanaman konservasi karena habitus tanaman yang rindang, tipe akar tunjang dan leteral yang pertumbuhannya cepat, serta dapat tumbuh di lahan marginal sehingga mampu mencegah erosi dan kerusakan tanah (Pranowo, Herman, dan Syafaruddin 2015); dan d) umur produksi yang panjang. Namun demikian, dalam pengembangan diperlukan dukungan kebijakan pemerintah dari semua sektor.

Pemanfaatan bioenergi termasuk biodiesel sudah dibuktikan dan diketahui bersama salah satunya adalah untuk menjaga lingkungan, antara lain dapat mengurangi pengurangan efek negatif gas rumah kaca, mengurangi polusi udara, perbaikan dan efisiensi penggunaan tanah dan penggunaan air dan lainnya. Sejauh ini, pakar seluruh dunia sepakat bahwa dampak lingkungan yang harus diperhatikan bersama adalah pencemaran udara, penggunaan air, penggunaan tanah/gambut, perubahan/alih fungsi lahan dan konsumsi energi. Sebagai contoh, betapa cukup hematnya penggunaan air dalam memproduksi biodiesel, dibandingkan proses industri lainnya. Untuk memproses satu barel minyak memerlukan 7000 liter air, satu buah mobil memerlukan 148 ribu liter air, satu kilogram plastik perlu 45 liter air, sedangkan untuk memproduksi satu liter biodiesel atau satu liter bioethanol hanya memerlukan 1 (satu) liter air (Cakrawan, 2013).

Pengembangan tanaman penghasil biofuel di Indonesia, khususnya tanaman non pangan, terkendala oleh ketersediaan lahan. Oleh karena itu, pemanfaatan lahan-lahan sub-optimal menjadi alternatif. Lahan-lahan tersebut diantaranya yang paling berpotensi adalah lahan bekas tambang dan lahan penyangga waduk. Konsesi perusahaan lahan tambang hingga saat ini telah mencapai lebih dari 93 juta ha (Anugerah perkasa, 2016). Hasil kajian awal pengembangan tanaman penghasil biofuel seperti kemiri sunan di lahan bekas tambang, khususnya lahan bekas tambang batu bara memiliki potensi yang sangat besar (Gambar 36). Pengembangan pada tipe lahan ini memiliki tingkat keberhasilan yang relatif lebih tinggi dibandingkan bekas tambang lainnya seperti lahan bekas tambang timah, emas, bauksit dll. Namun demikian implementasinya di lapangan masih terkendala dengan berbagai peraturan yang membatasi penggunaan jenis tanaman tertentu sebagai tanaman reklamasi. Oleh karena itu, diperlukan peninjauan terhadap peraturan yang dapat memungkinkan tanaman penghasil bioenergi bisa dijadikan sebagai tanaman alternatif untuk reklamasi lahan-lahan bekas tambang di Indonesia. Lahan potensial lainnya yang dapat digunakan untuk pengembangan tanaman penghasil biofuel adalah lahan penyangga waduk (Gambar 36 dan 37) dan lahan kering iklim kering di NTT (Gambar 38). Dengan demikian, reklamasi lahan bekas tambang dan penjaga waduk dengan tanaman penghasil biofuel tidak hanya akan memenuhi kebutuhan energi di masa mendatang tetapi juga dapat memperbaiki dan menjaga serta meningkatkan kualitas dan kelestarian lingkungan. Jadi pengembangan biofuel khususnya B100, selain manfaatnya untuk penggunaan emisi, tetapi juga cukup ramah lingkungan.



Gambar 35. Pengembangan tanaman kemiri sunan sebagai penghasil biofuel di lahan bekas tambang batu bara di Kabupaten Kutai Kartanegara, Kalimantan Timur.



Gambar 36. Pengembangan kemiri sunan sebagai tanaman penghasil biofuel dan tanaman konservasi di lahan penyangga waduk Gajah Mungkur Kabupaten Wonogiri, Jawa Tengah



Gambar 37. Pengembangan tanaman kemiri sunan sebagai penghasil biofuel di lahan penyangga waduk Jati Gede di Kabupaten Sumedang, Jawa Barat.



Gambar 38. Pengembangan tanaman kemiri sunan sebagai penghasil biofuel di lahan kering iklim kering di Kabupaten Ngada, NTT

BAB 6.

Dari Inovasi Biodiesel B20 – B100

Dalam perkembangannya, pemerintah Indonesia melalui peraturan menteri ESDM No. 32 tahun 2018 mulai menerapkan kebijakan penerapan penggunaan biofuel dalam memenuhi energi nasional. Namun demikian, mandatori pemanfaatan biofuel pada sektor transportasi, industri dan pembangkit listrik sebesar B2.5 – B7.5 telah dimulai sejak tahun 2006.

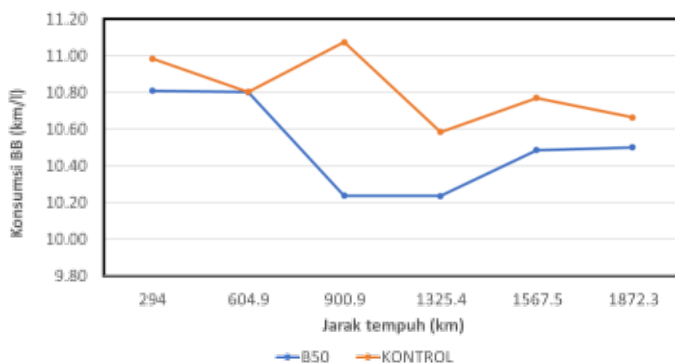
Seiring dengan meningkatnya harga minyak bumi, pemerintah meningkatkan mandatori persentase pemanfaatan biodiesel menjadi 10% (B10) melalui Peraturan Menteri ESDM No.20 tahun 2014. Mandatori tersebut diberlakukan kepada BUPIUN, BBM, dan pengguna langsung disektor transportasi, industri, dan pembangkit listrik. Pengujian biodiesel 10% (B10) telah dilakukan oleh Departemen ESDM dan ITB. Pengujian dilakukan dengan menggunakan 26 jenis mobil dan dilakukan pengecekan terhadap kondisi fisik mesin dan kendaraan, serta pengukuran emisi gas buang (CO₂, HC, O₂, dan asap). Hasil pengamatan disimpulkan bahwa tidak terjadi perubahan performa dan jumlah emisi yang dihasilkan sebelum dan sesudah pemakaian BO, B10 dan B100. Biaya yang diperlukan untuk mesin pembakaran diesel dengan bahan bakar biodiesel dan campurannya relatif lebih rendah dibandingkan dengan solar dari minyak bumi (Reksowardojo, 2006).

6.1. Perkembangan Biodiesel B-20 Hingga B-100

Perubahan mandatori penggunaan biodiesel kembali dilakukan di tahun 2015 melalui Peraturan menteri ESDM No. 12 Tahun 2015 yang menyatakan bahwa sejak Januari 2016 penggunaan biodiesel sebesar 20% (B20) untuk Usaha Mikro, Usaha Perikanan, Usaha Pertanian, Transportasi, Industri dan Komersial; dan Sebesar 30% (B30) untuk Pembangkit Listrik. Penggunaan B30 dicanangkan akan diterapkan mulai tahun 2020 sampai 2025 untuk seluruh sektor. Kajian Teknis dan uji jalan biodiesel 20% (B20) telah dilakukan oleh Kementerian ESDM (Ditjen EBTKE dan Balitbang ESDM) yang bekerja sama dengan BPPT, PT.Pertamina, Aprobi, Gaikindo, Hino, Aspindo, dan Hinabi. Uji ini dilakukan dalam rangka mendukung Mandatori BBN implementasi B20 pada tahun 2016. Peserta yang mengikuti uji coba yaitu Toyota, Mitsubishi, Hino, Ford dan Chevrolet. Hasilnya, secara umum sampai 100.000 km, tidak ada masalah yang signifikan terjadi karena penggunaan bahan bakar B20. Japan Automobile Manufacturers Association, Inc.(JAMA) sudah menyatakan memperbolehkan pencampuran biodiesel pada bahan bakar tidak melebihi 20% dengan persyaratan tertentu. Sementara itu untuk B30 hingga buku ini ditulis, belum ada pengujian yang dilakukan secara komprehensif melibatkan stakeholder yang berkompeten.

Seiring menurunnya harga minyak kelapa sawit dunia, menyebabkan produsen merasa perlu untuk mencari alternatif produk yang dapat meningkatkan nilai tambah CPO yang secara nasional dapat berdampak bagi nilai tawar sawit Indonesia dimata dunia. Di samping itu, dalam rangka memenuhi target suplai energi yang bersumber dari bahan yang terbarukan maka mulai dirintis penggunaan biodiesel 50% (B50) dan biodiesel 100% (B100) untuk diterapkan di berbagai sektor.

Kementerian Pertanian merasa ikut andil dalam menginisiasi penggunaan B50 dan B100 dalam skala uji coba yang mulai diterapkan pada beberapa mesin statis dan mesin otomotif. Pengujian roadtest B50 dari Medan-Jakarta telah dilakukan atas kerjasama Badan Litbang Pertanian dengan Pusat Penelitian Kelapa Sawit, PT. Riset Perkebunan Nusantara (RPN). Hasil pengujian selama *roadtest* pada konsumsi bahan bakar menunjukkan bahwa konsumsi kendaraan yang menggunakan solar (dalam hal ini KONTROL) membutuhkan bahan bakar yang lebih banyak dibandingkan dengan B50 (Gambar 39). Data ini masih sementara sehingga masih dikumpulkan data mengenai power, torsi, dan tekanan *injector* kendaraan pada setiap kelipatan 5000 km jarak tempuh. Namun sebelum nantinya diterapkan mandatori B50, perlu dilakukan serangkaian pengujian dan uji jalan sesuai dengan kaidah yang baku.



