

ANALISIS RANTAI PASOK BIOFUEL UNTUK MENDUKUNG SWASEMBADA ENERGI INDONESIA

SERI I: BIODIESEL



Penanggung Jawab Program:

Filda C. Yusgiantoro, Ph.D.

Tim Peneliti (Purnomo Yusgiantoro Center/PYC):

Massita Ayu Cindy, S.T., M.T.
Hidayatul Mustafidah Rohmawati, S.T.

Tim Peneliti (Institute for Natural Resources, Energy, and Environmental Management/IREEM):

Dr. Ir. Saleh Abdurrahman, M.Sc
Dr. Rachman Kurniawan
Dr. Ir. Arief Yunan, M.Si, IPU, ASEAN Eng.
Ir. Unggung Widhiantoro, S.T., M.Si.
Rosamond Chan, M.Si.
Taufiqur Rahman, S.T.
Kisma Rahardjo
Arij Ashari Nur Iman, S.T.

© COPYRIGHT Semua hak dilindungi undang-undang. Izin untuk membuat salinan digital atau cetak dari seluruh atau sebagian karya ini untuk penggunaan pribadi atau ruang kelas, diberikan tanpa dipungut biaya, dengan ketentuan tidak ada salinan yang dibuat atau didistribusikan untuk keuntungan atau keuntungan komersial beserta salinannya memuat pemberitahuan hak cipta dan kutipan lengkap di halaman pertama. Materi buku ini dapat secara bebas digunakan, dibagikan, disalin, direproduksi, dicetak, dan/atau disimpan, sepanjang materi tersebut secara jelas mencantumkan Purnomo Yusgiantoro Center sebagai sumber. Purnomo Yusgiantoro Center tidak bertanggung jawab atas penggunaan yang mungkin dilakukan dari informasi yang terkandung dalam buku ini.



**ANALISIS RANTAI PASOK BIOFUEL
UNTUK Mendukung
SWASEMBADA ENERGI INDONESIA**
Seri I: Biodiesel






GREENSHIP
CERTIFICATE IN PROGRESS

P
PARKIR

PROFIL KAMI

The Purnomo Yusgiantoro Center

Purnomo Yusgiantoro Center (PYC) adalah organisasi nirlaba independen yang didirikan oleh Prof. Ir. Purnomo Yusgiantoro, M.Sc., M.A., Ph.D. sebagai wujud nyata dedikasi dan kontribusi bagi bangsa Indonesia. Melalui berbagai peran strategis yang beliau emban selama berada di pemerintahan, visi tentang pentingnya sumber daya alam, energi, keamanan nasional, dan pengembangan sosial sebagai pilar pembangunan bangsa semakin kokoh. Prof. Purnomo Yusgiantoro mendirikan PYC pada 16 Juni 2016 dengan semangat menjawab tantangan masa kini dan masa depan untuk mewujudkan kemajuan yang berkelanjutan dan berdaya saing global bagi bangsa Indonesia.

PYC bergerak di dua sektor utama, yaitu sektor sumber daya alam (SDA) dan sumber daya manusia (SDM). Di bidang SDA, PYC berfokus pada riset strategis dan solusi berbasis data untuk mendukung pengelolaan SDA secara berkelanjutan dan memperkuat ketahanan nasional. Di bidang SDM, PYC turut meningkatkan kapasitas masyarakat melalui berbagai inisiatif di bidang pendidikan, kesehatan, dan pelestarian budaya. Melalui kerja sama multisektor dan antar-pemangku kepentingan, PYC menjadi wadah pusat kolaborasi untuk keberlanjutan Indonesia.

- **Kemandirian:**
Center ini tidak mengizinkan kepentingan pihak ketiga mana pun untuk memengaruhi penelitiannya.
- **Integritas & Objektivitas:**
Center ini harus memenuhi standar penelitian tertinggi dan menjunjung tinggi reputasi etika profesional untuk mengembangkan rekomendasi yang relevan dan dapat ditindaklanjuti.
- **Keragaman**
Center ini memastikan untuk mewakili keragaman pemikiran, pengalaman, dan latar belakang pribadi, yang merupakan aset luar biasa untuk menghasilkan penelitian berkualitas tinggi.

UCAPAN TERIMA KASIH



Ucapan terima kasih kami sampaikan kepada seluruh pihak yang telah berkontribusi dalam penyelesaian kajian ini, khususnya kepada para narasumber dalam wawancara dan FGD.”

1. Dewan Energi Nasional (DEN)
2. Direktorat Jenderal Energi Baru, Terbarukan, dan Konservasi Energi, Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral
3. Direktorat Industri Kemurgi, Oleokimia, dan Pakan, Kementerian Perindustrian
4. Pusat Pengelolaan Transportasi Berkelanjutan, Kementerian Perhubungan
5. Badan Pengelola Dana Perkebunan (BPDP)
6. Lembaga Minyak dan Gas Bumi (LEMIGAS)
7. Badan Riset dan Inovasi Nasional (BRIN)
8. Pertamina Energy Institute (PEI)
9. Pertamina Patra Niaga
10. PT Kilang Pertamina Internasional
11. PT Perkebunan Nusantara IV (PTPN)
12. Badan Kejuruan Kimia Persatuan Insinyur Indonesia (BKK PII)
13. Gabungan Pengusaha Kelapa Sawit Indonesia (GAPKI)
14. Asosiasi Produsen Biofuel Indonesia (APROBI)
15. Centre for Policy Development (CPD)



KATA PENGANTAR

Filda C. Yusgiantoro, Ph.D.

Chairperson
Purnomo Yusgiantoro Center

Dengan telah disusunnya studi “Analisis Rantai Pasok Biodiesel untuk Mendukung Swasembada Energi Indonesia”, saya menyampaikan apresiasi kepada semua pihak yang telah mendukung penyusunan studi ini.

Laporan ini menyajikan hasil analisis komprehensif mengenai perkembangan pengembangan biodiesel di Indonesia, termasuk capaian, tantangan yang dihadapi, dan peluang penguatan rantai pasok biodiesel. Melalui pendekatan pemodelan *system dynamics*, studi ini menguraikan keterkaitan antara ketersediaan bahan baku, kapasitas produksi, sistem distribusi, serta kebijakan harga dan insentif, yang secara bersama-sama memengaruhi efisiensi dan keberlanjutan pasokan biodiesel nasional.

Tujuan utama kajian ini adalah memberikan rekomendasi strategis bagi pemerintah dan para pemangku kepentingan dalam upaya memperkuat ketahanan dan kemandirian energi nasional melalui pengembangan biodiesel yang berkelanjutan, efisien, dan adaptif terhadap dinamika pasar serta perkembangan kebijakan global.

Ucapan terima kasih kami sampaikan kepada Institute for Natural Resources, Energy, and Environmental Management (IREEM) atas kerja sama hingga tersusunnya studi ini.

Ucapan terima kasih juga kami sampaikan kepada Kementerian/Lembaga terkait, BUMN, Asosiasi, perwakilan badan usaha, asosiasi, dan civitas akademika yang telah memberikan pandangan dan penajaman berkontribusi melalui diskusi-diskusi yang dilakukan selama penyusunan studi ini, sehingga memperkaya analisis serta rekomendasi dalam hasil studi ini.

Semoga studi ini dapat menjadi bahan pertimbangan dalam penyusunan kebijakan dan pengembangan biodiesel, serta sebagai referensi ilmiah arah kebijakan biodiesel nasional serta mendorong penguatan sinergi lintas sektor dalam memperkuat sistem energi Indonesia yang mandiri, berketahanan, dan rendah karbon.

Filda C. Yusgiantoro, Ph.D.

Ketua Umum
Purnomo Yusgiantoro Center

RINGKASAN EKSEKUTIF

Ketahanan energi dan kemandirian energi, serta transisi menuju *Net Zero Emission* (NZE), merupakan sasaran utama Kebijakan Energi Nasional yang ditetapkan melalui Peraturan Pemerintah (PP) Nomor 40 Tahun 2025 tentang Kebijakan Energi Nasional. Kebijakan ini menjadi acuan dalam penyusunan Rencana Pembangunan Jangka Menengah Nasional (RPJMN) 2025–2029, yang merupakan periode pertama pelaksanaan Rencana Pembangunan Jangka Panjang Nasional (RPJPN) 2025–2045.

Dalam konteks tersebut, kebijakan energi diarahkan untuk mendukung peningkatan kinerja perekonomian nasional sebagai bagian dari upaya mewujudkan Visi Indonesia sebagai negara maju pada tahun 2045, sekaligus memenuhi komitmen pencapaian NZE pada tahun 2060. Sejalan dengan itu, RPJMN 2025–2029 telah diselaraskan dengan target Swasembada Energi, yang merupakan bagian dari Asta Cita Kabinet Presiden Prabowo Subianto.

Salah satu tantangan utama dalam pengelolaan energi nasional adalah tingginya ketergantungan Indonesia terhadap bahan bakar fosil. Sejak tahun 2004, Indonesia telah menjadi negara pengimpor minyak bumi akibat meningkatnya kebutuhan bahan bakar yang tidak diimbangi dengan produksi minyak dalam negeri. Hingga saat ini, produksi minyak mentah nasional terus menurun dan hanya berada pada kisaran 600 ribu barel per hari. Hingga tahun 2024, lebih dari 85% konsumsi energi sektor transportasi berasal dari bahan bakar fosil, sementara lebih dari 50% kebutuhan nasional dipenuhi melalui impor. Kondisi ini menegaskan urgensi diversifikasi dan konservasi energi guna mengurangi ketergantungan impor dan memperkuat ketahanan energi nasional. Sampai dengan tahun 2024, Pemerintah telah menerapkan kebijakan *mandatory* B40 dan tengah menguji penerapan B50 yang direncanakan mulai diterapkan pada akhir tahun 2026.

Studi “Analisis Rantai Pasok Biodiesel untuk Mendukung Swasembada Energi Indonesia” menganalisis dinamika rantai pasok biodiesel melalui pendekatan *system dynamics*. Rantai pasok biodiesel dipandang sebagai suatu sistem yang tersusun atas unsur-unsur yang saling terkait dan saling bergantung. Pemodelan *system dynamics* digunakan untuk menggambarkan keterkaitan antarkomponen rantai pasok biodiesel dari hulu hingga hilir. Melalui model ini, dilakukan analisis keterpaduan antara pasokan bahan baku, kapasitas produksi, distribusi, serta proyeksi kemampuan rantai pasok dalam memenuhi target bauran energi nasional. Pendekatan ini juga membantu mengidentifikasi titik-titik kritis dalam sistem serta merumuskan opsi intervensi kebijakan yang diperlukan.

Proses pemodelan *system dynamics* diawali dengan pendefinisian permasalahan utama, antara lain ketersediaan dan produktivitas lahan eksisting, alokasi Crude Palm Oil (CPO) untuk produksi Fatty Acid Methyl Esther (FAME), dinamika harga keekonomian CPO, kualitas bahan bakar campuran, serta kompatibilitas mesin kendaraan. Berdasarkan data Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral (ESDM), impor minyak pada 2024 terdiri atas 112,19 juta barel minyak mentah dan 31,95 juta kL Bahan Bakar Minyak (BBM), sementara Indonesia memiliki pasokan sawit terbesar di dunia dengan luas sekitar 16,83 juta hektare dan produksi sekitar 47 juta ton CPO, serta kapasitas industri biodiesel sekitar 17,68 juta ton per tahun. Namun, alokasi CPO masih didominasi oleh kebutuhan ekspor dan pangan, sehingga pasokan FAME (sekitar 25,4%) sangat sensitif terhadap harga global dan berpotensi memperkuat tekanan *food versus energy*.

