

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**

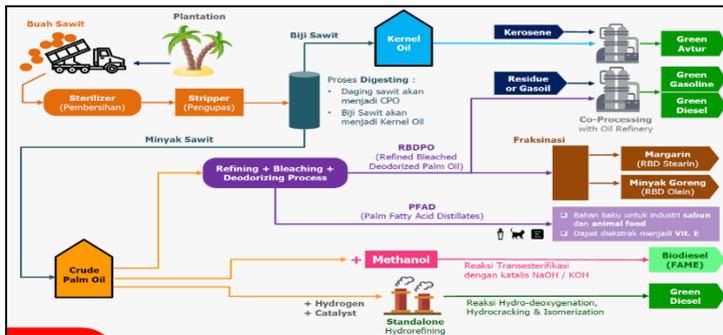
CPO 100% direaksikan dengan methanol sehingga menghasilkan FAME (*Fatty Acid Methyl Ester*). Reaksi yang dilakukan adalah reaksi transesterifikasi dengan menggunakan NaOH dan KOH sebagai katalis. Reaksi ini menghasilkan biodiesel atau FAME dengan hasil samping gliserol;

### **(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
<b>Bahan Baku</b>		
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
<b>Produk</b>		
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 <sub>2</sub> 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 <sup>3</sup>	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.

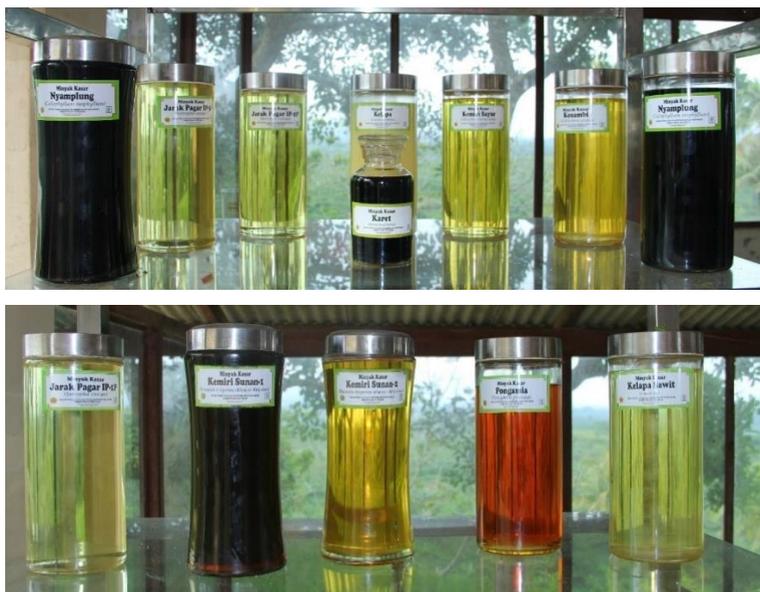
Bio-ethanol adalah ethanol yang diproduksi melalui proses fermentasi gula dan karbohidrat dari tumbuhan untuk mensubstitusi bahan bakar bensin. Dalam penggunaannya, ethanol dapat dicampur dengan bensin premium menghasilkan E5 (campuran 5% bioethanol dengan 95% premium) yang telah dipasarkan Pertamina 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 I<sub>2</sub>/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.

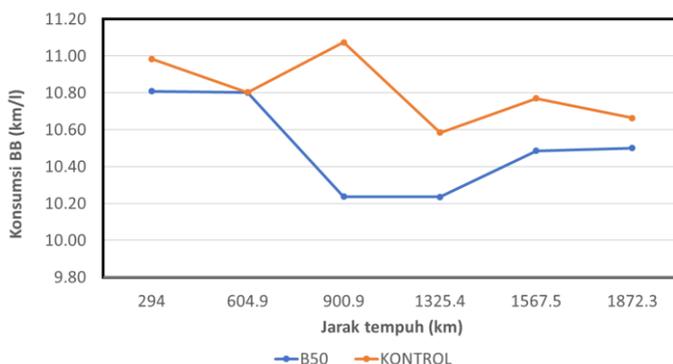
Seiring dengan meningkatnya harga minyak bumi, pemerintah meningkatkan mandatori persentase pemanfaatan biodiesel menjadi 10% (B10) melalui Peraturan Menteri ESDM No.20 tahun 2014. Mandatori tersebut diberlakukan kepada BUPIUN, BBM, dan pengguna langsung disektor transportasi, industri, dan pembangkit 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 (CO<sub>2</sub>, HC, O<sub>2</sub>, 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 <sup>3</sup>	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<sub>x</sub> dan CO<sub>2</sub> lebih tinggi dibandingkan bahan bakar diesel (Alptekin 2017).

Menurunnya emisi  $\text{NO}_x$  disebabkan pembentukan  $\text{NO}_x$  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/m<sup>3</sup>+ OA (Ongkos angkut).

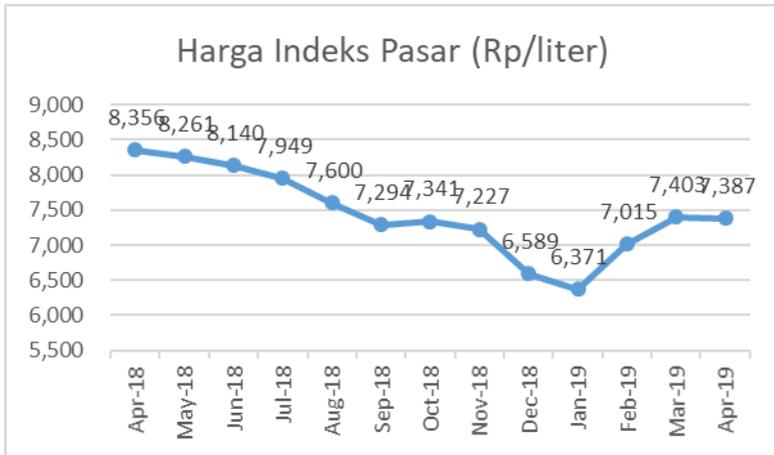
Tabel 12. Harga Pokok Produksi Biodiesel B-100 per Liter (Bulan Februari 2019).

No.	Komponen	Volume	Harga Satuan (Rp.)	Jumlah (Rp./liter)
<b>A</b>	<b>Biaya operasional</b>			
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>B</b>	<b>Biaya Tetap</b>			
				568,00
<b>Jumlah</b>				<b>8.471,55</b>

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 relaitas 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](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](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 tayanen 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. CO<sub>2</sub> 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.