Gambar 39. Perbandingan konsumsi bahan bakar antara B50 dan solar (PPKS, 2019)

6.2. Inovasi Biodiesel B-100

Biodiesel B100 merupakan bahan bakar biodiesel yang digunakan secara langsung pada mesin diesel tanpa dicampur

dengan minyak fosil atau apapun. Kementerian pertanian telah melakukan berbagai upaya dan telah berhasil membuat reaktor biodiesel multifungsi generasi ke-7 yang mampu mengolah 1.600 liter bahan baku/hari (Gambar 26). Reaktor ini mampu mengolah segala jenis minyak nabati baik yang memiliki kadar asam lemah bebas rendah maupun tinggi. Berbagai jenis macam biodiesel telah berhasil dihasilkan menggunakan reaktor ini (Gambar 35).

Biodiesel ini dihasilkan melalui inovasi teknologi pengolahan terbaru yang lebih efisien, baik dalam penggunaan katalis maupun waktu proses yang lebih singkat. Biodiesel B100 yang dihasilkan kemudian di uji di Laboratorium Pusat Penelitian dan Pengembangan Teknologi Minyak dan Gas Bumi "LEMIGAS" tanggal 18 Februari 2019 menunjukkan bahwa dari 18 parameter yang diuji, 15 parameter diantaranya memenuhi syarat mutu yang ditetapkan baik dalam SNI 7182-2015, EN14214:2015, maupun ASTM D6751-12 seperti ditunjukkan pada Tabel 9, sementara 3 (tiga) parameter lainnya masih harus dilakukan perbaikan dalam proses produksi agar diperoleh mutu sesuai yang ditetapkan.

Biodiesel sebelum digunakan harus dianalisis untuk memastikan telah memenuhi persyaratan standar mutu yang ada. Penetapan standar biodiesel antara satu negara dengan negara lainnya berbeda karena disesuaikan dengan ketersediaan bahan baku, jenis mesin yang digunakan, serta peraturan emisi dan standar bahan bakar di tiap negara. Pendekatan yang dipilih di USA, standar ASTM D6751 biodiesel digunakan untuk standar spesifikasi campuran biodiesel untuk jenis bahan bakar destilasi menengah. Bahan bakar destilasi menengah adalah hidrokarbon yang mengandung atom karbon sebanyak 15 hingga 30 dalam molekulnya (Vendeuvre et al.,2007). Di USA, walau ditulis B100 namun dalam penggunaannya mereka mencampurkan dengan solar. Di Eropa, spesifikasi standar telah dikembangkan untuk bahan bakar diesel FAME yang tidak dicampur serta untuk

campuran biodiesel tingkat tinggi tertentu. Standar biodiesel di Eropa, EN 14214 di tetapkan untuk spesifikasi FAME untuk mesin diesel. Berbeda dengan standar USA, B100 yang memenuhi standar dapat digunakan tanpa campuran dalam mesin diesel yang telah disesuaikan untuk beroperasi pada B100 (Jääskeläinen, 2009). Perbandingan standar dan mutu biodiesel pada USA dan Eropa dilihat dapat pada Tabel 10.

Tabel 10. Hasil analisa biodiesel B100 dari CPO dan kemiri sunan produksi Laboratorium Bioenergi Kementerian Pertanian di Sukabumi

Determination	Unit	Spec Biodiesel SNI 7182-2015	Biodiesel kementan		ASTM D6751-12	EN 14214:2012
			CPO*	Kemiri Sunan**		
Angka Setana	-	Min 51	57,1	53,9	47	51.0
Massa Jenis pada 40°C	kg/m ³	850-890	867.0	881.2	-	860-900
Viskositas Kinematik pada 40°C	cSt	2.3-6.0	6.660	4.4	1.9-6.0	3.5-5.0
Titik Nyala (mangkok tertutup)	°C	Min 100	171	53.9	93°C	101°C
Titik Kabut	°C	Maks 18	15	12	Report	Tergantung lokasi dan musim
Korosi Lempeng Tembaga (3 Jam pada 50°C)	No. ASTM	Nomor 1	1 b	1 b	No 3	No. 1
Residu Karbon (per contoh asli)	%-massa	Maks 0.05	0.10	0.1298	0.05	0.3
Air dan Sedimen	%-vol	Maks 0.05	0	0	0.050%	-
Temperatur distilasi 90%	°C	Maks 360	411.7*	-	360°C max	-
Abu tersulfatkan	%-massa	Maks 0.02	0.003	0.02	0.02	0.02
Belerang	mpm-m (mg/kg)	Maks 100	2.6	0.98	15	10.0
Fosfor	mpm-m (mg/kg)	Maks 10	Nil	0.98	0.001%	4.0
Angka Asam	mg-KOH/g	Maks 0.5	0.3268	0.1044	0.50	0.50
Gliserol Bebas	%-massa	Maks 0.02	0.0120	0.0091	0.02	0.02
Gliserol Total	%-massa	Maks 0.24	0.2187	0.2086	0.24	0.25
Kadar Ester Metil	%-massa	Min 96.5	99.54	-	-	96.5% min
Angka Iodium	%-massa (g-12/100g)	Maks 115	51.68	95.24	-	Maks 120
Monogliserida	%-massa	Maks 0.8	0.1188	-	0.40%	0.7

* Hasil pengujian di Pusat Penelitian dan Pengembangan Teknologi Minyak dan Gas Bumi "LEMIGAS" tanggal 18 Februari 2019

** Aunillah dan Pranowo (2012)

Hal ini menjadi tantangan semua pihak untuk terus memonitor kualitas biodiesel yang digunakan. Bahkan diskusi hasil penelitian yang sedang berjalan di antara para pakar, kualitas solar dari minyak fosilnya sendiri (B0) juga harus selalu memenuhi SNI yang berlaku. Catatan bahwa saat ini B0 yang digunakan dalam B20 adalah solar 48 seperti yang sebelum ini dipasarkan pada stasiun-stasiun pompa bensin dan sebenarnya ada solar kualitas ekspor yaitu destilated solar, tetapi tentunya menjadi lebih mahal.

Uji mesin statis juga dilakukan dengan menggunakan traktor roda dua merek Yanmar tipe YST Pro dengan penggerak motor diesel Yanmar TF 85 NL-di, daya maksimum 8,5 HP/2200 rpm dengan menggunakan biodiesel CPO di BBP Mektan. Laporan sementara B100 menunjukkan bahwa hasil pengujian selama 30 jam pada penggunaan biodiesel B100 didapatkan torsi maksimum lebih besar dibandingkan biosolar, namun daya maksimum dan efisiensi penerusannya lebih rendah dibanding biosolar (Tabel 10). Hasil pembongkaran mesin juga dilakukan setelah 30 jam menunjukkan terjadinya pembentukan jelaga pada silinder head dan torak/piston (Gambar 40).

Tabel 11. Perbandingan hasil uji laboratorium pada traktor roda dua menggunakan biodiesel dan solar

No.	Parameter	Satuan	Biodiesel 100%	Solar	SNI
1	Torsi maksimum	Nm	1.650	1.600	
2	Daya maksimum	kW/Hp	4.13/5.53	5.57/7.44	
3	Efisiensi penerusan daya	%	85.06	87.57	> 80

Hasil emisi mengungkapkan bahwa penggunaan biodiesel dalam mesin menghasilkan emisi *carbon monoxide* (CO) dan *total hydrocarbon* (THC) yang lebih rendah, dan emisi NO_x dan CO₂ lebih tinggi dibandingkan bahan bakar diesel (Alptekin 2017).

Menurunnya emisi NO_x disebabkan pembentukan NO_x tergantung dari tekanan silinder, suhu pembakaran, rasio udara-bahan bakar, durasi pembakaran, dan kelembaban.



Gambar 40. Hasil jelaga pada silinder head dan torak/piston

Tes daya tahan dan keandalan mesin diesel yang menggunakan biodiesel B100 telah dilakukan pada mesin diesel skala kecil oleh Suthisripok dan Semsamran (2018). Mesin diesel yang digunakan adalah mesin dengan 14-hp Kubota RT140Di dengan menggunakan bahan bakar biodiesel B100 selama 800 jam dengan beban tinggi pada kecepatan rata-rata 1.000 rpm selama 12 jam setiap hari. Hasilnya disimpulkan bahwa biodiesel B100 dapat secara efisien dan efektif digunakan sebagai bahan bakar alternatif untuk mesin diesel (Suthisripok dan Semsamran, 2018).

BAB 7.

Manfaat Ganda Pengembangan Industri Biodiesel Asal Kelapa Sawit

Melalui Peraturan Presiden Nomor 22 tahun 2017 tentang Rencana Umum Energi Nasional Indonesia telah menetapkan tekadnya untuk mengurangi ketergantungan pada energi fosil yang tak terbarukan, tak ramah lingkungan dan impornya kian besar dengan mengembangkan bahan energi baru dan terbarukan yang ramah lingkungan berbasis produksi dalam negeri. Dalam pelaksanaannya, jenis bioenergi yang paling cepat pertumbuhannya adalah biodiesel berbahan baku minyak kelapa sawit yang dipergunakan sebagai bahan bakar pengganti solar. Produksi biodiesel meningkat tajam dari 3 juta kilo liter pada 2014 menjadi (target) paling sedikit 6 juta kilo liter pada 2019. Produksi dan penggunaan biodiesel meningkat tajam dalam dua tahun terakhir karena didukung oleh kebijakan mandatori pencampuran (*blending*) biodiesel-solar. Pada 2019 Pemerintah telah menetapkan peningkatan dan perluasan kebijakan mandatori bahan bakar diesel sehingga mengandung paling sedikit 20 persen biodiesel murni (B 20) dan wajib untuk seluruh sektor penggunaan. Pemerintah juga telah mencanangkan untuk meningkatkan kebijakan mandatori campuran biodiesel tersebut menjadi paling sedikit 30 persen (B 30) pada tahun 2025. Bahkan Presiden Joko Widodo menyatakan niat dan harapannya untuk mewujudkan mandatori B100 di Indonesia.