Untuk memahami perilaku sistem dan mengevaluasi dampak berbagai intervensi, pada studi ini pemodelan *system dynamics* dikembangkan dalam dua kelompok skenario, yaitu skenario baseline dan skenario kebijakan. Skenario *baseline* mencakup penerapan B40, sedangkan skenario kebijakan mencakup peningkatan *blending* pada B50 hingga B90. Dalam model yang dikembangkan, lebih dari 800 variabel yang terlibat untuk merepresentasikan keterkaitan antara rantai pasok biodiesel, antara lain lahan perkebunan dan produktivitas sawit, produksi CPO, kapasitas produksi CPO, produk turunan CPO, produksi FAME, kapasitas produksi FAME, produksi solar dalam negeri, ekspor-impor solar, permintaan biodiesel, fasilitas terminal BBM, subsidi dan insentif, kebijakan terkait biodiesel, serta variabel lainnya yang relevan.

Hasil pemodelan menunjukkan bahwa persentase *blending* biodiesel B40 belum cukup untuk menjamin pemenuhan permintaan biodiesel secara berkelanjutan. Dengan asumsi pertumbuhan konsumsi biodiesel 1,7% per tahun dan kapasitas produksi biodiesel sekitar 45.974 ribu kL per tahun, maka pada tahun 2042 rasio *supply-demand* biodiesel mulai turun di bawah 100 persen. Sementara itu, penurunan rasio *supply-demand* biodiesel di bawah 100 persen untuk peningkatan *blending* ke B50 hingga B90 terjadi mulai tahun 2030. Peningkatan *blending* biodiesel diasumsikan mampu menurunkan impor solar, namun di sisi lain meningkatkan kebutuhan subsidi bahan bakar nabati secara signifikan.

Tantangan utama rantai pasok mencakup produktivitas lahan sawit yang belum optimal, fluktuasi suplai dan alokasi CPO, keterbatasan pasokan metanol domestik, efisiensi proses produksi FAME, kesiapan infrastruktur *blending*, serta biaya logistik akibat ketimpangan spasial antara pusat produksi dan konsumsi. Dinamika harga CPO dan mekanisme Harga Indeks Pasar (HIP) sangat menentukan besaran insentif Badan Pengelola Dana Perkebunan (BPDP) dan keberlanjutan kebijakan *mandatory*.

Pemodelan menunjukkan peningkatan persentase *blending* biodiesel, baik pada skenario *baseline* B40 maupun B50 hingga B90, tidak cukup untuk menjamin pemenuhan permintaan biodiesel dalam jangka menengah dan panjang. Keterbatasan kapasitas produksi biodiesel, kecukupan FAME, serta pasokan CPO menyebabkan rasio *supply-demand* biodiesel turun di bawah 100 persen mulai tahun 2042 untuk persentase *blending* B40 dan sekitar tahun 2030 untuk persentase *blending* B50 hingga B90, yang artinya terjadi defisit lebih dini dibanding implementasi B40. Studi ini juga menunjukkan bahwa penerapan B50 akan meningkatkan kebutuhan *blending* yang diikuti oleh peningkatan pasokan biodiesel, serta menuntut ke siapan infrastruktur distribusi dan sarana prasarana pendukung, termasuk kesiapan teknologi mesin diesel pengguna bahan bakar biodiesel.

Berdasarkan hasil tersebut, rekomendasi kuncinya adalah B40 perlu dipertahankan sebagai baseline mandatori untuk jangka pendek hingga menengah, setidaknya sampai seluruh prasyarat sistemik di atas benar-benar siap dan mitigasi risikonya dapat dibuktikan. Rekomendasi kunci tersebut perlu disertai beberapa pertimbangan kritis sebelum menentukan arah kebijakan biodiesel selanjutnya. Evaluasi yang komprehensif menjadi penting untuk memastikan bahwa peningkatan bauran biodiesel benar-benar memberikan manfaat strategis bagi sistem energi nasional. Dengan demikian, kebijakan peningkatan persentase *blending* biodiesel merupakan instrumen penting yang tidak hanya berorientasi pada pencapaian target *blending* semata, tetapi juga mendukung keberlanjutan dan ketahanan sistem energi Indonesia melalui peningkatan nilai tambah domestik, penurunan impor solar, penguatan ketahanan energi, serta pengelolaan dampak lingkungan hidup dalam jangka panjang.



DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	2
RINGKASAN EKSEKUTIF	3
DAFTAR ISI	6
DAFTAR TABEL	6
DAFTAR GAMBAR	8
DAFTAR ISTILAH	10

BAB 1	LATAR BELAKANG	1
--------------	-----------------------	---

BAB 2	PERAN BIODIESEL DALAM KEBIJAKAN ENERGI NASIONAL	3
--------------	--	---

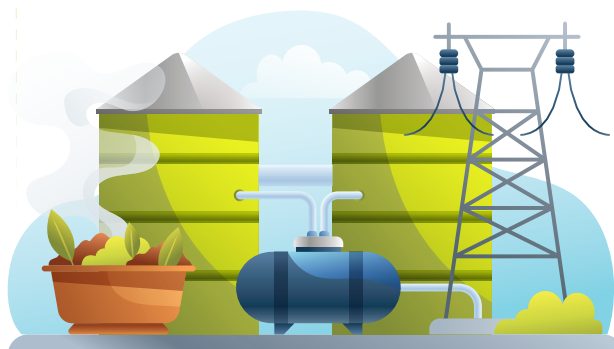


BAB 3	PERKEMBANGAN BIODIESEL DI INDONESIA	7
--------------	--	---

BAB 4	ANALISIS RANTAI PASOK BIODIESEL	11
--------------	--	----

4.1	Penyediaan Bahan Baku	12
4.2	Produksi dan Kapasitas Industri Biodiesel	13

4.3	Distribusi dan Logistik Biodiesel	14
4.4	Kesiapan Teknologi dan Kompatibilitas Mesin Pengguna	18
4.5	Dinamika Harga dan Keekonomian Biodiesel	19



Appendix

xx

Appendix A

xx

Appendix D

xx

Appendix B

xx

Appendix E

xx

Appendix C

xx

Appendix F

xx

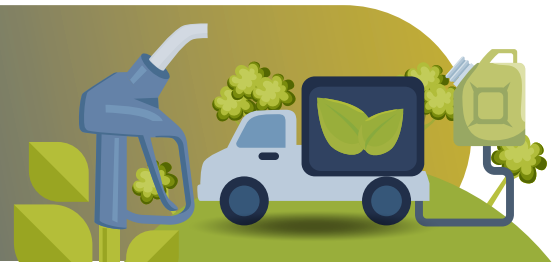
LAMPIRAN

xx





DAFTAR TABEL



Tabel 5.1	Asumsi Skenario Baseline	26	Tabel 5.9	Asumsi pada Skenario Kebijakan Bagian II	59
Tabel 5.2	Asumsi pada Skenario Kebijakan	35	Tabel 5.10	Catatan pada Skenario Implementasi B50 Skenario D2_Blending B50	65
Tabel 5.3	Catatan pada Skenario Implementasi B50	42	Tabel 5.11	Catatan pada Skenario Implementasi B60 Skenario D2_Blending B60	71
Tabel 5.4	Catatan pada Skenario Implementasi D1_Blending B60	48	Tabel 5.12	Catatan pada Skenario Implementasi B60, B70, dan B90 Skenario D2_Blending B60, B70, dan B90	71
Tabel 5.5	Catatan pada Skenario Implementasi B70, B80, dan B90	54	Tabel 5.13	Target Minimal pada Skenario D2_Blending B50	72
Tabel 5.6	Target Minimal pada Skenario D1_Blending B50	54	Tabel 5.14	Target Minimal pada Skenario D2_Blending B60	73
Tabel 5.7	Target Minimal pada Skenario Implementasi B60	56	Tabel 5.15	Target Minimal pada Skenario D2_Blending B70	74
Tabel 5.8	Target Minimal pada Skenario Implementasi B70	57			





DAFTAR GAMBAR



Gambar 2.1	Linimasa Mandatori Biodiesel	6	Gambar 4.8	Skema Insentif Biodiesel	22
Gambar 3.1	Produksi, Konsumsi Domestik, dan Ekspor Biodiesel Indonesia	7	Gambar 5.1	Alur Pemodelan System Dynamics	24
Gambar 3.2	Program Biodiesel Mengurangi Impor Solar	8	Gambar 5.2	Causal Loop Diagram Kajian Rantai Pasok Biodiesel	25
Gambar 3.3	Pola Distribusi FAME	10	Gambar 5.3	Hasil Simulasi Baseline	27
Gambar 4.1	Proses Produksi Biodiesel	11	Gambar 5.4	(a) Perilaku Supply-Demand dan (b) Rasio Supply-Demand Biodiesel	28
Gambar 4.2	Daftar Perusahaan Produsen FAME Nasional	14	Gambar 5.5	Grafik Produksi Biodiesel	29
Gambar 4.3	Skema Distribusi Biodiesel di Indonesia	14	Gambar 5.6	Grafik Produksi FAME	30
Gambar 4.4	Persebaran RU dan TBBM di Indonesia	15	Gambar 5.7	Grafik Produksi, Ekspor, dan Impor Solar	31
Gambar 4.5	Program RDMP dan GRR dalam Peningkatan Kapasitas dan Kualitas Kilang Nasional	17	Gambar 5.8	Grafik Insentif BBN	32
Gambar 4.6	Tren Harga CPO Nasional dan HIP Biodiesel Tahun 2025	20	Gambar 5.9	Produksi dan Suplai CPO	34
Gambar 4.7	Dinamika Penetapan HIP Biodiesel terhadap HIP BBM	20	Gambar 5.10	Lahan Sawit Produktif dan Tingkat Kecukupan TBS terhadap Kebutuhan Biodiesel	35
			Gambar 5.11	Rasio Supply-Demand Biodiesel pada Skenario D1_Blending B50	37





DAFTAR GAMBAR



Gambar 5.12	Produksi CPO, FAME, dan Biodiesel pada Skenario D1_Blending B50	38	Gambar 5.21	Suplai CPO untuk pada Skenario D1_Blending B60	45
Gambar 5.13	Suplai CPO untuk FAME pada Skenario D1_Blending B50	39	Gambar 5.22	Lahan Sawit Produktif dan Kecukupan TBS pada Skenario D1_Blending B60	46
Gambar 5.14	Lahan Sawit Produktif dan Kecukupan TBS pada Skenario D1_Blending B50	39	Gambar 5.23	Suplai CPO untuk Ekspor serta Pangan dan Oleokimia pada Skenario D1_Blending B60	47
Gambar 5.15	Suplai CPO untuk Ekspor serta Pangan dan Oleokimia pada Skenario D1_Blending B50	41	Gambar 5.24	Ekspor-Impor Solar pada Skenario D1_Blending B60	48
Gambar 5.16	Ekspor-Impor Solar pada Skenario D1_Blending B50	41	Gambar 5.25	Impor Metanol pada Skenario D1_Blending B60	48
Gambar 5.17	Impor Metanol pada Skenario D1_Blending B50	42	Gambar 5.26	Supply-Demand Biodiesel pada Skenario D1_Blending B70, B80, dan B90	49
Gambar 5.18	Rasio Supply-Demand Biodiesel pada Skenario D1_Blending B60	43	Gambar 5.27	Produksi CPO, FAME, dan Biodiesel pada Skenario D1_Blending B70, B80, dan B90	51
Gambar 5.19	Supply-Demand Biodiesel pada Skenario D1_Blending B60	43	Gambar 5.28	Suplai CPO untuk FAME pada Skenario D1_Blending B70, B80, dan B90	51
Gambar 5.20	Produksi CPO, FAME, dan Biodiesel pada Skenario D1_Blending B60	45			