Kebijakan mandatori biodiesel tersebut didukung dengan kebijakan subsidi harga, baik harga produsen maupun harga jual biodiesel. Subsidi harga konsumen merupakan bagian dari kebijakan subsidi energi yang sudah lama dilaksanakan di Indonesia. Subsidi harga produsen energi, dalam hal ini biodiesel, adalah instrumen kebijakan baru. Subsidi harga produsen dimaksudkan untuk menjamin laba yang cukup agar produsen bersedia mengusahakan produksi biodiesel. Pada intinya, Pemerintah menanggung potensi kerugian produsen biodiesel sawit akibat kebijakan mandatori campuran dengan harga jual maksimum yang ditetapkan pemerintah sendiri. Subsidi yang mesti ditanggung oleh Pemerintah akan semakin besar jika usaha produksi biodiesel tidak layak secara finansial pada tingkat harga yang berlaku di pasar bebas.

7.1. Analisis Ekonomi Biodiesel

Hingga kini andalan utama bahan baku untuk memproduksi biodiesel adalah *crude palm oli* (CPO). Bahan baku untuk biodiesel yang berasal dari komoditas lain relatif masih dalam tahap pengembangan dan memerlukan waktu yang tidak singkat untuk sampai pada tahap “siap pakai”. Adanya tekanan dunia internasional terhadap ekspor CPO Indonesia yang dikaitkan dengan aspek lingkungan menjadi tantangan tersendiri serta semakin besarnya peluang CPO diolah menjadi produk hilir di dalam negeri, khususnya diolah menjadi biodiesel, selain juga untuk produk-produk turunan lainnya. Dalam kaitan ini, inovasi menjadi semakin penting peranannya untuk dapat meningkatkan nilai tambah CPO di dalam negeri. Biodiesel adalah salah satu produk hilir penting yang dihasilkan dari CPO. Inovasi yang dilakukan oleh industri sawit tidak hanya untuk nilai tambah, tetapi juga dapat menghemat devisa negara sebesar Rp 28,4 triliun pada tahun 2018 sebagaimana dikemukakan oleh

Direktur Jenderal Energi Baru Terbarukan dan Konservasi Energi Kementerian ESDM (Sawit Indonesia, 2019).

Keberhasilan program mandatori B20 telah mendorong pemerintah untuk mencanangkan program mandatori B30 pada tahun 2019. Hal ini sejalan dengan pentahapan mandatori pemanfaatan Bahan Bakar Nabati (BBN) sesuai Peraturan Menteri ESDM nomor 12 Tahun 2015. Kelebihan lain dari program mandatori ini adalah ramah lingkungan. Dengan demikian secara keseluruhan, ditinjau dari berbagai aspek, khususnya aspek ekonomi maupun lingkungan, program B20 dan B30 sangat penting dan memiliki dampak yang besar dalam perekonomian nasional. Dampak ini tidak hanya pada aspek ekonomi semata, tetapi juga memiliki efek pengganda yang sangat luas, utamanya dalam meningkatkan lapangan kerja dan pada gilirannya dapat meningkatkan pendapatan masyarakat dan mengurangi kemiskinan nasional.

Sebagaimana diketahui bahwa pada awal tahun 2019 ini telah dilakukan uji coba *B50 road test Medan-Jakarta* PP atas kerjasama Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian Kementerian Pertanian dengan Pusat Penelitian Kelapa Sawit, PT. Riset Perkebunan Nusantara (RPN). *B50 Road Test 2019* ini diharapkan dapat melengkapi data sebelumnya yang telah dilakukan oleh Pusat Penelitian Kelapa Sawit PT. RPN serta menjawab keraguan terhadap penggunaan biodiesel pada tingkat bauran yang lebih tinggi dengan diesel dari bahan fosil (PPKS, 2019). Tentu saja pada akhirnya nanti penerapan B50 harus mengikuti tahapan-tahapan rute pengujian dan uji jalan dengan kaidah-kaidah keilmuan sebagaimana yang telah dilalui oleh mandatori B20.

Permasalahan yang senantiasa mengemuka dalam setiap pembahasan dan kebijakan yang terkait dengan implementasi mandatori biodiesel adalah adanya disparitas harga antara harga indeks pasar (HIP) solar dengan HIP biodiesel (FAME, B100).

Namun demikian dengan adanya Badan Pengelola Dana Perkebunan Kelapa Sawit (BPDPKS), maka disparitas tersebut telah menemukan solusinya. Hal tersebut diatur oleh Peraturan Menteri ESDM Nomor 41 tahun 2018. Sesuai dengan Permen ESDM tersebut diatas pasal 14 ayat 6, maka penetapan HIP biodiesel oleh Menteri ESDM melalui Dirjen EBTKE ditetapkan setiap bulan dan berlaku untuk pengadaan biodiesel untuk pencampuran dengan jenis Bahan Bakar Minyak (BBM) Umum dan pencampuran jenis BBM Tertentu.

Harga pokok produksi biodiesel yang dihasilkan oleh Balai Penelitian Tanaman Industri dan Penyegar (Balittri), Pusat Penelitian Perkebunan, Badan Litbang Pertanian dapat dilihat Tabel 12. Dari Tabel tersebut dapat dilihat bahwa untuk menghasilkan 1 liter biodiesel yang bahan bakunya berasal dari CPO, diperlukan biaya sebesar Rp 8.471,55,-. Komponen biaya produksi biodiesel terbesar adalah bahan baku CPO, yaitu Rp 6.124,6,- atau meliputi 72,3% dari biaya produksi. Komponen biaya kedua terbesar adalah methanol, yaitu 14,67% dari biaya produksi. Kedua komponen biaya produksi ini meliputi 86,97% biaya produksi biodiesel. Disadari bahwa nilai tersebut masih dalam skala penelitian. Nilai biaya produksi biodiesel ini masih relatif lebih tinggi dibandingkan, misalnya, dengan harga indeks pasar biodiesel pada bulan September 2018, yaitu Rp 7.294,-, belum termasuk ongkos angkut (Ditjen EBTKE, 2018). Bahkan jauh lebih tinggi dibandingkan dengan rata-rata HIP biodiesel pada Januari 2019 yang nilainya sebesar Rp 6.371 (Gambar 41).

Apabila dicermati Gambar 41, terdapat kecenderungan terjadinya tren penurunan harga biodiesel selama periode April 2018 hingga April 2019. Turunnya rata-rata HIP biodiesel tersebut diduga karena turunnya harga CPO, yang merupakan komponen terbesar biaya produksi biodiesel. Kampanye negatif tentang CPO di pasar internasional, khususnya negara yang tergabung dalam Uni Eropa yang telah dinyatakan sejak

beberapa tahun yang lalu dan dilakukan terus menerus hingga kini berdampak terhadap harga CPO di pasar internasional yang menurun cukup signifikan. Bahkan seperti diketahui bahwa sejak 13 Maret 2019, berdasarkan kebijakan Uni Eropa (UE), Komisi Eropa mengeluarkan regulasi turunan (*Delegated Act*) dari kebijakan *Renewable Energi Directive II* yang mengklasifikasikan kelapa sawit sebagai komoditas bahan bakar nabati yang tidak berkelanjutan dan beresiko tinggi atau *Indirect Land Use Change (ILUC)*. Kebijakan ini adalah sebuah tantangan yang besar dari industri sawit di negara-negara produsen sawit dunia, utamanya Indonesia. Sebagaimana telah dikemukakan sebelumnya bahwa tantangan tersebut dapat dijawab dengan melakukan upaya-upaya terobosan dan bukan hanya dengan cara-cara biasa. Karena itu penelitian tentang hilirisasi produk turunan dari CPO harus terus didorong dan dikembangkan secara terus menerus. Pasar biodiesel yang terbuka lebar sebagai akibat dari kebijakan program B20 dan B30 kedepan merupakan peluang yang harus dimanfaatkan oleh dunia usaha bidang energi. Dengan demikian kerjasama antara lembaga penelitian dengan dunia usaha perlu terus dikembangkan.

Dalam rangka mendorong tumbuhnya industri penghasil biodiesel nasional, pemerintah telah memberikan insentif bagi pengusaha yang bergerak pada sektor ini, yaitu melalui pemberian insentif harga biodiesel. Formula Harga Indeks Pasar (HIP) ditetapkan berdasarkan Keputusan Menteri ESDM. Saat ini formula HIP biodiesel = (Harga CPO KPB rata-rata + 100 USD/Ton) × 870 Kg/m³+ OA (Ongkos angkut).

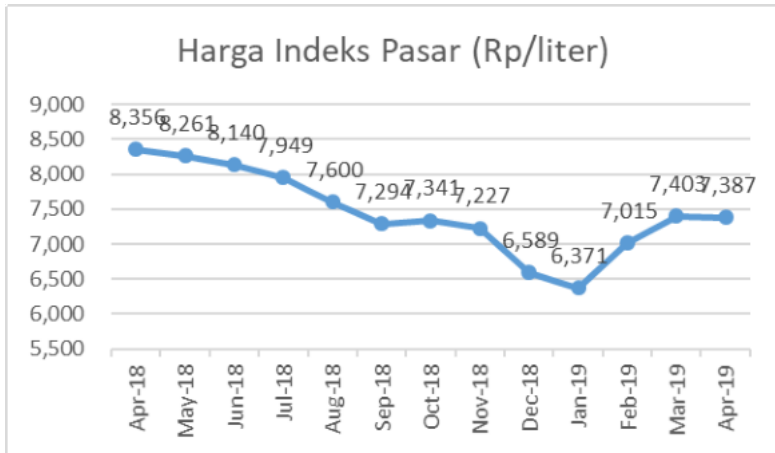
Tabel 12. Harga Pokok Produksi Biodiesel B-100 per Liter (Bulan Februari 2019).

No.	Komponen	Volume	Harga Satuan (Rp.)	Jumlah (Rp./liter)
A Biaya operasional				
1	Harga CPO	1,13 liter CPO	5.420 per liter	6.124,60
2	KOH	16,95 gram	200.000 per kg	197,00
3	Methanol	124,3 ml	10.000 per liter	1.243,00
4	Air	169,5 MI	17.500 per m3	2,97
5	Tenaga kerja	1 orang	100.000 500 liter/orang/hari	200,00
6	Listrik	0,076 Kwh	605 per kwh	45,98
7	Pengujian ALB, filtering	1 liter biodiesel	90.000 per 1000 liter	90,00
B Biaya Tetap				568,00
Jumlah				8.471,55

Catatan : Rendemen (87% dari CPO).