DAFTAR GAMBAR

Gambar 5.29	Lahan Sawit Produktif dan Kecukupan TBS pada Skenario D1_Blending B70, B80, dan B90	52	Gambar 5.38	Ekspor-Impor Solar pada Skenario D2_Blending B50	64
Gambar 5.30	Suplai CPO untuk Ekspor serta Pangan dan Oleokimia pada Skenario D1_Blending B70, B80, dan B90	53	Gambar 5.39	Impor Metanol pada Skenario D2_Blending B50	65
Gambar 5.31	Ekspor-Impor Solar pada Skenario D1_Blending B70, B80, dan B90	53	Gambar 5.40	Rasio Supply-Demand Biodiesel pada Skenario D2_Blending B60	66
Gambar 5.32	Kebutuhan Impor Metanol pada Skenario D1_Blending B70, B80, dan B90	54	Gambar 5.41	Produksi Biodiesel, FAME, dan CPO pada Skenario D2_Blending B60	67
Gambar 5.33	Rasio Supply-Demand pada Skenario D2_Blending B50	60	Gambar 5.42	Suplai CPO untuk FAME pada Skenario D2_Blending B60	68
Gambar 5.34	Produksi CPO, FAME, dan Biodiesel pada Skenario D2_Blending B50	61	Gambar 5.43	Lahan Sawit Produktif dan Kecukupan TBS pada Skenario D2_Blending B60	68
Gambar 5.35	Suplai CPO untuk FAME pada Skenario D2_Blending B50	62	Gambar 5.44	Suplai CPO untuk Ekspor serta Pangan dan Oleokimia pada Skenario D2_Blending B60	70
Gambar 5.36	Lahan Sawit Produktif dan Kecukupan TBS pada Skenario D2_Blending B50	63	Gambar 5.45	Ekspor-Impor Solar pada Skenario D2_Blending B60	70
Gambar 5.37	Suplai CPO untuk Ekspor serta Pangan dan Oleokimia pada Skenario D2_Blending B50	64	Gambar 5.46	Impor Metanol pada Skenario D2_Blending B60	71



DAFTAR ISTILAH



APBN	: Anggaran Pendapatan dan Belanja Negara	ISPO	: <i>Indonesian Sustainable Palm Oil</i>
APL	: Areal Penggunaan Lain	KEN	: Kebijakan Energi Nasional
APROBI	: Asosiasi Produsen Biofuel Indonesia	KESDM	: Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral
Asta Cita	: 8 (Delapan) Misi/Prioritas Nasional Presiden Periode 2024-2029	KLHK	: Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan
BBM	: Bahan Bakar Minyak	NZE	: <i>Net Zero Emission</i>
BBN	: Bahan Bakar Nabati	OER	: <i>Oil Extraction Rate</i>
Bensa	: Bensin sawit	POME	: <i>Palm Oil Mill Effluent</i>
BOPD	: <i>Barrels of Oil Per Day</i>	PP	: Peraturan Pemerintah
BPDP	: Badan Pengelola Dana Perkebunan	PSO	: <i>Public Service Obligation</i>
BPS	: Badan Pusat Statistik	PSR	: Peremajaan Sawit Rakyat
BU	: Badan Usaha	RBDOPO	: <i>Refined Bleached Deodorized Palm Oil</i>
CLD	: <i>Causal Loop Diagram</i>	RDMP	: <i>Refinery Development Master Plan</i>
CME	: <i>Coco Methyl Ester</i>	RPJMN	: Rencana Pembangunan Jangka Menengah Nasional
CN	: <i>Cetane Number</i>	RPJPN	: Rencana Pembangunan Jangka Panjang Nasional
CPO	: <i>Crude Palm Oil</i>	RSPO	: <i>Roundtable on Sustainable Palm Oil</i>
DEN	: Dewan Energi Nasional	RU	: <i>Refinery Unit</i>
Ditjen EBTKE	: Direktorat Jenderal Energi Baru Terbarukan dan Konservasi Energi	RUED	: Rencana Umum Energi Daerah
Ditjen Migas	: Direktorat Jenderal Minyak dan Gas Bumi	RUEN	: Rencana Umum Energi Nasional
DME	: <i>Dimethyl Ether</i>	SFD	: <i>Stock Flow Diagram</i>
DMO	: <i>Domestic Market Obligation</i>	SPBU	: Stasiun Pengisian Bahan Bakar Umum
EBT	: Energi Baru Terbarukan	STS	: <i>Ship to Ship</i>
EUDR	: <i>European Union Deforestation Regulation</i>	SWOT	: <i>Strengths, Weakness, Opportunities, Threats</i>
FAME	: <i>Fatty Acid Methyl Ester</i>	TBBM	: Terminal Bahan Bakar Minyak
FGD	: <i>Focus Group Discussion</i>	TBS	: Tandan Buah Segar
GRK	: Gas Rumah Kaca	TM	: Tanaman Menghasilkan
GRR	: <i>Grass Root Refinery</i>	TTM	: Tanaman Tidak Menghasilkan
HIP	: Harga Indeks Pasar	TOE	: <i>Tonne of Oil Equivalent</i>
HPK	: Hutan Produksi yang dapat Dikonversi	UCO	: <i>Used Cooking Oil</i>
HVO	: <i>Hydrotreated Vegetable Oil</i>		

Biofuel atau Bahan Bakar Nabati (BBN) merupakan bahan bakar ramah lingkungan yang berasal dari biomassa, yaitu bahan organik terbarukan yang mencakup tanaman, residu pertanian dan kehutanan, limbah organik, serta biomassa akuatik seperti alga. Pemanfaatan biofuel sebagai pengganti bahan bakar fosil di beberapa negara, khususnya di sektor transportasi, telah mulai menunjukkan hasil yang nyata¹. Hingga 2050, peran bahan bakar fosil dalam bauran energi sektor transportasi global diproyeksikan terus menurun dan sebagian digantikan oleh biofuel².

Ketergantungan Indonesia terhadap bahan bakar fosil di sektor transportasi masih tinggi. Hingga 2024, lebih dari 85% konsumsi energi sektor transportasi berasal dari bahan bakar fosil³. Selain itu, Indonesia juga masih bergantung pada impor. Berdasarkan data Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral (ESDM), impor minyak pada 2024 terdiri atas 112,19 juta barel minyak mentah dan 31,95 juta kL Bahan Bakar Minyak (BBM)⁴. Kondisi ini menegaskan pentingnya melakukan diversifikasi energi guna mengurangi ketergantungan impor dan memperkuat ketahanan energi nasional. Ke depan, kebijakan ketahanan dan kemandirian energi juga dipengaruhi oleh agenda transisi energi menuju *Net Zero Emission (NZE) 2060*.

¹IEA Bioenergy 2024. Implementation of bioenergy in the IEA Bioenergy member countries. https://www.ieabioenergy.com/wp-content/uploads/2025/01/CountriesReport2024_final.pdf

²BP. 2023. BP Energy Outlook 2023. London: BP plc.

³KESDM 2024. Handbook Of Energy and Economic Statistics Of Indonesia (HEESI)

⁴KESDM. 2024. Laporan Kinerja Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral.

<https://www.esdm.go.id/assets/media/content/content-laporan-kinerja-kementerian-esdm-tahun-2024.pdf>.

BAB 1

LATAR BELAKANG

LATAR BELAKANG

Pemanfaatan biofuel merupakan salah satu opsi strategis jangka pendek dan menengah Pemerintah untuk menurunkan impor minyak mentah dan BBM, sekaligus berkontribusi pada pengurangan emisi gas rumah kaca (GRK). Selain itu, pengembangan biofuel juga sejalan dengan agenda swasembada energi sebagaimana tercantum dalam Asta Cita visi Presiden Prabowo. Oleh karena itu, pemerintah perlu memastikan keberhasilan peningkatan pemanfaatan biofuel melalui dukungan kebijakan, regulasi, dan koordinasi lintas sektor.

Biofuel memiliki potensi signifikan dalam meningkatkan kemandirian dan ketahanan energi serta mendukung transisi energi menuju NZE. Namun, pengembangan biofuel masih menghadapi sejumlah tantangan, antara lain keterbatasan ketersediaan bahan baku, kesiapan infrastruktur, serta kebutuhan harmonisasi kebijakan dan insentif.

Melalui kajian ini, disusun analisis dan pemodelan untuk merumuskan rekomendasi kebijakan yang terukur dan relevan guna mendukung pengembangan biofuel secara berkelanjutan, dengan mempertimbangkan aspek teknis, ekonomi, sosial, dan lingkungan. Kajian ini berfokus pada biodiesel.

Dalam skenario KEN sebagaimana diatur dalam PP Nomor 40 Tahun 2025, biofuel ditempatkan sebagai bagian dari strategi diversifikasi energi dan dekarbonisasi sektor energi, khususnya pada penyediaan energi final nonlistrik dan sektor transportasi. Pemerintah menetapkan sasaran bauran energi primer nasional hingga 2060 dengan mengedepankan transisi energi yang dilaksanakan secara bertahap, terukur, dan berkelanjutan, guna mewujudkan ketahanan energi, kemandirian energi, serta penurunan emisi GRK sektor energi. Dalam kerangka tersebut, energi yang berasal dari nabati dikategorikan sebagai energi terbarukan untuk memenuhi kebutuhan energi nasional, peningkatan nilai tambah, serta penguatan industri energi nasional.

Komitmen kebijakan tersebut tercermin dalam proyeksi pemanfaatan energi final hingga tahun 2060, dimana porsi biofuel dalam bauran energi diproyeksikan meningkat dari sekitar 18,7–22,7 TOE pada 2030 menjadi 21,9–25,2 TOE pada 2040. Setelah periode tersebut, kontribusi biofuel diproyeksikan turun secara proporsional menjadi 18,7–22,1 TOE pada 2050 dan 13,6–19,9 TOE pada 2060.

Pemanfaatan biofuel diarahkan sebagai bahan campuran dan/atau untuk menggantikan bahan bakar minyak terutama untuk transportasi dan industri, sejalan dengan kebijakan diversifikasi energi dan penurunan emisi GRK sektor energi dalam jangka menengah dan panjang. Proyeksi KEN hingga 2060 menunjukkan bahwa kontribusi bahan bakar nabati dalam bauran energi primer nasional dimaksimalkan sepanjang keekonomiannya terpenuhi, dengan porsi yang secara proporsional turun seiring dengan meningkatnya peran energi terbarukan lainnya. Meskipun demikian, biofuel tetap diposisikan sebagai instrumen transisi energi yang strategis untuk menjaga keamanan pasokan energi final nonlistrik, mengurangi ketergantungan terhadap bahan bakar minyak, serta mendukung pencapaian target dekarbonisasi sektor energi dan NZE pada tahun 2060 atau lebih cepat.

BAB 2

PERAN BIODIESEL DALAM KEBIJAKAN ENERGI NASIONAL

Sejalan dengan arah kebijakan tersebut, pengembangan biofuel di Indonesia telah dilaksanakan secara bertahap sejak tahun 2008 hingga 2025 melalui berbagai program nasional. Program pengembangan biofuel mencakup pemanfaatan dan diversifikasi jenis biofuel, antara lain biodiesel, bioetanol, bioavtur, *hydrotreated vegetable oil* (HVO), serta bensin sawit (Bensa). Program-program tersebut mendukung implementasi KEN dalam meningkatkan kontribusi EBT dalam bauran energi nasional, khususnya pada sektor transportasi.

Peningkatan pemanfaatan biodiesel berkontribusi langsung terhadap penguatan indeks ketahanan energi melalui pengurangan impor minyak mentah dan impor solar, pengurangan biaya subsidi BBM (khususnya solar), peningkatan porsi EBT dalam bauran energi nasional dan pengurangan emisi GRK⁵. Kontribusi ini tercermin dalam peningkatan capaian indeks ketahanan energi nasional tahun 2020–2024 dan target tahun 2025–2029. Adapun perbedaan nilai indeks pada periode 2020–2024 dengan periode 2025–2029 disebabkan adanya perubahan nilai skala indeks yang sebelumnya menggunakan skala 100 menjadi skala 10. Peningkatan indeks ketahanan energi nasional menunjukkan perbaikan kapasitas Indonesia dalam menjaga keamanan pasokan energi serta meningkatkan diversifikasi bauran energi nasional.