*Prestasi kerja 500 liter/orang/hari.

Sumber : Balitri, Puslitbang Perkebunan Badan Litbang Kementan, 2019.



Gambar 41. Perkembangan Harga Indeks Pasar Biodiesel Periode April 2018-April 2019 (sumber : EBTKE – ESDM,2019)

Mekanisme insentif biodiesel yang diatur oleh Permen ESDM Nomor 41 tahun 2018 dapat diringkaskan sebagai berikut (Ditjen

EBTKE, 2018). Dalam hal HIP Biodiesel lebih tinggi dari HIP solar, maka:

1. Badan Usaha BBM (BU BBM) membeli Biodiesel sebesar HIP Solar;
2. Selisih kurang antara HIP Biodiesel dengan HIP Solar akan dibayar oleh BPDPKS kepada Badan Usaha Bahan Bakar Nabati (BU BBN) atau produsen biodiesel.
3. Dengan adanya insentif tersebut, maka harga B20 menjadi sama dengan HIP Solar, sehingga tidak memberikan pengaruh pada kenaikan harga eceran solar.

Dalam hal HIP Biodiesel lebih rendah dari HIP Solar, maka Badan Usaha BBM membeli Biodiesel sebesar HIP Biodiesel. Kebijakan insentif biodiesel ini terbukti efektif dalam mendorong implementasi mandatori B20, khususnya bagi para produsen biodiesel. Tampaknya formula tersebut sesuai dengan harapan para produsen biodiesel untuk menghasilkan biodiesel guna mendukung program mandatori B20 hingga B30. Oleh karena itu diharapkan kebijakan tersebut tetap dapat dipertahankan agar mendorong tumbuhnya investasi oleh Badan Usaha BBN di masa-masa yang akan datang. Dengan demikian konsistensi kebijakan dalam jangka panjang dalam pengembangan biofuel, khususnya biodiesel, menjadi sangat penting. Hal ini didasarkan atas pemikiran bahwa investasi dalam usaha produksi biodiesel memerlukan biaya yang sangat besar, dan melibatkan banyak pemangku kepentingan.

Dilihat dari sisi penelitian dan pengembangan, Badan Litbang Pertanian, Kementerian Pertanian harus terus dapat mengembangkan biodiesel ini bersinergi dengan lembaga penelitian dari kementerian lain, khususnya Badan Litbang Kementerian Energi dan Sumberdaya Mineral, sehingga pada saatnya nanti akan dapat dihasilkan biodiesel yang harganya

sangat efisien dan dapat bersaing dengan harga solar yang berasal dari fosil. Efisiensi ini dapat dicapai salah satunya melalui inovasi teknologi yang dapat meningkatkan rendemen persentasi CPO menjadi biodiesel. Dengan rendemen yang semakin tinggi, maka diharapkan biaya bahan baku biodiesel akan semakin kecil. Disini perlunya mendorong terus penelitian yang terkait dengan pengembangan biodiesel ini.

Sesuai dengan tugas pokok dan fungsinya dalam RUEN, maka kebijakan Kementerian Pertanian kedepan yang berkaitan dengan upaya menuju tercapainya sasaran kebijakan energi nasional dan RUEN, dan khususnya pada pencapaian program B20 dan B30 adalah: (1) Kementerian Pertanian akan melanjutkan program sesuai Inpres No. 1/2006, Kebijakan Energi Nasional (KEN) dan Rencana Umum Energi Nasional (RUEN); (2) Dalam jangka pendek adalah mengembangkan dan mengintensifkan komoditas yang sudah ditanam secara luas; (3) Dalam jangka panjang adalah memanfaatkan biomassa limbah pertanian (generasi kedua); dan (4) mengembangkan perkebunan energi terintegrasi, konsep menghubungkan kegiatan *on-farm* dan pengolahan dalam satu wilayah (hulu-hilir) terintegrasi dalam sebuah rantai nilai.

7.2. Manfaat Ganda Pengembangan Industri Biodiesel

Dasar analisis

Manfaat ganda pengembangan biodiesel dapat digolongkan menjadi aspek sosial, ekonomi dan lingkungan. Ketiga bidang tersebut pada dasarnya merupakan pilar pembangunan berkelanjutan atau *the triple bottom line*. Dengan pemilahan manfaat yang konsisten dengan perspektif pembangunan berkelanjutan kiranya dapat diperoleh tambahan pemahaman tentang sejauh mana pengembangan industri biodiesel dalam

negeri memenuhi persyaratan dasar pembangunan berkelanjutan. Pemenuhan atau pematuhan ketentuan pembangunan berkelanjutan menjadi sangat penting mengingat biodiesel merupakan komoditas ekspor yang sejumlah besar ditujukan ke pasar Uni Eropa dan Amerika Serikat.

Tinjauan tentang manfaat lingkungan dari penggunaan biodiesel sudah diulas cukup mendalam di Bab 1 maupun bab-bab lainnya sehingga tidak perlu diliput lagi. Tinjauan berikut difokuskan pada dampak berganda (total multiplier) pada dimensi sosial dan ekonomi dan sosial. Total multiplier merupakan dampak kumulatif dari dampak langsung maupun tidak langsung melalui segala media transmisi. Aspek sosial mencakup dampak terhadap kesejahteraan warga berpendapatan rendah dan serapan tenaga kerja. Aspek ekonomi mencakup dampak terhadap kinerja perusahaan, PDB dan penerimaan devisa. Analisis terhadap profitabilitas usaha sudah dilakukan pada bagian sebelumnya. Oleh karena itu pada bagian ini analisis dilakukan tersendiri pada keragaan perkebunan sawit.

Estimasi dampak kuantitatif dihitung dengan asumsi dasar serapan biodiesel dalam negeri sebesar 6,197 Kilo Liter (KL) sesuai dengan alokasi yang ditetapkan Pemerintah untuk tahun 2019. Angka tersebut sama dengan total biodiesel Indonesia pada tahun 2018 (Aprobi, 2019). Data Aprobi (2019) menunjukkan bahwa pada tahun 2018 alokasi biodiesel dalam negeri mencapai 3,450 KL sedangkan ekspor biodiesel 1,785 KL. Pertanyaan kemudian berapakah perkiraan peningkatan produksi biodiesel sebagai hasil dari kebijakan peningkatan alokasi dalam negeri biodiesel sebesar 6,2 KL.

Perkiraan produksi biodiesel sangat tergantung pada ekspor biodiesel. Ekspor biodiesel Indonesia selama ini sebagian besar adalah ke Uni Eropa. Sebagaimana diketahui, Uni Eropa tengah berusaha mengurangi impor biodiesel dari Indonesia. Oleh

karena itu ekspor biodiesel Indonesia pada tahun 2019 diperkirakan tidak melebihi pada tahun 2018 yang mencapai 1,8 KL. Ada dasar itu, produksi biodiesel pada 2019 diperkirakan mencapai sekitar 8,0 juta KL atau meningkat sekitar 30 persen dibanding pada tahun 2018. Dengan berat jenis biodiesel 0,87 maka produksi sebesar 8,0 juta KL pada 2019 setara dengan 7,0 juta Ton.

Faktor konversi dari minyak kelapa sawit ke biodiesel adalah 1.045 w/w (Khatiwala, Palmen, and Silveira, 2018). Dengan demikian, volume CPO yang dipergunakan untuk produksi biodiesel pada 2019 adalah 7,3 juta ton. Produksi CPO pada 2018 adalah 47,7 juta ton (Gapki, 2019). CPO yang dipergunakan untuk bahan baku biodiesel sebesar target pada tahun 2019 mencapai 15 persen dari total produksi CPO pada tahun 2018. Artinya, kebijakan biodiesel yang ditetapkan Pemerintah pada 2019 diperkirakan akan meningkatkan permintaan terhadap CPO sebesar 15 persen.

Peningkatan kesejahteraan dan kinerja perkebunan kelapa sawit

Simpul transmisi dampak pengembangan biodiesel terhadap kesejahteraan petani kelapa sawit ialah harga jual tandan buah segar (TBS) sawit. Biodiesel menggunakan minyak kelapa sawit kasar (CPO) sebagai bahan baku. Peningkatan produksi biodiesel akan meningkatkan permintaan terhadap CPO yang berarti juga peningkatan permintaan terhadap TBS. Meningkatnya permintaan terhadap TBS akan meningkatkan harga TBS hasil produksi petani, yang selanjutnya akan meningkatkan laba usahatani kebun sawit dan pendapatan keluarga petani kelapa sawit. Peningkatan pendapatan keluarga petani sawit inilah yang memungkinkan peningkatan kesejahteraan .

Sepanjang pengetahuan penulis, penelitian Susila dan Ernawati (2008) adalah yang pertama, mengkaji dampak

produksi biodiesel terhadap penurunan kemiskinan di perkebunan sawit. Mereka menemukan bahwa peningkatan produksi biodiesel sebesar 1,3 juta ton akan menurunkan penduduk miskin di perkebunan sawit sebanyak 23 ribu orang. Produksi biodiesel pada 2019 diperkirakan mencapai 7,0 juta ton. Berdasarkan parameter hasil penelitian Susila dan Ernawati (2008), kebijakan peningkatan produksi biodiesel diperkirakan akan menurunkan jumlah penduduk miskin di perkebunan sawit sebanyak 124 ribu orang.

Asosiasi Petani Kelapa Sawit Indonesia melaporkan jumlah anggotanya pada 2019 mencapai 3,9 petani (Apkasindo, 2019). Jika petani sawit beserta tanggungannya diasumsikan sebanyak 5 orang/keluarga maka jumlah warga yang menggantungkan hidupnya langsung pada perkebunan sawit diperkirakan sekitar 20 juta orang. Dengan demikian, pengurangan warga miskin sebanyak 124 ribu orang mencapai sekitar 0,6 persen dari total warga petani sawit. Penurunan angka kemiskinan sebesar 0,6 persen adalah suatu prestasi yang sangat berarti. Sebagai gambaran, angka kemiskinan nasional menurun sebesar 0,46 persen dalam setahun, dari 19,12 persen pada September 2017 menjadi 9,66 persen pada September 2018. Artinya, penurunan angka kemiskinan warga petani sawit sebagai hasil dari kebijakan peningkatan produksi biodiesel mencapai 1,5 kali lebih tinggi dari penurunan angka kemiskinan nasional selama setahun (September 2017-September 2018).

Susila dan Ernawati (2008) menemukan bahwa produksi biodiesel berbasis sawit sebesar 1,3 juta ton akan meningkatkan harga CPO dalam negeri sebesar Rp 386/Kg (4,82 persen), luas areal kebun sawit sebesar 50.000 hektar (0,96 persen), dan produksi CPO sebesar 240 ribu ton (1,45 persen). Dengan mempergunakan dampak dalam persentase dari penelitian Susila dan Ernawati (2008), estimasi dampak kebijakan peningkatan produksi biodiesel tahun 2019 adalah: harga CPO meningkat

25,95 persen, luas areal kebun sawit meningkat 5,17 persen dan produksi CPO meningkat 7,81 persen.

Penelitian lebih baru tentang dampak pengembangan industri biodiesel di Indonesia dilakukan oleh Singagerda, Hendrowati and Sanusi (2018). Mereka mensimulasikan dampak peningkatan produksi biodiesel sebagai peningkatan produksi olein dan stearin. Mereka menemukan bahwa elastisitas harga domestik CPO sebesar 0,03 persen, harga ekspor CPO sebesar 0,0435 persen, dan produksi CPO sebesar 0,104. Kiranya dapat dikatakan bahwa Singagerda, Hendrowati and Sanusi (2018) memandang dampak pengembangan biodiesel dapat direpresentasikan oleh penggunaan CPO sebagai bahan baku. Berdasarkan pandangan itu maka parameter-parameter (elastisitas) hasil penelitian Singagerda, Hendrowati and Sanusi (2018) dapat digunakan dengan memakai persentase penggunaan CPO untuk bahan baku biodiesel sebagai basis perhitungan dampak peningkatan produksi biodiesel. Perkiraan dampak kebijakan peningkatan produksi biodiesel tahun 2019 berdasarkan parameter-parameter hasil penelitian Singagerda, Hendrowati dan Sanusi (2018) adalah: harga dalam negeri CPO meningkat 0,45 persen, harga ekspor CPO meningkat 0,75 persen dan produksi CPO meningkat 1,20 persen.

Perkiraan dampak peningkatan produksi biodiesel tahun 2019 terhadap kinerja kebun sawit berdasarkan parameter-parameter hasil penelitian Susila dan Ernawati (2008) dan Singagerda, Hendrowati and Sanusi (2018) di rangkum pada Tabel 13. Hasil perkiraan sangat berbeda menurut sumber parameter basis. Secara umum, perkiraan dampak berdasarkan parameter hasil penelitian Susila dan Ernawati (2008) jauh lebih tinggi dibanding berdasarkan parameter hasil penelitian Singagerda, Hendrowati and Sanusi (2018). Hal ini mungkin terjadi karena perbedaan waktu data yang digunakan sebagai dasar analisis yang berakibat pada perbedaan nyata pada status kemajuan industri kelapa

sawit. Data yang dipergunakan oleh Singgerda, Hendrowati dan Sanusi (2018) lebih baru sehingga lebih mencerminkan realitas terkini. Walau besarnya berbeda, kedua penelitian konsisten menyimpulkan bawa pengembangan industri biodiesel meningkatkan kinerja kebun kelapa sawit yang tercermin pada pengkatan harga domestik dan ekspor CPO serta luas areal dan produksi kebun kelapa sawit.

Tabel 13. Perkiraan dampak peningkatan produksi biodiesel 2019

No	Variabel	Sumber parameter dasar perhitungan dampak	
		Susila dan Ermawati (2008)	Singgerda, dkk (2018)
1	Harga CPO domestik	25,95	0,45
2	Harga ekspor CPO	-	0,75
3	Luas areal tanam kelapa sawit	5,17	-
4	Produksi kelapa sawit	7,81	1,20

Manfaat sosial

Dalam perspektif sosial, dampak kesejahteraan yang terutama ialah peningkatan kesejahteraan rakyat berbendapatan rendah yang direfleksikan oleh penurunan angka kemiskinan dan penurunan angka pengangguran yang direfleksikan oleh peningkatan serapan tenaga kerja. Dampak langsung pengembangan industri biodiesel, termasuk terhadap peningkatan kesejahteraan petani sawit, telah diuraikan pada bagian sebelumnya. Berikut ini adalah estimasi total multiplier yang mencakup dampak langsung dan tidak langsung.

Singgerda, Hendrowati dan Sanusi (2018) menemukan bahwa pengembangan industri biodiesel menurunkan angka kemiskinan di perdesaan maupun di perkotaan. Elastisitas angka

kemiskinan terhadap produksi biodiesel adalah -0,04 persen di perdesaan, -0,14 persen di perkotaan dan -0,75 persen secara nasional. Salah satu hal menarik dari temuan Singagerda, Hendrowati dan Sanusi (2018) ini ialah bahwa dampak pengembangan industri biodiesel terhadap penurunan angka kemiskinan di perkotaan lebih besar dari pada di perdesaan. Hal ini mungkin terjadi karena dampak besarnya terhadap peningkatan laju pertumbuhan sektor industri dan total perekonomian yang dominan di perkotaan. Elastisitas produksi sektor industri dan pertumbuhan ekonomi nasional terhadap produksi biodiesel mencapai, beturut-turut 0,221 dan 0,107.

Singagerda, Hendrowati dan Sanusi (2018) juga menemukan bahwa pengembangan industri biodiesel dalam negeri meningkatkan serapan tenaga kerja. Elastisitas penggunaan tenaga kerja terhadap peningkatan produksi biodiesel adalah 0.0085. Peningkatan serapan tenaga kerja tersebut termasuk di sektor usaha perkebunan dan serktur industri manufaktur. Secara teoritis, peningkatan serapan tenaga kerja termasuk media transmisi dampak peningkatan produksi biodiesel terhadap penurunan angka kemiskinan.

Berdasarkan parameter hasil penelitian Singagerda, Hendrowati and Sanusi (2018) dan angka basis yang diterbitkan BPS (jumlah penduduk miskin pada September 2018) maka perkiraan dampak peningkatan biodiesel pada 2019 ditampilkan pada Tabel 14. Kebijakan pengembangan industri biodiesel pada 2019 diperkirakan berkontribusi nyata dalam penurunan angka kemiskinan. Penurunan angka kemiskinan di perdesaan diperkirakan dapat mencapai 0,67 persen, di perkotaan mencapai 2,03 persen, sedangkan angka kemiskinan total menurun 1,12 persen. Pengembangan industri biodiesel pada 2019 diperkirakan juga meningkatkan serapan tenaga kerja sebanyak 0,13 persen atau sebanyak 253 ribu orang.

Secara umum dapat disimpulkan bahwa pengembangan industri biodiesel berkontribusi nyata dalam peningkatan kesejahteraan sosial bagi sejumlah besar rakyat Indonesia.

Tabel 14. Perkiraan dampak pengembangan industri biodiesel terhadap angka kemiskinan dan serapan tenaga kerja nasional

No	Variabel	Basis pada 2018	Dampak
1	Kemiskinan (%)		
a	Di desa	13,10	-0,67
b	Di kota	6,89	-2,03
c	Nasional	9,66	-1,12
2	Serapan tenaga kerja (ribu orang)	194.780	253 (0,13 %)

Manfaat ekonomi

Penelitian Singagerda, Hendrowati dan Sanusi (2018) menunjukkan bahwa elastisitas pertumbuhan ekonomi nasional terhadap peningkatan produksi biodiesel adalah 0,107. Berdasarkan parameter ini maka pengembangan industri biodiesel diperkirakan meningkatkan PDB nasional sebesar 1,6 persen. Dengan mempergunakan nilai PDB pada tahun 2018 sebesar Rp 15.837 triliun sebagai basis maka dampak pengembangan industri biodiesel terhadap PDB diperkirakan mencapai Rp 253 triliun. Kiranya dicatat bahwa dampak tersebut tersebar di seluruh sektor perekonomian, tidak di sektor industri semata.

Sebagaimana diketahui, sebagian besar biodiesel yang digunakan di dalam negeri Indonesia adalah untuk bahan bakar. Indonesia kini sudah menjadi negar pengimpor bahan bakar. Penggunaan biodiesel di dalam negeri berarti mengurangi kebutuhan terhadap bahan bakar impor. Dengan demikian, dampak pengembangan industri biodiesel di dalam negeri

terhadap penerimaan devisa dapat diukur berdasarkan nilai penghematan devisa dari pengurangan impor bahan bakar.

Jumlah biodiesel yang dipergunakan sebagai bahan bakar di dalam negeri pada 2019 adalah 6,197 juta KL. Itu berarti bahwa bahan bakar solar impor yang dapat dihemat adalah 6,197 juta KL. Dengan asumsi harga bahan bakar impor US \$ 2/barrel atau US\$ 528/Kl maka nilai devisa yang dapat dihemat dari pengembangan industri biodiesel adalah US\$ 3,272 milyar. Jika dinilai dengan kurs Rp 14.000/US\$ maka nilai devisa yang dapat dihemat dapat mencapai Rp 46 triliun. Penghematan devisa yang cukup besar itu tentu sangat bermanfaat untuk mengurangi defisit neraca perdagangan nasional.