Implementasi *mandatory* biodiesel berperan sebagai instrumen struktural yang memperkuat indeks kemandirian energi melalui pengurangan rasio impor, diversifikasi sumber energi dalam negeri, peningkatan EBT dalam bauran energi primer, peningkatan persentase pemanfaatan komponen dan modal dalam negeri dan peningkatan subsidi EBT, termasuk skema insentif Badan Pengelola Dana Perkebunan (BPDP). Dengan demikian, biodiesel tidak hanya berfungsi sebagai pilar dalam transisi energi, tetapi juga sebagai pilar untuk mendukung pencapaian sasaran kebijakan energi nasional, baik peningkatan ketahanan dan kemandirian energi nasional.

⁵DEN. 2024. Proyeksi Indeks Ketahanan Energi dalam Mendukung RPJMN 2025-2029

Dalam kerangka Asta Cita, swasembada energi dipandang sebagai bagian dari agenda besar penguatan kemandirian nasional dan fondasi bagi pembangunan ekonomi yang berkelanjutan. Asta Cita menempatkan sektor energi sebagai enabler lintas sektor, mulai dari industrialisasi, hilirisasi, ketahanan pangan, hingga pengembangan wilayah sehingga ketersediaan energi yang andal dan berbasis sumber daya domestik menjadi prasyarat utama bagi stabilitas dan pertumbuhan ekonomi jangka panjang.

Dalam konteks ini, biofuel berperan sebagai instrumen strategis untuk memperkuat kapasitas produksi energi nasional yang selaras dengan arah pembangunan nasional. Pengembangan biofuel tidak hanya mendukung diversifikasi bauran energi dan pengurangan ketergantungan terhadap impor energi fosil, tetapi juga memperkuat pemanfaatan sumber daya domestik melalui pengembangan industri hulu-hilir di dalam negeri.

Penguatan swasembada energi melalui biofuel mendukung transformasi ekonomi nasional menuju target pendapatan per kapita USD 7.000 pada 2029 dan USD 30.000 pada Indonesia Emas 2045. Hal ini dicapai melalui penciptaan nilai tambah domestik, pengembangan industri hilir, peningkatan kapasitas teknologi, serta penguatan kualitas sumber daya manusia. Dengan demikian, kontribusi biofuel terhadap agenda Asta Cita tidak hanya terletak pada penyediaan energi, tetapi juga pada pembentukan struktur ekonomi nasional yang lebih mandiri, inklusif, dan berdaya saing dalam jangka panjang. Pada saat yang sama, kebijakan biofuel juga berperan penting dalam mendukung pencapaian target bauran energi nasional, energi baru dan terbarukan sebesar 23% pada 2025 dan 31% pada 2050.

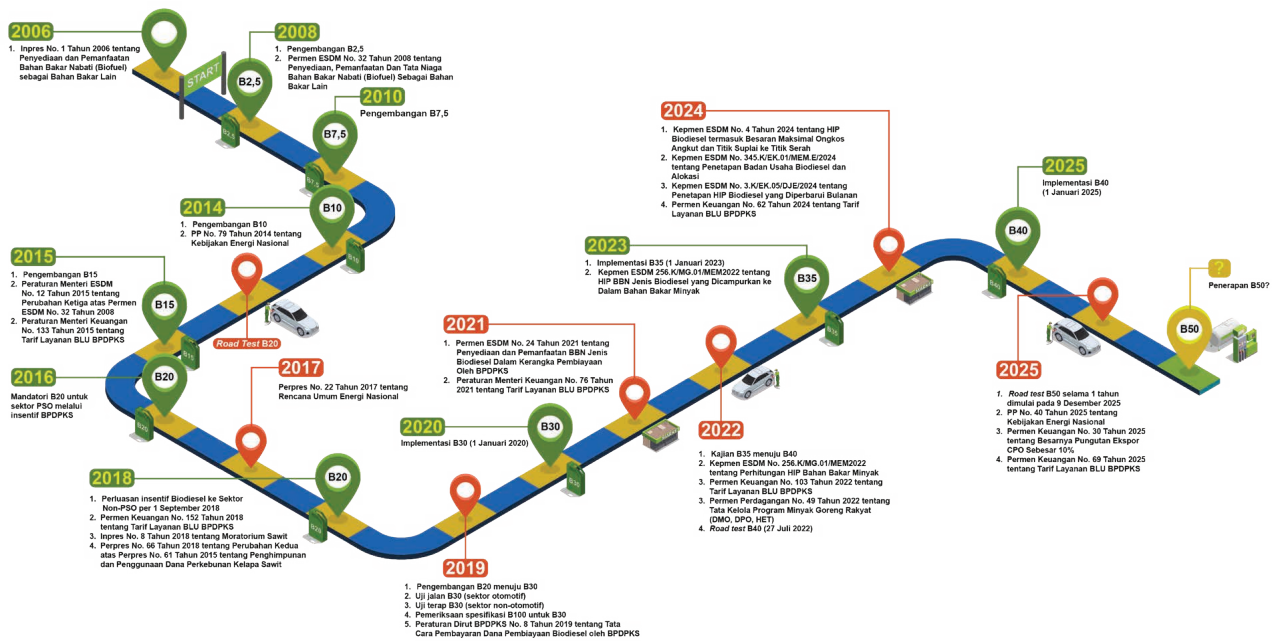
Kebijakan *mandatory* pemanfaatan biodiesel berkembang secara bertahap (Gambar 2.1), sejak diterbitkannya Peraturan Menteri ESDM No. 32/2008 dengan penerapan campuran B2,5, yang kemudian meningkat menjadi B7,5 pada 2010, B10 pada 2014, dan B15 pada 2015 melalui Peraturan Menteri ESDM No. 12/2015. Penguatan kebijakan berlanjut pada 2016 dengan diberlakukannya *mandatory* B20 untuk sektor *Public Service Obligation* (PSO) yang didukung oleh skema insentif Badan Pengenloa Dana Perkebunan (BPDP), serta diperluas ke sektor non-PSO pada 2018, seiring dengan pelaksanaan berbagai uji teknis dan penyusunan standar mutu sebagai dasar peningkatan kadar campuran.

“

Kebijakan *mandatory* pemanfaatan biodiesel berkembang secara bertahap (Gambar 2.1), sejak diterbitkannya Peraturan Menteri ESDM No. 32/2008 dengan penerapan campuran B2,5, yang kemudian meningkat menjadi B7,5 pada 2010, B10 pada 2014, dan B15 pada 2015 melalui Peraturan Menteri ESDM No. 12/2015.”

Tahap lanjutan ditandai dengan pelaksanaan uji jalan dan uji terap B30 pada 2019, yang memungkinkan implementasi penuh B30 mulai 1 Januari 2020. Pemerintah kemudian melakukan kajian peningkatan kadar campuran menuju B35 dan B40 pada 2022, hingga akhirnya *mandatory* B35 diberlakukan pada 1 Januari 2023 dan

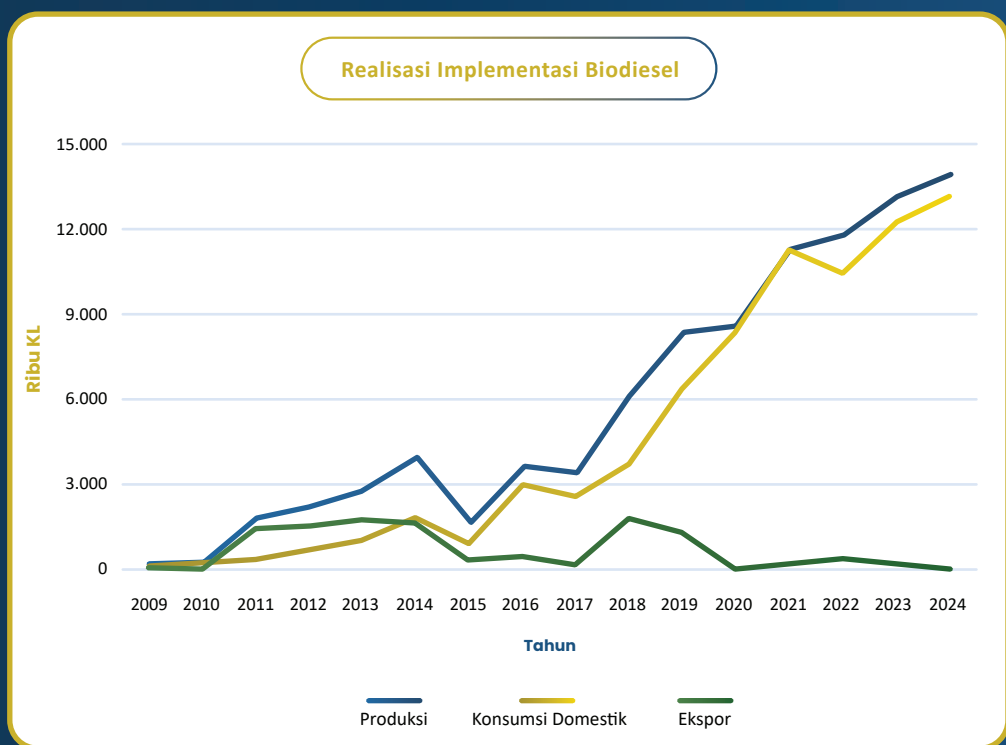
ditingkatkan kembali menjadi B40 pada 1 Januari 2025. Rangkaian kebijakan ini menunjukkan kesinambungan arah kebijakan energi nasional dalam memperluas pemanfaatan biodiesel sebagai bagian integral dari strategi transisi energi dan penguatan ketahanan energi nasional.



Gambar 2.1 Linimasa Mandatori Biodiesel⁶

⁶KESDM, 2021. <https://www.esdm.go.id/assets/media/content/content-buku-biodiesel-jejak-panjang-perjuangan-pdf>

Seiring dengan penguatan kebijakan mengenai biodiesel, kinerja produksi dan konsumsi biodiesel nasional menunjukkan peningkatan yang konsisten sejak 2009⁷. Produksi biodiesel meningkat dari 190 ribu kL pada 2009 menjadi sekitar 13,9 juta kL pada 2024, seiring dengan implementasi *mandatory* biodiesel yang semakin meluas. Konsumsi domestik juga tumbuh dari 119 ribu kL menjadi 13,1 juta kL pada periode yang sama, dengan kenaikan tajam terutama setelah perluasan program *mandatory* pencampuran biodiesel. Seiring meningkatnya permintaan di dalam negeri, konsumsi domestik menjadi komponen utama penyerapan biodiesel nasional yang terlihat dari besarnya volume konsumsi dibandingkan ekspor pada sebagian besar tahun dalam periode tersebut (Gambar 3.1).



Gambar 3.1 Produksi, Konsumsi Domestik, dan Ekspor Biodiesel Indonesia*

⁷APROBI. 2025. Realisasi Implementasi Biodiesel.

<https://www.aprobi.or.id/id/data/realisasi-implementasi-biodisel/>. Diakses pada 17 Oktober 2025.

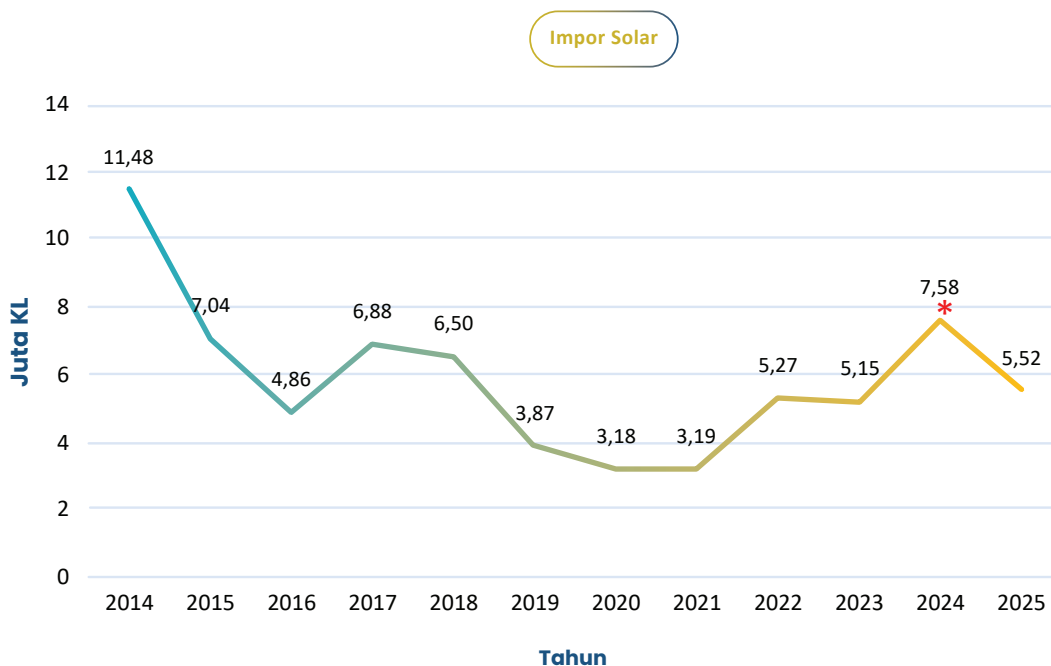
*APROBI. 2025. Realisasi Implementasi Biodiesel.