DAFTAR PUSTAKA

- Akhlaghi, S., Gedde, U. W., Hedenqvist, M. S., Braña, M. T. C., & Bellander, M. 2015. Deterioration of automotive rubbers in liquid biofuels: A review. *Renewable and Sustainable Energi Reviews*, 43, 1238–1248. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2014.11.096>
- Amadeo, K. 2019. OPEC and Its Goals, Members, and History. <https://www.thebalance.com/what-is-opec-its-members-and-history-3305872>. Diunduh pada 15 Maret 2019.
- Apkasindo. 2019. Jumlah anggota Apkasindo capai 3,9 juta petani. <https://sawitindonesia.com/jumlah-anggota-apkasindo-capai-39-juta-petani/>; Diunduh pada 22 Maret 2019.
- [APROBI] Asosiasi Produsen Biofuel Indonesia. 2019. Total produksi dan distribusi badan usaha biodiesel 2016-2019. Asosiasi produsen Biodiesel Indonesia. <http://www.aprobi.or.id/data-produksi-dan-distribusi-biodiesel/>; Diunduh pada 22 Maret 2019.
- [APROBI] Asosiasi Produsen Biofuel Indonesia (APROBI). 2019. Realisasi penyaluran biodiesel mencapai 92 persen. <http://www.aprobi.or.id/>
- Aunillah, Asif, and Dibyo Pranowo. 2012. Karakteristik Biodiesel Kemiri Sunan [*Reutealis Trisperma (Blanco) Airy Shaw*] Menggunakan Proses Transesterifikasi Dua Tahap. *Buletin RISTRI* 3: 193–200.

- BPHMigas. 2019. Konsumsi BBM Nasional per Tahun. <http://www.bphmigas.go.id/konsumsi-bbm-nasional> .
- BPPT. 2018. Outlook Energi Indonesia 2018 : Energi Berkelanjutan Untuk Transportasi Darat. eds. Yudiartono et al. Jakarta: Pusat Pengkajian Industri Proses dan Energi (PPIPE) - BPPT.
- [BPS] Biro Pusat Statistik. 2019. Volume Ekspor dan Impor Minyak Mentah Indonesia (1996-2018). Dalam Artikel "Neraca Perdagangan Minyak Mentah Indonesia Defisit Sejak 2013", <https://databoks.katadata.co.id/datapublish/2019/02/13/neraca-perdagangan-minyak-mentah-indonesia-defisit-sejak-2013>
- Braithwaite, D. and Gerasimchuck. I. 2019. Beyond Fossil Fuels: Indonesia's fiscal transition. International Institut for Sustainable Development. <https://www.iisd.org/library/beyond-fossil-fuels-indonesias-fiscal-transition>. Diunduh pada 20 Maret 2019.
- Cavallo, A. J. 2004. Hubbert's petroleum production model: an evaluation and implications for world oil production forecasts. *Natural Resources Research*, 13(4), 211-221.
- Cornot-Gandolphe, S. 2017. Indonesia's Electricity demand and the Coal Sector. Oxford Institute for Energi Studies.
- Dewan Energi Nasional. 2019. Rencana Umum Energi Nasional (RUEN) dan Rencana Umum Energi Daerah (RUED). Dalam : Rapat Konsultasi Penyusunan Ranperda RUED Provinsi Kalimantan Timur.
- Dilip Khatiwada, Carl Palmén & Semida Silveira. 2018. Evaluating the palm oil demand in Indonesia: production trends, yields, and emerging issues, *Biofuels*, DOI: 10.1080/17597269.2018.1461520; Diunduh pada 22 Maret 2019.

- Ditjen Migas. 2017. Statistik Minyak dan Gas 2016. Kementerian Energi dan Sumberdaya Mineral. Jakarta 79 Halaman.
- Ditjen EBTKE Kementerian ESDM. 2018. Kebijakan dalam Implementasi Biofuel. Jakarta.
- Djamin, M., and S.Wirawan, S. 2010. Pengaruh komposisi biodiesel terhadap kinerja mesin dan emisi gas buang. *J. Tek. Ling*, 11(3), 381–387.
- EBTKE. 2018. FAQ: Program Mandatori B20. Humas EBTKE Jumat, 31 Agustus 2018. <http://ebtke.esdm.go.id/post/2018/08/31/2009/faq.program.mandatori.b20>; Diunduh pada 5 Maret 2019.
- EBTKE-ESDM. 2018. Kebijakan dalam Implementasi Biofuel. Jakarta.
- [GAPKI] Gabungan Pengusaha Kelapa Sawit Indonesia. 2019. Refleksi industri kelapa sawit 2018 dan Prospek 2019. Siaran Pers Gabungan Pengusaha Kelapa Sawit Indonesia, Jakarta. <https://gapki.id/news/14263/refleksi-industri-industri-kelapa-sawit-2018-prospek-2019>; Diunduh pada 22 Maret 2019.
- Gold, Thomas. 1999. *The deep, hot biosphere*. Copernicus Books. ISBN 978-0-387-98546-6
- Hanung, R. 2018. Indonesia Sudah Impor Bensin Sejak 1997. CNBC Indonesia. <https://www.cnbcindonesia.com/news/20180125133825-4-2488>
- Helm, D. 2011. Peak oil and energi policy—a critique. *Oxford Review of Economic Policy*, 27(1), 68-91.
- Höök, M.; Bardi, U.; Feng, L.; Pang, X. 2010. Development of oil formation theories and their importance for peak oil. *Marine and Petroleum Geology*. 27 (10): 1995–2004. doi:10.1016/j.marpetgeo.2010.06.005.

- Hubbert, M.K. 1956. Nuclear Energi and the Fossil Fuels, Presented before the Spring Meeting of the Southern District, American Petroleum Institute, Plaza Hotel, San Antonio, Texas, March 7–8–9, 1956.
- Indirasardjana, P. 2014. 2020 Indonesia Dalam Bencana Krisis Minyak Nasional. Penerbit PT Gramedia Pustaka Utama. Kompas-Gramedia, Jakarta. 345 Hal. ISBN 978-602-03-0472-04.
- Jääskeläinen, H. 2009. Biodiesel Standards & Properties. https://www.dieselnets.com/tech/fuel_biodiesel_std.php
- Kadam, Kiran L. 2002. "Environmental Benefits on a Life Cycle Basis of Using Bagasse-Derived Ethanol as a Gasoline Oxygenate in India." *Energi Policy* 30(5): 371–84. doi: 10.1016/S0301-4215(01)00104-5
- Kementerian Pertanian. 2014. Kebijakan Kementerian Pertanian Dalam Mendukung Pengembangan Bahan Bakar Nabati. Bahan Rapat Biofuel.
- Kementerian Pertanian. 2018. Statistik Perkebunan Indonesia 2017-2019 : Kelapa Sawit. Ditjen Perkebunan. Jakarta.
- Kementerian Pertanian. 2015. Road Map Pengembangan Penyediaan Bahan Baku Bakar Nabati (BBN).
- Kementerian Pertanian. 2017. Kebijakan Kementerian Pertanian terkait Bidang Energi. Dalam: Sinkronisasi Perencanaan Strategis dengan RUEN
- Kementerian Pertanian. 2017. Kebijakan Kementerian Pertanian terkait Bidang Energi. Dalam: Sinkronisasi Perencanaan Strategis dengan RUEN. Jakarta.
- Kementerian Pertanian. 2014. Kebijakan Kementerian Pertanian Dalam Mendukung Pengembangan Bahan Bakar Nabati. Bahan Rapat Biofuel. Jakarta.

- KESDM. 2018. Handbook of Indonesia's Energi Economy Statistics 2018. (A. C. Adi & N. E. Ajiwihanto, Eds.) (16th edition). Jakarta: Head of Center for Data and Information Technology.
- Knothe, G. 2010. Introduction. In G. Knothe, J. Krahl, and J. Van Gerpen (Eds.), *The Biodiesel Handbook: second edition*. Illinois: AOCS Press.
- Kopp, O.C. 2019. Fossil fuel. <https://www.britannica.com/science/fossil-fuel>; Diunduh pada 19 Maret 2019.
- Lackner, M. 2015. 3rd-Generation Biofuels: Bacteria and Algae as Sustainable Producers and Converters. In *Handbook of Climate Change Mitigation and Adaptation (Vol. 1–4, pp. 1–32)*. New York, NY: Springer New York. https://doi.org/10.1007/978-1-4614-6431-0_90-1
- Maesita, D., and Nafi'ah, L. H. 2017. Peningkatan Stabilitas Oksidasi Biodiesel Kemiri Sunan menggunakan Metode Pencampuran dengan Biodiesel Kelapa Sawit. Institut TEknologi Indonesia.
- Ministry of Energi and Mineral Resources of Republic Indonesia. 2018. *Handbook of Energi and Economic Statistics of Indonesia*. 127 pages. ISSN 2528-3464.
- Palm Oil Agribusiness Strategic Policy Institute (PASPI). 2017. *Mitos vs Fakta, Industri Minyak Sawit Indonesia Dalam Isu Sosial, Ekonomi dan Lingkungan Global*. (Edisi ke Tiga). Gabungan Pengusaha Kelapa Sawit Indonesia. Jakarta, 230 hal. ISBN 978-602-t4377-7-7.
- Paryanto, I., Wibowo, C. S., Barus, B. R., & Tomo, R. C. 2018. *Pedoman Umum Penanganan Dan Penyimpanan Bahan Bakar Biodiesel (B100) Dan Campuran Biodiesel (Bxx)*. Jakarta.