<https://www.aprobi.or.id/id/data/realisasi-implementasi-biodisel/>. Diakses pada 17 Oktober 2025.

BAB 3

PERKEMBANGAN BIODIESEL DI INDONESIA

Peningkatan pemanfaatan biodiesel tersebut memperkuat peran biodiesel dalam mendukung dekarbonisasi sektor transportasi sekaligus mengurangi ketergantungan Indonesia terhadap impor BBM. Data dari Direktorat Jenderal Energi Baru Terbarukan dan Konservasi Energi (Ditjen EBTKE) menunjukkan bahwa impor solar mengalami fluktuasi dalam satu dekade terakhir dan sempat menunjukkan penurunan pada periode 2019–2021, meskipun kembali meningkat pada 2022–2023 (Gambar 3.2). Lonjakan impor pada 2024 terjadi akibat gangguan pasokan menyusul terbakarnya *Refinery Unit* (RU) V Balikpapan. Kondisi ini menegaskan pentingnya ketersediaan substitusi domestik seperti biodiesel yang dapat menggantikan sebagian konsumsi solar berbasis fosil. Melalui implementasi *mandatory* biodiesel, penggunaan biodiesel mampu menekan kebutuhan impor BBM dan secara langsung berkontribusi pada penurunan emisi sektor transportasi, mengingat biodiesel memiliki intensitas karbon yang lebih rendah dibandingkan solar fosil.



*Impor solar pada 2024 tinggi akibat terbakarnya *Refinery Unit* V Balikpapan

Gambar 3.2 Program Biodiesel mengurangi Impor Solar

Pada awal implementasi program *mandatory* B40, kebijakan biodiesel ditargetkan mampu menekan impor BBM sekaligus menciptakan lebih dari 14 ribu lapangan kerja *off-farm* dan sekitar 1,95 juta tenaga kerja *on-farm*⁹.

⁹KESDM. 2025. Wujudkan Ketahanan Energi dan Kurangi Impor, Menteri ESDM: Mandatori B40 Berlaku 1 Januari 2025. <https://www.esdm.go.id/id/media-center/arsip-berita/wujudkan-ketahanan-energi-dan-kurangi-impor-menteri-esdm-mandatori-b40-berlaku-1-januari-2025>. Diakses pada 4 Desember 2025.

Dalam perkembangannya, hingga 2025 kebijakan biodiesel tercatat mampu menurunkan impor BBM sekitar 3,3 juta kL, menghasilkan penghematan devisa sekitar Rp130,12 triliun, mendorong penambahan nilai tambah CPO sebesar sekitar Rp20,43 triliun, serta berkontribusi pada pengurangan emisi GRK sebesar 38,88 juta ton CO₂ ekuivalen. Pada sisi transisi energi, kontribusi biodiesel turut mendukung peningkatan bauran energi baru dan terbarukan yang mencapai 15,75% pada 2025, meningkat 1,1% dibandingkan capaian 2024 sebesar 14,65%¹⁰. Keseluruhan manfaat ini menegaskan biodiesel sebagai instrumen strategis untuk mendukung pencapaian target bauran EBT 31% pada 2050 serta mempercepat transisi menuju pembangunan energi yang lebih berkelanjutan.

Pengembangan biodiesel di Indonesia memiliki peluang kuat seiring dengan perluasan *mandatory* biodiesel sejak tahun 2018 yang ditujukan untuk mencapai kemandirian energi, mengurangi defisit neraca perdagangan migas melalui substitusi impor solar fosil, menurunkan emisi GRK, serta meningkatkan pendapatan dan kesejahteraan petani sawit dengan menjaga stabilitas harga CPO. Mandat pengembangan dan pemanfaatan biodiesel maupun biofuel lainnya juga terus mengalami peningkatan. Untuk memenuhi kebutuhan B100 pada implementasi B40 pada tahun 2025, diperlukan peningkatan kemampuan produksi FAME oleh badan usaha (BU) BBN hingga sekitar 90% dari kapasitas terpasang tahun 2024, yaitu dari 14,1 juta kL menjadi sekitar 16,18 juta kL. Peluang tersebut didukung oleh kecukupan pasokan biodiesel dari kapasitas produksi terpasang (mencapai 18,1 juta kL), penyediaan insentif oleh pemerintah melalui BPDP, dukungan kebijakan untuk menjamin keberlanjutan program, pelaksanaan *monitoring* dan evaluasi secara berkala bersama pemangku kepentingan, penerapan standar nasional dan petunjuk teknis untuk menjaga kualitas, serta kesiapan infrastruktur pencampuran dan penyaluran biodiesel.

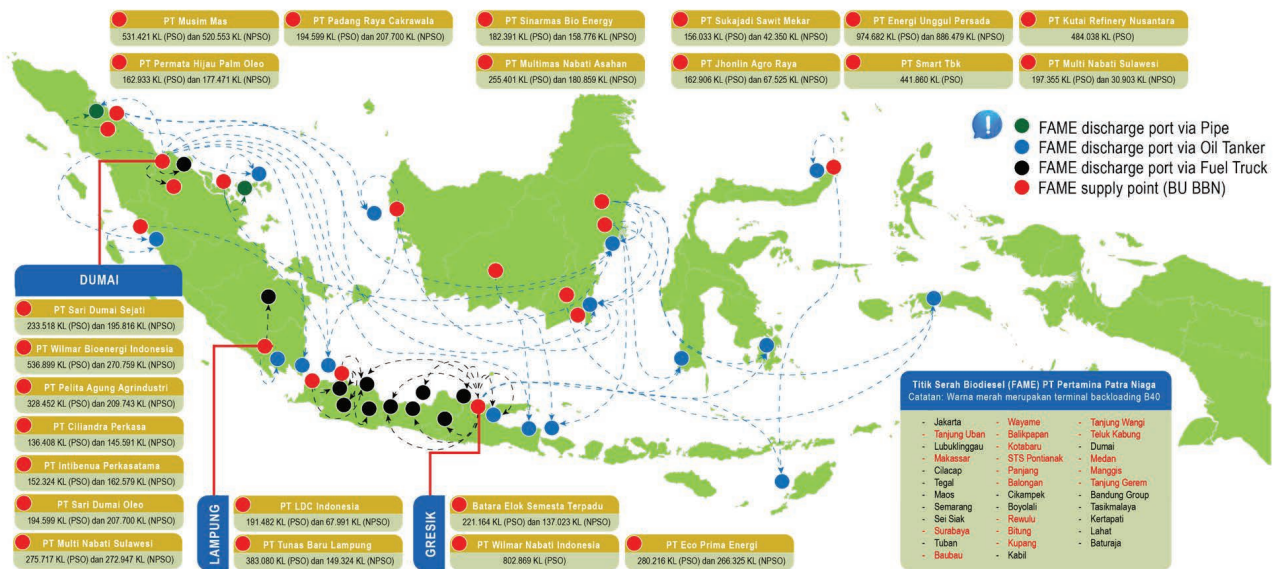
“

Dalam perkembangannya, hingga 2025 kebijakan biodiesel tercatat mampu menurunkan impor BBM sekitar 3,3 juta kL, menghasilkan penghematan devisa sekitar Rp130,12 triliun, mendorong penambahan nilai tambah CPO sebesar sekitar Rp20,43 triliun, serta berkontribusi pada pengurangan emisi GRK sebesar 38,88 juta ton CO₂ ekuivalen. Pada sisi transisi energi, kontribusi biodiesel turut mendukung peningkatan bauran energi baru dan terbarukan yang mencapai 15,75% pada 2025, meningkat 1,1% dibandingkan capaian 2024 sebesar 14,65%¹⁰.”

¹⁰KESDM. 2026. Konferensi Pers Capaian Kinerja Kementerian ESDM Tahun 2025 (8 Januari 2026).

BU BBN yang telah mendapatkan penetapan berkewajiban menyalurkan BBN jenis biodiesel kepada BU BBM untuk selanjutnya dicampur dengan BBM tertentu jenis solar. Gambar 3.3 menunjukkan pola distribusi FAME dari BU BBN ke BU BBM. Penyaluran BBN jenis biodiesel dilaksanakan sesuai dengan alokasi volume yang ditetapkan, waktu dan spesifikasi biodiesel yang disepakati, serta titik serah BBN jenis biodiesel.

“ Dalam praktiknya, pola distribusi FAME masih menghadapi tantangan, mengingat sebagian besar BU BBN berada di wilayah barat Indonesia. Kondisi ini menyebabkan proses pengiriman FAME ke wilayah timur Indonesia menjadi kendala tersendiri, baik dari sisi logistik maupun biaya distribusi.”



Gambar 3.3 Pola Distribusi FAME¹¹

Dalam praktiknya, pola distribusi FAME masih menghadapi tantangan, mengingat sebagian besar BU BBN berada di wilayah barat Indonesia. Kondisi ini menyebabkan proses pengiriman FAME ke wilayah timur Indonesia menjadi kendala tersendiri, baik dari sisi logistik maupun biaya distribusi.

¹¹Pertamina Patra Niaga. 2025. Preliminary Data Potensi Implementasi B50 PSO dan B40 NPSO.

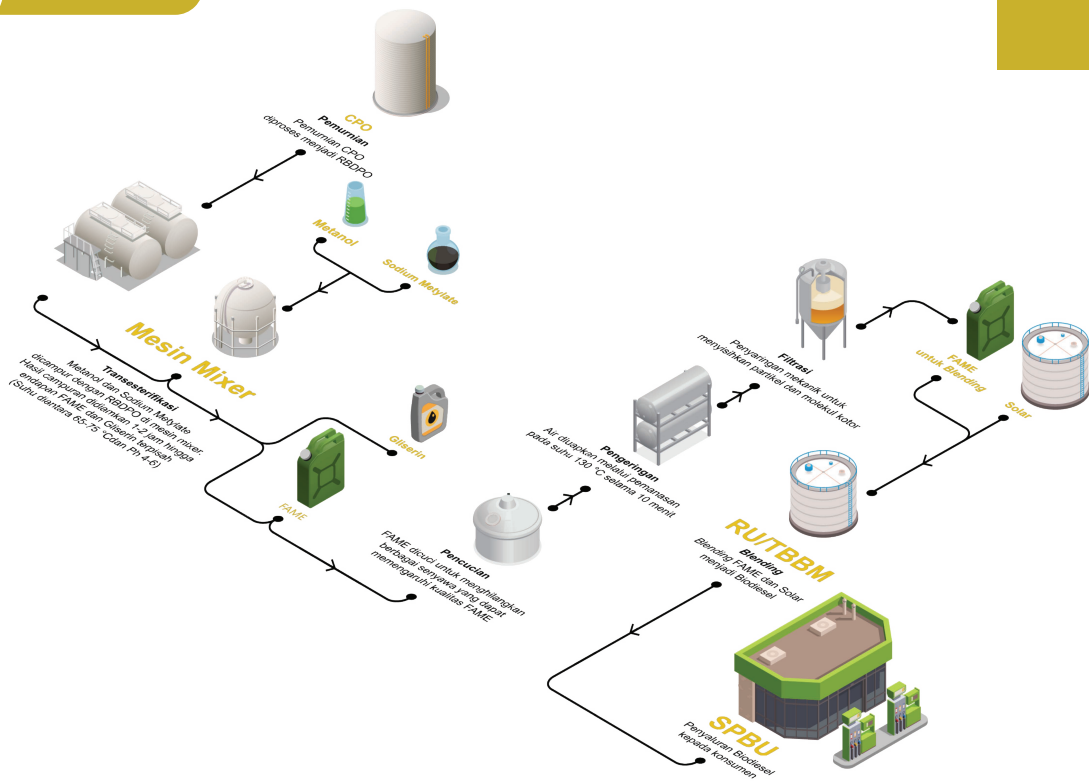
Biodiesel merupakan bahan bakar nabati yang diproduksi melalui proses transesterifikasi minyak nabati atau lemak hewani menjadi *Fatty Acid Methyl Ester* (FAME). Di Indonesia, bahan baku utama biodiesel adalah *Crude Palm Oil* (CPO) yang terlebih dahulu dimurnikan menjadi *Refined Bleached Deodorized Palm Oil* (RBDPO) sebelum diproses lebih lanjut.

Produksi biodiesel dilakukan melalui reaksi transesterifikasi, yaitu pencampuran RBDPO dengan metanol dan katalis *sodium methylate* selama sekitar 1–2 jam, yang menghasilkan FAME sebagai produk utama dan gliserol sebagai produk samping. FAME yang terbentuk selanjutnya melalui tahap pencucian untuk menghilangkan senyawa pengganggu mutu, pengeringan pada suhu sekitar 130°C selama ± 10 menit untuk menurunkan kadar air, serta penyaringan akhir guna menghilangkan partikel dan molekul kotor sehingga memenuhi standar mutu biodiesel.

FAME yang telah memenuhi spesifikasi kemudian dicampurkan (*blending*) dengan solar pada komposisi tertentu sesuai kebijakan *mandatory* sehingga menghasilkan biodiesel komersial, seperti B30, B35, dan B40, yang masing-masing mencerminkan persentase kandungan FAME dalam campuran bahan bakar. Keseluruhan proses produksi ini digambarkan pada Gambar 4.1.

BAB 4

ANALISIS RANTAI PASOK BIODIESEL



Gambar 4.1 Proses Produksi Biodiesel

Rantai pasok biodiesel Indonesia mencakup penyediaan bahan baku, produksi, dan distribusi hingga ke pengguna akhir, dengan berbagai aktor yang memastikan kelancaran dan kualitas suplai nasional.

4.1 Penyediaan Bahan Baku

Indonesia merupakan produsen kelapa sawit terbesar di dunia, dengan luas perkebunan mencapai 16,83 juta hektare dan total produksi minyak kelapa sawit sekitar 46,82 juta ton¹² (Appendix A). Skala produksi ini menjadikan kelapa sawit sebagai tulang punggung industri biodiesel nasional sekaligus menempatkan Indonesia sebagai produsen biodiesel berbasis minyak sawit terbesar secara global.

“

Ketersediaan bahan baku biodiesel di Indonesia ditinjau dari struktur kepemilikan perkebunan sawit didominasi oleh korporasi swasta sebesar 53% atau 8,6 juta hektare, diikuti perkebunan rakyat 41% atau 6,2 juta hektare, serta BUMN sekitar 6%.”

¹²Pusat Data dan Sistem Informasi Pertanian. 2024. Outlook Kelapa Sawit Tahun 2024.

Ketersediaan bahan baku biodiesel di Indonesia ditinjau dari struktur kepemilikan perkebunan sawit didominasi oleh korporasi swasta sebesar 53% atau 8,6 juta hektare, diikuti perkebunan rakyat 41% atau 6,2 juta hektare, serta BUMN sekitar 6%. Secara geografis, produksi CPO terkonsentrasi di wilayah Sumatera dan Kalimantan, dengan provinsi penghasil terbesar meliputi Riau (9,37 juta ton), Kalimantan Tengah (8,47 juta ton), Sumatera Utara (5,06 juta ton), Kalimantan Barat (5,43 juta ton), Sumatera Selatan (3,95 juta ton), dan Kalimantan Timur (3,94 juta ton)¹³. Konsentrasi spasial ini menjadi fondasi utama pasokan bahan baku biodiesel, namun sekaligus memengaruhi efisiensi logistik dan meningkatkan biaya distribusi ke wilayah konsumsi utama. Di sisi lain, produktivitas kebun rakyat masih relatif rendah, dengan hampir separuhnya terdiri dari tanaman tua atau tidak produktif, sementara realisasi Program Peremajaan Sawit Rakyat (PSR) masih jauh dari target.

Pemanfaatan CPO terbagi hampir seimbang antara kebutuhan domestik dan ekspor. Sekitar 25,4% pasokan CPO digunakan untuk produksi FAME, sementara 51,04% dialokasikan untuk ekspor, serta pemanfaatan untuk minyak goreng (19,4%) dan oleokimia (4,2%). Ekspor CPO memiliki peran strategis karena pungutan ekspor menjadi sumber utama pendanaan BPDP yang digunakan untuk menyalurkan insentif biodiesel

guna menutup selisih harga antara biodiesel dan solar. Dana tersebut juga dimanfaatkan untuk program PSR, penelitian dan pengembangan, pengembangan sumber daya manusia, serta pembangunan sarana dan prasarana perkebunan. Dengan demikian, keberlanjutan pasokan bahan baku biodiesel sangat berkaitan erat dengan keseimbangan antara kebutuhan domestik dan kinerja ekspor CPO, terutama dalam menjaga keberlanjutan pendanaan insentif biodiesel.

Selain bahan baku minyak nabati, produksi biodiesel juga sangat bergantung pada metanol sebagai bahan utama dalam proses transesterifikasi. Ketersediaan metanol domestik masih terbatas, tercermin dari impor yang mencapai 0,9–1,1 juta ton per tahun (HS 29051100)¹⁴, sedangkan kapasitas produksi nasional hanya sekitar 660 ribu ton, yang seluruhnya berasal dari satu produsen, yaitu PT Kaltim Methanol Industri. Dengan konsumsi metanol yang diperkirakan mencapai 1,64 juta ton pada 2024¹⁵, pasokan domestik belum mencukupi kebutuhan dalam negeri sehingga ketergantungan terhadap impor tetap tinggi dan memberi tekanan pada neraca perdagangan metanol. Oleh karena itu, pengembangan kapasitas produksi metanol domestik, termasuk melalui hilirisasi dimetil eter (DME) berbasis batu bara, menjadi opsi penting untuk memperkuat struktur industri dan mengurangi risiko pasokan.

“

Sekitar 25,4% pasokan CPO digunakan untuk produksi FAME, sementara 51,04% dialokasikan untuk ekspor, serta pemanfaatan untuk minyak goreng (19,4%) dan oleokimia (4,2%).”

¹³Badan Pusat Statistik. 2025. Produksi Tanaman Perkebunan (Ribuan Ton), 2024.

<https://www.bps.go.id/id/statistics-table/?MTMylzI=/produksi-tanaman-perkebunan.html>. Diakses pada 9 Oktober 2025.

¹⁴Badan Pusat Statistik. 2025. Data Ekspor Impor Nasional. <https://www.bps.go.id/id/exim>. Diakses pada 6 November 2025.

¹⁵Wood Mackenzie. 2024. Diakses pada 12 Mei 2025.

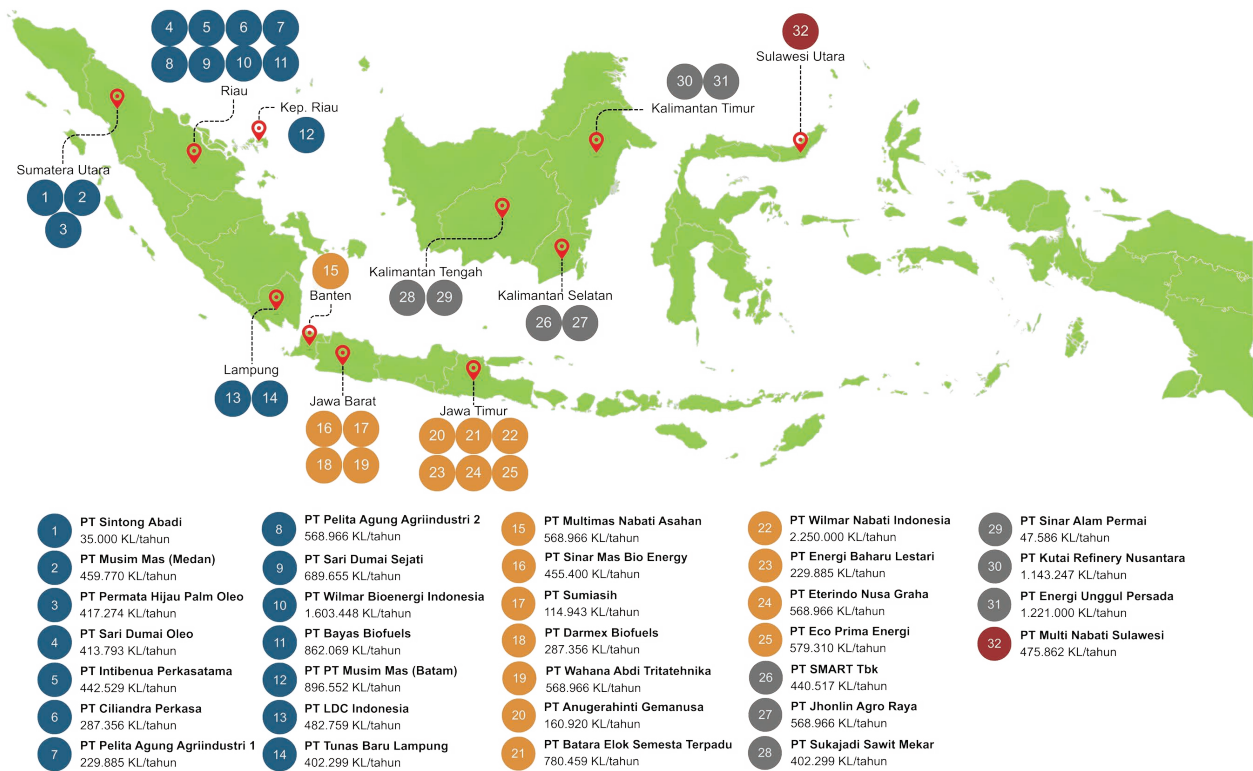
4.2 Produksi dan Kapasitas Industri Biodiesel

Pada tahap berikutnya dalam rantai pasok biodiesel, CPO dari perkebunan dan pabrik kelapa sawit dialirkan ke produsen FAME (BU BBN) sebagai bahan baku utama proses produksi. Pengadaan biodiesel oleh BU BBN dan BU BBM selanjutnya dilaksanakan berdasarkan alokasi tahunan yang ditetapkan melalui Keputusan Menteri ESDM, yang bertujuan memastikan ketersediaan volume FAME untuk mendukung implementasi *mandatory* biodiesel nasional pada sektor PSO maupun non-PSO. Dalam lima tahun terakhir, alokasi pengadaan biodiesel menunjukkan tren peningkatan seiring kenaikan kadar pencampuran dan pertumbuhan kebutuhan energi domestik, dari 9,59 juta kL pada 2020 menjadi 13,40 juta kL pada 2024, dan ditetapkan meningkat lebih lanjut menjadi 15,62 juta kL pada 2025, yang terdiri atas 7,55 juta kL untuk sektor PSO dan 8,06 juta kL untuk sektor non-PSO (Appendix B).