- Peraturan Pemerintah Nomor 79 Tahun 2014 tentang Kebijakan Energi Nasional.
- Peraturan Presiden Nomor 22 Tahun 2017 tentang Rencana Umum Energi Nasional.
- Pusat Penelitian Kelapa Sawit. 2019. B50 Road Test Medan-Jakarta PP. Laporan Sementara. Jakarta. Pusat Penelitian Kelapa Sawit.
- Pranowo, D. 2019. Penelitian dan Pengembangan Kemiri Sunan sebagai sumber BBN di Indonesia. Bahan tayanan FGD “State of The Art Kemiri Sunan sebagai BBN dan Urgensi Pengembangannya di Lahan Pasca Tambang”. 20 Februari 2019. Kementerian Pertanian. Sukabumi
- Prastowo, Bambang., Bambang Purwantana, Nur Richana dan Andi Nuralamsyah. 2011. Diversifikasi Tandan Kosong dan Hasil Kelapa Sawit Untuk Biofuel Generasi 2 dan Reduksi 3-MCPD. Puslitbangbun Bogor.
- Prastowo, Bambang. 2007a. Kompor Berbahan Bakar Minyak Nabati. *Warta Penelitian dan Pengembangan Pertanian* 29(6): 7-9.
- Prastowo, Bambang. 2007b. Potensi Sektor Pertanian Sebagai Penghasil dan Pengguna Energi Terbarukan (The agriculture sector as source and user of the renewable energi). Indonesia Center for Estate Crops Reearch and Development. *Perspektif : Review Penelitian Tanaman Industri* 6 (2): 85-93.
- Prastowo, Bambang. 2012. Biomass Availability and Identification of Feedstock Potensial. Makalah telah disampaikan pada International Workshop on Bio-energy, CCS and BECCS: Options for Indonesia. Jakarta 21 – 22 September 2012. UKP4 Republic of Indonesia. In Prastowo, Bambang. 2017. *Mekanisasi Pertanian dan Bioenergi : Menuju*

- Pengembangan Bioindustri di Indonesia. Penerbit Liberty. Yogyakarta.
- Pusat Kebijakan Perdagangan Luar Negeri. 2013. Analisis peningkatan penggunaan biodiesel sebagai upaya mengatasi defisit neraca perdagangan migas. Badan Pengkajian Dan Pengembangan. Kebijakan Perdagangan Kementerian Perdagangan RI. Jakarta.
- Pusat Pengkajian Industri Proses dan Energi. 2018. Outlook Energi Indonesia 2018: Energi Berkelanjutan untuk Transportasi Darat. (Yudiartono, Anindhita, A. Sugiyono, L. M. A. Wahid, & Adiarso, Eds.). Jakarta: Pusat Pengkajian Industri Proses dan Energi (PPIPE) - BPPT.
- PwC. 2018. Oil and Gas in Indonesia: Investment and taxation guide. PwC Indonesia.
- Reksowardojo, I. K. 2006. Pemanfaatan biodiesel dan bioethanol untuk transportasi. In E. Hambali, N. Soediono, D. Setyaningsih, Ishaka H. Mustamin, H. S. Musen, M. Sirnanjurtak, R. Hendroko (Eds.), Workshop Nasional Bisnis Biodiesel dan Bioethanol di Indonesia (pp. 124–155). Jakarta: Surfactant and Bioenergi Research Center.
- Ritchie,H. and Roser, M. 2019 a. CO₂ and other Greenhouse Gas Emissions. Published online at OurWorldInData.org. Retrieved from: '<https://ourworldindata.org/co2-and-other-greenhouse-gas-emissions>' [Online Resource]
- Ritchie,H. and Roser, M. 2019b "Energi Production & Changing Energi Sources". Published online at OurWorldInData.org. Retrieved from: '<https://ourworldindata.org/energi-production-and-changing-energi-sources>' [Online Resource].
- RUEN. 2017. Rencana Umum Energi Nasional. Peraturan Pemerintah Nomor 22 tahun 2017.

- Sawit Indonesia, 2019. Indonesia Menuju B50. Volume VIII, edisi 88, Jakarta.
- Sea, S.B. 2016 A Brief History of Oil Prices and Vehicle Technologies. Office of Energi Efficiency & Renewable Energy <https://www.energi.gov/eere/articles/timeline-brief-history-oil-prices-and-vehicle-technologies>; Diunduh pada 11 Maret 2019.
- Sherwood Lollar, B.; Westgate, T.D.; Ward, J.D.; Slater, G.F.; Lacrampe-Couloume, G. (2002). "Abiogenic formation of alkanes in the Earth's crust as a minor source for global hydrocarbon reservoirs". *Nature*. 446 (6880): 522–524. Bibcode:2002Natur.416..522S. doi:10.1038/416522a. PMID 11932741.
- Singerda, F.S., Hendrowati, T.Y. and Sanusi, A. 2018. Indonesia growth of economics and industrialization biodiesel based CPO. *International Journal of Energi Economics and Policy* 8 (5): 319-334.
- Sitanggang, Togar. 2018. Indonesia Palm Oil Supply and Demand. Makalah pada International Palm Oil Conference 2018. GAPKI. Nusa Dua, Bali Indonesia
- Sukrisno, W., Srimulato, B. Prastowo., Edy, S. 2008. Kinerja Mesin Sangrai Tipe Silinder Horizontal Dengan Sumber Panas Kompresor Bertekanan Berbahan Bakar Minyak Nabati. Makalah Seminar Nasional Mekanisasi Pertanian. Balai Besar Pengembangan Mekanisasi Pertanian. Deptan. Bogor, 23 November 2008.
- Sugiyono, A. 2006. Peluang Pemanfaatan Biodiesel Dari Kelapa Sawit Sebagai Bahan Bakar Alternatif Pengganti Minyak Solar Di Indonesia. PTPSE-BPPT, Jakarta.

- Sugiyono, A. 2016. Outlook Energi Indonesia 2015-2035: Prospek Energi Baru Terbarukan . Jurnal Energi dan Lingkungan Vol. 12, No. 2, Desember 2016 Hlm. 87-96.
- Susila, I.W. dan Ernawati. 2008. Dampak pengembangan biodiesel berbasis CPO terhadap kemiskinan di Indonesia. Informasi Pertanian 17 (2): 1173-1194.
- Suthisripok, T., dan Semsamran, P. 2018. The impact of biodiesel B100 on a small agricultural diesel engine. Tribology International, 128(July), 397–409. <https://doi.org/10.1016/j.triboint.2018.07.042>
- Syarif, B. S. (2018). Implementasi Pengolahan Bahan Bakar Sawit di Direktorat Pengolahan Pertamina. Plaju.
- [UN] United Nations. 2018. Energi Statistics Pocket Book 2018. The United Nations Department Economics and Social Affairs. Statistic Divison, New York.
- Vaclav, Smil. 2017. Energi Transitions: Global and National Perspectives. Available to purchase online
- Vendeuvre, C., Ruiz-Guerrero, R., Bertocini, F., Duval, L., and Thiébaud, D. 2007. Comprehensive two-dimensional gas chromatography for detailed characterisation of petroleum products. Oil and Gas Science and Technology, 62(1), 43–55. <https://doi.org/10.2516/ogst:2007004>
- Vonortas, Andreas, and Nikolaos Papayannakos. 2014. “Comparative Analysis of Biodiesel versus Green Diesel.” Wiley Interdisciplinary Reviews: Energi and Environment 3(1): 3–23. <http://doi.wiley.com/10.1002/wene.78>.
- Zed, F., Y. D. Suharyani, A. Rasyid, D. Hayati, D. Rosdiana, E. Mohi, F. Santhani, S. H. Pambudi, C. Malik, J. Santosa, A. Nurohim. 2014. Outlook energi indonesia 2014. Dewan Energi Nasional Republik Indonesia, 174 hal.

Zed, F., Y. D. Suharyani, A. Rasyid, D. Hayati, D. Rosdiana, E. Mohi, F. Santhani, S. H. Pambudi, C. Malik. J. Santosa, A. Nurohim. 2014. Outlook Energi Indonesia 2014. Dewan Energi Nasional Indonesia. ISSN: 1411-7010

INDEKS

- B20, v, 22, 28, 51, 59, 64, 76, 95, 96,
100, 105, 107, 109, 110, 121
- Bauran energi, 6, 8, 13, 20
- biodiesel, v, 5, 6, 22, 27, 28, 38, 51,
52, 53, 55, 56, 58, 59, 60, 62, 63,
74, 75, 76, 77, 79, 80, 81, 82, 85,
86, 88, 89, 90, 91, 95, 96, 97, 98,
99, 100, 101, 103, 104, 105, 106,
107, 108, 109, 110, 111, 112,
113, 114, 115, 116, 117, 118,
119, 121, 122, 125, 126, 127
- biodiesel/B100, 55, 59, 60, 62, 63
- bioethanol, 5, 52, 79, 88, 89, 91, 125
- Biofuel*, 1, 2, 5, 6, 19, 20, 23, 27, 51,
58, 65, 70, 74, 79, 83, 87, 88,
119, 121, 122, 124
- biosolar, 100
- boiling range*, 35
- carbon monoxide*, 100
- Cocos nucifera*, 54, 89
- CPO, v, 49, 51, 56, 58, 59, 61, 62, 63,
64, 75, 76, 77, 83, 85, 86, 96, 99,
100, 104, 106, 107, 108, 110,
112, 113, 114, 115, 126, 127
- Cracking*, 35
- crude palm oli*, 104
- diesel, 22, 34, 44, 48, 49, 64, 80, 81,
85, 86, 87, 89, 95, 97, 98, 100,
101, 103, 105, 127
- edible oil*, 54
- Elais guineensis*, 54, 89
- Green Gaasoline*, 64
- Hevea brasiliensis*, 54, 89
- Hydrocracking*, 35
- inedible oil*, 54
- kernel oil*, 85
- oxidation stability*, 89
- polimerasi, 35
- Pongamia pinnata*, 54, 89
- refinery*, 35
- Revolusi Industri, 6, 17
- treating*, 35

TENTANG PENULIS

H. Andi Amran Sulaiman, Dr., MP., Ir., adalah Menteri Pertanian pada Kabinet Kerja Jokowi-JK sejak 2014. Doktor lulusan UNHAS dengan predikat Cumlaude (2002) ini memiliki pengalaman kerja di PG Bone serta PTPN XIV, pernah mendapat Tanda Kehormatan Satyalancana Pembangunan di Bidang Wirausaha Pertanian dari Presiden RI (2007) dan Penghargaan FKPTPI Award (2011). Beliau anak ketiga dari 12 bersaudara, pasangan ayahanda A. B. Sulaiman Dahlan Petta Linta dan ibunda Hj. Andi Nurhadi Petta Bau. Memiliki seorang istri Ir. Hj. Martati, dikaruniai empat orang anak: A. Amar Ma'ruf Sulaiman, A. Athirah Sulaiman, A. Muhammad Anugrah Sulaiman dan A. Humairah Sulaiman. Pria kelahiran Bone (1968) yang memiliki keahlian di bidang pertanian dan hobi membaca ini, dalam kiprahnya sebagai Menteri Pertanian telah berhasil membawa Kementerian Pertanian sebagai institusi yang prestise.