Pada sisi kapasitas industri, kapasitas produksi FAME nasional sekitar 18,1 juta kL dinilai secara teknis memadai untuk mendukung kebutuhan biodiesel hingga B50 yang diperkirakan mencapai $\pm 15,6$ juta kL. Industri biodiesel Indonesia ditopang oleh jaringan produsen yang tersebar di berbagai wilayah, dengan 32 perusahaan produsen FAME aktif pada 2025 (Gambar 4.2). Sejumlah produsen utama antara lain PT Wilmar Nabati Indonesia (2,25 juta kL/tahun), PT Wilmar Bioenergi Indonesia (1,60 juta kL/tahun), dan PT Energi Unggul Persada (1,22 juta kL/tahun), serta pabrik besar lain yang berlokasi di sentra-sentra sawit, seperti Riau, Sumatera Utara, Jawa Barat, dan Jawa Timur. Meski secara teknis kapasitas industri mencukupi, keberlanjutan pemenuhan kebutuhan, terutama bila utilisasi tidak optimal, tetap perlu ditopang oleh kesiapan bahan baku dan teknologi pendukung agar operasi dan ekspansi berjalan berkelanjutan.

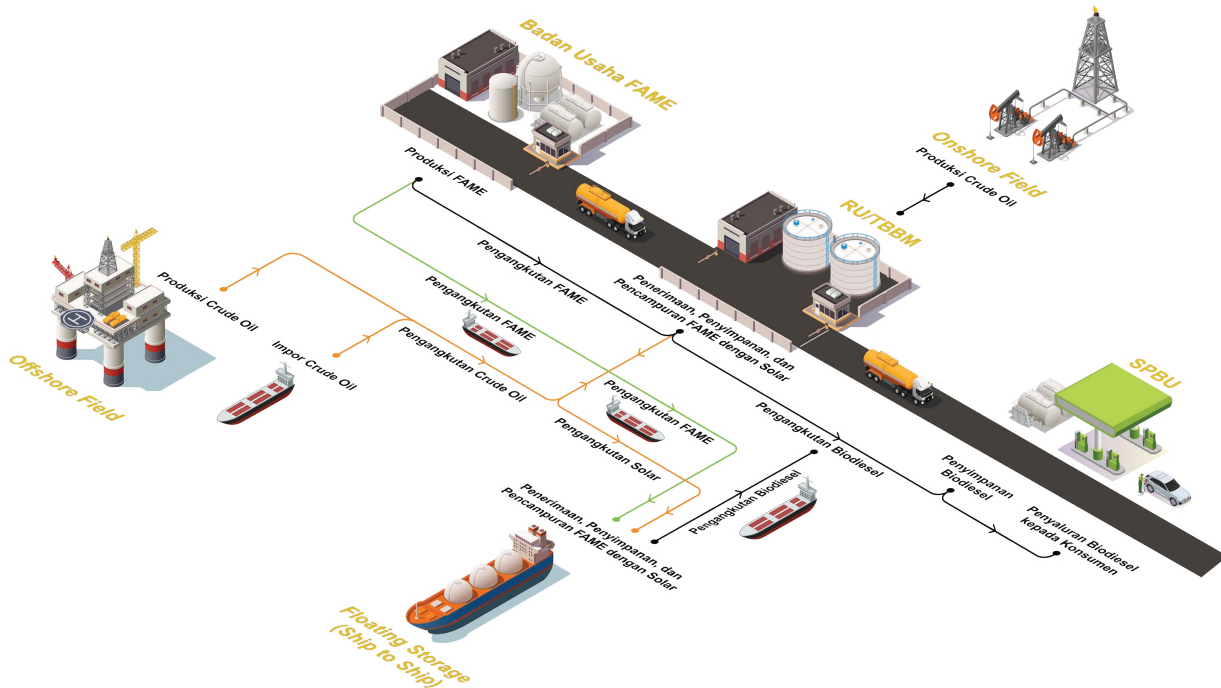
“**Pada sisi kapasitas industri, kapasitas produksi FAME nasional sekitar 18,1 juta kL dinilai secara teknis memadai untuk mendukung kebutuhan biodiesel hingga B50 yang diperkirakan mencapai $\pm 15,6$ juta kL.**”

¹⁶Pertamina Patra Niaga. 2025. Preliminary Data Potensi Implementasi B50 PSO dan B40 NPSO.



Gambar 4.2 Daftar Perusahaan Produsen FAME Nasional¹⁶

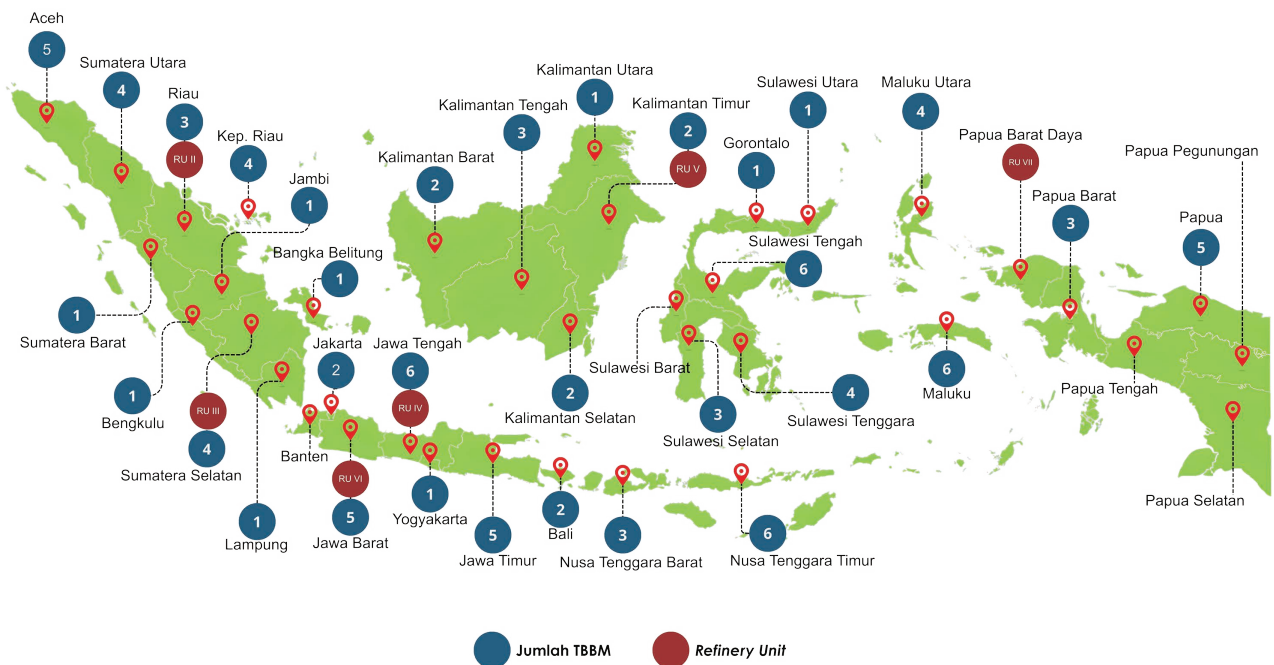
4.3 Distribusi dan Logistik Biodiesel



Gambar 4.3 Skema Distribusi Biodiesel di Indonesia

Distribusi dan logistik biodiesel di Indonesia melibatkan rangkaian proses terstruktur dari produsen FAME hingga konsumen akhir, dengan peran penting RU, Terminal Bahan Bakar Minyak (TBBM), dan Stasiun Pengisian Bahan Bakar Umum (SPBU) sebagai simpul distribusi (Gambar 4.3). Setelah diproduksi oleh BU BBN, FAME dikirim ke RU atau TBBM menggunakan kapal, truk, atau jaringan pipa. Tahap pengangkutan ini rentan terhadap kontaminasi air serta keterbatasan kapasitas dermaga, khususnya di wilayah dengan infrastruktur terbatas.

Setibanya di fasilitas penerima, FAME menjalani pemeriksaan kualitas di area landasan atau *filling station*, dengan risiko tambahan seperti masuknya kontaminan, produk *off-spec*, serta peningkatan kadar air. Selanjutnya, FAME disimpan dalam tangki darat atau kapal, di mana stabilitas mutu dipengaruhi oleh potensi oksidasi, pembentukan sedimen atau *gum*, perubahan viskositas, serta sensitivitas terhadap suhu dan material penyimpanan, sebelum diproses lebih lanjut untuk pencampuran (*blending*) dan distribusi ke SPBU serta konsumen.



Gambar 4.4 Persebaran RU dan TBBM di Indonesia

Tahap berikutnya dalam rantai pasok adalah proses *blending* FAME dengan solar yang dilakukan di fasilitas RU dan TBBM. Saat ini, Indonesia memiliki 6 RU¹⁷ dengan kapasitas 1.186 mbsd dan 98 TBBM¹⁸ (Gambar 4.4) yang menjadi simpul utama dalam proses *blending* dan distribusi biodiesel nasional.

Pencampuran biodiesel dan minyak solar untuk mencapai kadar campuran seperti B40 dapat dilakukan melalui *in-line*, *in-tank*, *in-vessel*, atau *in-truck*¹⁹. *In-line*

¹⁷Direktorat Jenderal Minyak dan Gas Bumi. 2024. Statistik Minyak dan Gas Bumi Semester I 2024

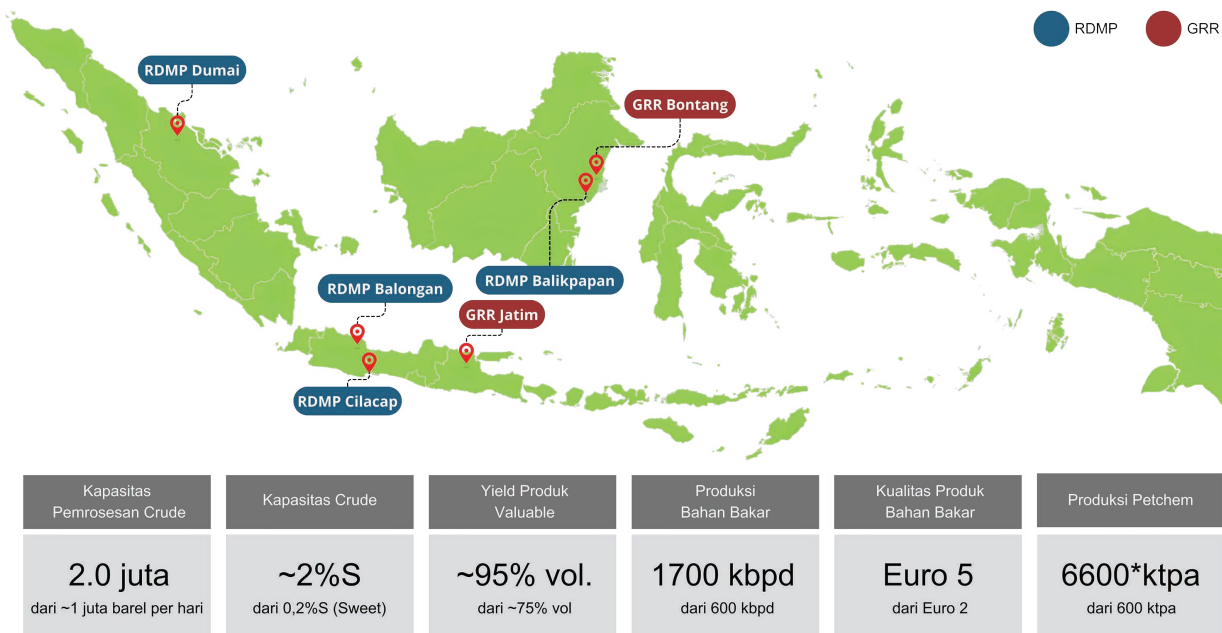
¹⁸Pertamina. 2025. Jaringan Pemasaran. <https://onesolution.pertamina.com/Network/>. Diakses pada 14 Oktober 2025.