Kasdi Subagyo, Dr., MSc., Ir., adalah alumni S1 Universitas Brawijaya, Malang (1988), S2 di Gent Universiteit, Belgia (1996), dan Gelar Doktor diperolehnya pada tahun 2003 dari Tsukuba University, Jepang. Sejak Februari 2019 menjabat sebagai Direktur Jenderal Perkebunan setelah sebelumnya menjabat Kepala Biro Perencanaan Sekretariat Jenderal Kementerian Pertanian sejak Januari 2014. Tahun 2013-2014 menjabat sebagai Sekretaris Badan Litbang Pertanian, dan pernah menjabat Kepala Balai Besar Pengkajian dan Pengembangan Teknologi Pertanian. Karir sebagai birokrat diawali dari Kepala Balitklimat (2005-2007), kemudian Kepala BPTP Jawa Barat (2007-2009) dan Kepala BPTP Jawa Tengah. Pada jabatan fungsional

menduduki posisi Peneliti Ahli Utama dengan kepakaran bidang Hidrologi dan Konservasi Tanah.

Fadjry Djufry, Dr., MS., Ir., dilahirkan di Makassar pada tanggal 14 Maret 1969. Sejak Februari 2019 menduduki jabatan sebagai Kepala Badan Litbang Pertanian dan juga telah meraih Peneliti Ahli Utama bidang Agroklimatologi/Pemodelan Tanaman. Gelar Sarjana Pertanian (S1) tahun 1993 pada bidang studi Agronomi diperoleh dari Universitas Hasanuddin, Makassar sedangkan pendidikan S2 dan S3 ditempuh di Institut Pertanian Bogor masing-masing selesai pada tahun 2000 dan 2005.

Mat Syukur, Dr., MS., Ir., lahir di Lamongan Jawa Timur. Menyelesaikan pendidikan menengah di SMA IV Malang dan Pendidikan S1 Jurusan Ilmu-ilmu Sosial Institut Pertanian Bogor Tahun 1982. Pendidikan Jenjang S2 dan S3 diselesaikan di kampus yang sama, masing-masing pada tahun 1988 dan 2001 pada program studi Ekonomi Pertanian. Awal kariernya dimulai pada 1982 sebagai peneliti di Pusat Penelitian Agro Ekonomi (Sekarang Pusat Sosial Ekonomi dan Kebijakan Pertanian). Beberapa jabatan struktural yang pernah diduduki adalah Kepala Balai Pengkajian Teknologi Pertanian Jawa Timur 2005, Kepala Bagian Program Dan Evaluasi Balai Besar Pengkajian dan Pengembangan Teknologi Pertanian tahun 2006, Kepala Pusat Pembiayaan Pertanian Kementerian Pertanian tahun 2006-2010, Kepala Biro Perencanaan Kementerian Pertanian tahun 2011, Sekretaris Direktorat Jenderal Hortikultura 2011-2013, Staf Ahli Menteri Bidang Inovasi dan Teknologi 2013-2016, Staf Ahli Bidang Perdagangan dan Hubungan Internasional tahun 2016-2018. Yang bersangkutan saat ini bekerja sebagai Peneliti Ahli Utama pada Pusat Sosial Ekonomi dan Kebijakan Pertanian, Kementerian Pertanian.

Pantjar Simatupang Prof. (Riset), Dr., MS., Ir., adalah peneliti utama di bidang ekonomi pertanian, menekuni dan mendalami khusus di bidang Ekonomi dan Kebijakan Pertanian, saat ini bekerja di Pusat Sosial Ekonomi dan Kebijakan Pertanian (PSEKP). Ia lahir di Sibolga pada 18 Maret 1954. Ia menyelesaikan pendidikan Strata 1 (Ir) di Fakultas Perikanan Institut Pertanian Bogor (IPB) pada tahun 1978, gelar magister sains (MS) Ekonomi Pertanian di Sekolah Pasca Sarjana IPB pada tahun 1978, dan gelar Doctor of Philosophy (Ph.D) Ekonomi di Iowa State University, Ames, Iowa, Amerika Serikat, pada tahun 1986. Selain sebagai peneliti, ia pernah menduduki jabatan struktural, yaitu: Kepala Pusat Sosial Ekonomi dan Kebijakan Pertanian (2002-2005) dan Staf Ahli Menteri Pertanian Bidang Kebijakan Pembangunan Pertanian (2010-2014).

Deciyanto Soetopo, Prof. (Riset), Dr., MS., Ir., Alumni S1 Fakultas Pertanian IPB (1978), S2 Pasca Sarjana IPB (1984), dan S3 (PhD) Entomology dari University of the Philippines, Los Banos (2004). Jabatan birokrat, sebagai Kepala Seksi Informasi dan Perpustakaan di Balai Penelitian Tanaman Rempah dan Obat (Balitro) di Bogor (1988-1995), Kepala Balai Pengkajian Teknologi Pertanian (BPTP) Riau (2004-2005), Kepala Balai Penelitian Tanaman Tembakau dan Serat (Balittas), Malang (2005-2010). Menduduki Jabatan fungsional Profesor Riset/Peneliti Utama di Pusat Penelitian dan Pengembangan Perkebunan, Balitbangtan, Kementerian Pertanian. Bidang penelitian yang ditekuni adalah komoditas perkebunan, terutama lada, tebu, kapas, tanaman atsiri, tanaman bahan bakar nabati, kelapa, kelapa sawit, tembakau. Menjadi ketua dan anggota redaksi beberapa jurnal ilmiah. Saat ini menjadi Ketua/Anggota Dewan Redaksi Jurnal Ilmiah Nasional terakreditasi: (1) Review Jurnal Penelitian dan Pengembangan Pertanian (JP3), (2) Review Jurnal Prespektif Penelitian Tanaman Industri/Perkebunan, (3) Jurnal Ilmiah

Entomology Indonesia (JEI - Perhimpunan Entomology Indonesia).

Maman Herman, Ir., lahir pada tahun 1962 di Sukabumi, Jawa Barat. Memperoleh gelar Sarjana Pertanian (Jurusan Ilmu Tanah) di Institut Pertanian Bogor pada tahun 1987. Berkarier di lingkungan Badan Litbang Pertanian sebagai peneliti budidaya tanaman yang ditugaskan pada Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanaman Industri (Puslitbangtri), sekarang Pusat Penelitian dan Pengembangan Perkebunan (Puslitbangbun) sejak tahun 1989 sampai sekarang. Sejak tahun 2006 berkecimpung dan mendalami tanaman bioenergi, khususnya biodiesel.

Diby Pranowo, Ir., lahir pada tahun 1961 di Ponorogo, Jawa Timur. Memperoleh gelar Sarjana Pertanian (Jurusan Budidaya Pertanian) di Universitas Sebelas Maret Surakarta yang diselesaikannya pada tahun 1985. Sejak tahun 2006 berkecimpung dan mendalami tanaman bioenergi, khususnya biodiesel. Jenjang fungsional Peneliti Ahli Utama diperoleh tahun 2017.

Asif Aunillah, S.TP., M.Sc, lahir pada tahun 1986 di Gresik, Jawa Timur. Memperoleh gelar Sarjana Teknologi Pertanian (Jurusan Teknologi Industri Pertanian) di Institut Pertanian Bogor pada tahun 2009. Pendidikan S2 ditempuh di Universitas Kyoto dan selesai 2016. Jenjang fungsional Peneliti Muda diperoleh pada tahun 2018.

Bambang Prastowo, Prof. (Riset), Dr., MS., Ir., adalah Purnabakti Peneliti Utama di bidang Teknologi Pertanian dan Mekanisasi Pertanian yang pernah bekerja di Pusat Penelitian dan Pengembangan Perkebunan. Sepanjang kariernya Bambang banyak menghasilkan inovasi bidang mekanisasi pertanian, khususnya alat dan mesin pertanian (alsintan) sederhana sampai yang bisa digunakan untuk memanfaatkan energi ternak, air dan angin.

BIOFUEL B100

ENERGI MASA DEPAN DUNIA



adalah sebuah keniscayaan dimana biofuel akan menjadi sumber energi masa depan dunia. Dengan kesadaran ini, Indonesia telah bergerak cepat dengan Program Biodiesel B20 mulai tahun 2006, lalu tahun 2019 menjadi B100. Indonesia unggul sebagai produsen komoditas kelapa sawit serta turunannya termasuk CPO dengan nilai terbesar di dunia. Saat ini kita mampu memproduksi 46 juta CPO, dan mengekspor 34 juta ton produk CPO. Artinya, ini merupakan kesempatan kita untuk mewujudkan kedaulatan energi dan ekonomi nasional.

Buku ini memuat deskripsi lengkap, detail, dan sistematis tentang kebutuhan, potensi, permasalahan, serta langkah-langkah strategis dan rencana aksi untuk mewujudkan B100 tersebut. Kementerian Pertanian mempersembahkan buku ini yang layak menjadi pedoman dan acuan bagi seluruh stakeholders.

Dalam buku ini dipaparkan permasalahan menipisnya cadangan energi fosil dan pentingnya biofuel ke depan, dilanjutkan dengan potensi besar Indonesia dalam industri biofuel termasuk kesiapan dari hulu sampai hilir. Selain itu juga dibahas secara mendalam bagaimana strategi dan pendekatan untuk pengembangan perkebunan kelapa sawit yang ramah lingkungan, serta manfaat ganda pengembangan biodiesel untuk ekonomi nasional dan kesejahteraan petani.



Sekretariat Badan Litbang Pertanian
Jl. Ragunan No. 29 Pasar Minggu, Jakarta 12540
Telp. (021) 7806202, Fax. (021) 7800644
Website : www.litbang.pertanian.go.id
email : iaardpress@litbang.pertanian.go.id

ISBN 978-602-344-256-0



9 786023 442560