¹⁹Direktorat Jenderal EBTKE. 2023. Pedoman Umum Penanganan dan Penyimpanan Bahan Bakar Nabati dan Campurannya dengan Kandungan Maksimum 40% untuk Mesin Diesel

blending dilakukan langsung di pipa penyaluran dan paling umum digunakan karena menghasilkan campuran paling homogen. *In-tank* dan *in-vessel blending* dilakukan di tangki atau bejana pencampur melalui pemuatan bahan secara terpisah maupun bersamaan. Sementara itu, *in-truck blending* dilakukan saat pengisian truk tangki (umumnya *bottom loading*) dengan pemuatan melalui jalur pipa berbeda.

“ Tahap berikutnya dalam rantai pasok adalah proses *blending FAME* dengan solar yang dilakukan di fasilitas RU dan TBBM. Saat ini, Indonesia memiliki 6 RU¹⁷ dengan kapasitas 1.186 mbsd dan 98 TBBM¹⁸ (Gambar 4.4) yang menjadi simpul utama dalam proses *blending* dan distribusi biodiesel nasional.”

Selain melalui RU dan TBBM, dalam praktik distribusi juga terdapat penyimpanan terapung (*ship-to-ship/STS*) yang dapat berfungsi sebagai titik penyimpanan sekaligus pencampuran sebelum penyaluran kembali ke darat. Namun demikian, penerapan B50 menghadapi tantangan signifikan pada infrastruktur terminal, terutama jika diperlukan pemisahan skema PSO dan non-PSO yang berpotensi meningkatkan jumlah titik serah. Kondisi ini menuntut penambahan tangki penyimpanan, jalur penerimaan, dermaga, kapal angkut, serta waktu penyesuaian infrastruktur yang diperkirakan mencapai 3-4 tahun. Pada sisi kilang, peningkatan bauran biodiesel juga berpotensi menimbulkan *excess solar* yang perlu diekspor, sedangkan kualitas solar domestik yang masih berstandar Euro 2 membatasi peluang ekspor. Saat ini, hanya kilang Balikpapan yang telah mencapai standar Euro 5 melalui program *Refinery Development Master Plan* (RDMP). Oleh karena itu, revitalisasi kilang eksisting melalui program RDMP serta pembangunan kilang baru melalui program *Grass Root Refinery* (GRR) menjadi kebutuhan strategis untuk meningkatkan kualitas produk BBM, mendukung peningkatan bauran biodiesel, serta memperkuat ketahanan dan kemandirian energi nasional (Gambar 4.5).



Gambar 4.5 Program RDMP dan GRR dalam Peningkatan Kapasitas dan Kualitas Kilang Nasional

Setelah proses *blending*, biodiesel didistribusikan dari RU atau TBBM ke SPBU atau depot menggunakan truk, kapal, atau jaringan pipa sebelum disimpan dalam tangki sebagai stok operasional. Tahap pengangkutan dan penyimpanan pasca-*blending* ini memerlukan perhatian khusus terhadap kompatibilitas tangki dan stabilitas produk karena penyimpanan yang tidak optimal berpotensi menimbulkan kontaminasi air, pertumbuhan mikroba, dan pembentukan sedimen. Oleh karena itu, pengelolaan mutu di seluruh rantai distribusi menjadi krusial.

Sejalan dengan kompleksitas infrastruktur dan sebaran titik suplai tersebut, biaya logistik menjadi salah satu komponen penting dalam distribusi biodiesel, terutama karena ketimpangan lokasi antara pusat produksi di Sumatera dan Kalimantan dengan pusat konsumsi di Jawa serta wilayah timur Indonesia. Berdasarkan Keputusan Menteri ESDM Nomor 290.K/EK.05/MEM.E/2025, distribusi biodiesel dilakukan melalui 62 titik serah yang

“**Berdasarkan Keputusan Menteri ESDM Nomor 290.K/EK.05/MEM.E/2025, distribusi biodiesel dilakukan melalui 62 titik serah yang terhubung dengan 18 titik suplai, mencerminkan kompleksitas jaringan distribusi nasional. Rata-rata ongkos angkut tercatat sebesar Rp 413,1 per liter, dengan variasi biaya yang cukup signifikan antarwilayah.**”

terhubung dengan 18 titik suplai, mencerminkan kompleksitas jaringan distribusi nasional. Rata-rata ongkos angkut tercatat sebesar Rp 413,1 per liter, dengan variasi biaya yang cukup signifikan antarwilayah. Ongkos angkut tertinggi mencapai Rp 1.570 per liter untuk rute dari titik suplai Dumai ke titik serah Kasim, Papua Barat, mencerminkan tantangan distribusi jarak jauh ke wilayah timur Indonesia. Sebaliknya, biaya terendah adalah Rp 0, terjadi pada rute dengan lokasi suplai dan titik serah yang sama, seperti Dumai-Dumai, Batam-Kabil, serta Setangga/Simpang Empat-Setangga. Variasi ini menunjukkan bahwa efisiensi logistik sangat dipengaruhi oleh jarak, moda transportasi, dan kapasitas infrastruktur distribusi, yang pada akhirnya berdampak pada keekonomian program *mandatory* biodiesel.

4.4 Kesiapan Teknologi dan Kompatibilitas Mesin Pengguna

Selain aspek bahan bakar, kesiapan teknologi mesin menjadi faktor penentu dalam penerapan biodiesel dengan kadar campuran tinggi. Secara teknis, batas maksimum *blending* tidak bersifat tetap dan dapat dicapai apabila tersedia *roadmap* yang jelas serta waktu adaptasi yang memadai bagi industri manufaktur mesin. Tantangan utama meliputi kualitas solar domestik yang masih berstandar Euro 2, nilai kalor biodiesel yang lebih rendah, serta isu kompatibilitas material, khususnya pada logam tertentu dan beberapa jenis elastomer yang rentan terhadap biodiesel berkadar tinggi. Penggunaan B40 juga dilaporkan dapat memperpendek umur filter dan menurunkan performa mesin sehingga parameter mutu seperti kandungan air, monogliserida, dan stabilitas oksidasi perlu diperketat.

Secara karakteristik, biodiesel memiliki sifat fisik dan kimia yang relatif mirip dengan bahan bakar solar sehingga dapat digunakan sebagai bahan bakar campuran maupun substitusi parsial pada mesin diesel konvensional tanpa memerlukan modifikasi signifikan. Dibandingkan dengan solar fosil, biodiesel memiliki sejumlah keunggulan, antara lain kandungan sulfur dan emisi GRK yang lebih rendah serta efisiensi termal yang cenderung lebih baik akibat kandungan oksigen di dalam molekul bahan bakarnya.

Namun demikian, biodiesel juga memiliki keterbatasan teknis. Salah satu aspek utama adalah nilai kalor biodiesel yang lebih rendah, sekitar 5–10% dibandingkan dengan solar fosil, serta sifatnya yang higroskopis dan berpotensi meningkatkan emisi NO_x sehingga pada tingkat energi yang sama dapat menyebabkan peningkatan konsumsi bahan bakar.

Selain itu, biodiesel memiliki titik beku yang lebih tinggi sehingga lebih mudah mengalami pengentalan atau pembentukan gel pada suhu rendah. Kondisi ini dapat mempengaruhi performa penyimpanan dan operasional mesin diesel, khususnya pada wilayah atau kondisi dengan temperatur lingkungan rendah.

Dalam konteks regulasi, standar mutu untuk bahan bakar solar dan campuran biodiesel B40 di Indonesia merujuk pada ketentuan resmi yang ditetapkan oleh Direktorat Jenderal Minyak dan Gas Bumi (Dirjen Migas). Solar yang dipasarkan di dalam negeri mengacu pada Keputusan Dirjen Migas No. 447.K/MG.06/DJM/2023, yang menetapkan angka setana pada kisaran CN 48 dan 51.

Untuk memastikan kesiapan teknis, uji jalan B50 yang sedang disiapkan mencakup berbagai sektor, termasuk angkutan darat, angkutan laut, mesin pertanian, otomotif, dan pembangkit listrik, guna menjamin performa dan keamanan operasional di lapangan. Pengalaman sebelumnya menunjukkan bahwa transisi dari B10 ke B20 berjalan relatif baik karena industri memperoleh waktu inovasi yang cukup, sedangkan penerapan B>30 dilakukan dalam waktu lebih singkat sehingga pengujian kompatibilitas belum optimal. Dengan *roadmap* yang jelas dan dukungan riset nasional yang memadai, industri manufaktur diperkirakan membutuhkan waktu sekitar 3–4 tahun untuk menyesuaikan desain mesin terhadap penerapan biodiesel dengan kadar pencampuran yang lebih tinggi.

“

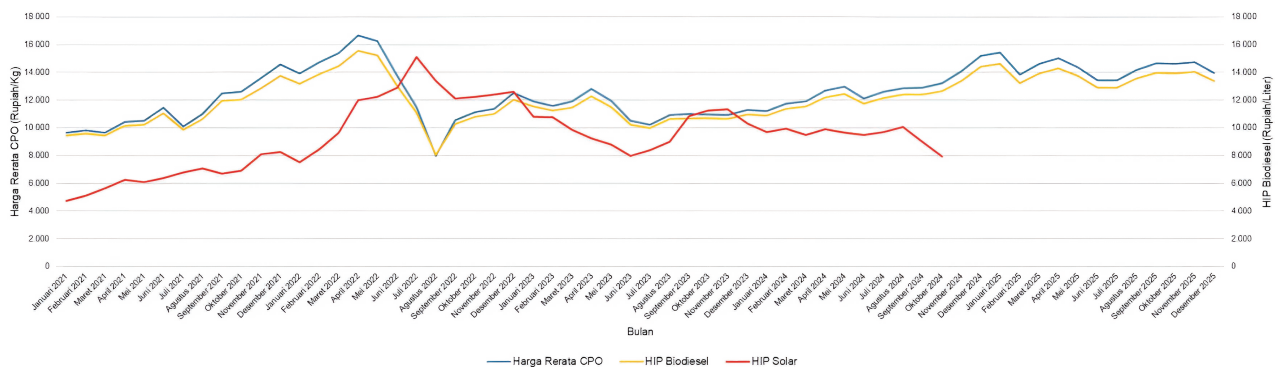
Untuk memastikan kesiapan teknis, uji jalan B50 yang sedang disiapkan mencakup berbagai sektor, termasuk angkutan darat, angkutan laut, mesin pertanian, otomotif, dan pembangkit listrik, guna menjamin performa dan keamanan operasional di lapangan.”

4.5 Dinamika Harga dan Keekonomian Biodiesel

Fluktuasi harga bahan baku juga menjadi tantangan utama. Harga TBS domestik selama lima tahun terakhir rata-rata berada di kisaran Rp 1.732/kg²⁰, sedangkan harga CPO domestik tercatat sekitar 11.420/kg^{21 22}, dan harga CPO dunia berada pada level USD 994/metrik ton²³. Pergerakan harga global ini memengaruhi preferensi produsen antara menyalurkan CPO ke pasar ekspor atau ke industri biodiesel, sekaligus berdampak langsung terhadap dinamika keekonomian biodiesel di dalam negeri.

Perubahan harga CPO tersebut secara langsung memengaruhi penetapan HIP biodiesel. HIP biodiesel dihitung berdasarkan harga CPO, besaran konversi CPO menjadi biodiesel sebesar 85 USD/ton, serta ongkos angkut, sehingga fluktuasi harga CPO menjadi faktor penentu utama naik turunnya HIP biodiesel (Gambar 4.6).

Perbandingan Harga Rerata CPO dan Harga Indeks Pasar Biodiesel Tahun 2021-2025



Gambar 4.6 Tren Harga CPO Nasional dan HIP Biodiesel Tahun 2025^{24,25}

Dalam kerangka regulasi, penetapan HIP solar dan HIP biodiesel mengacu pada Keputusan Menteri ESDM Nomor 643.Pers/04/SJI/2023 dan Keputusan Menteri ESDM Nomor 3.K/EK.05/DJE/2024. Secara umum, formula penetapan HIP adalah sebagai berikut:

- HIP solar : 100% MOPS + Rp868 per liter
- HIP biodiesel : (Harga CPO KPB rata-rata + 85 USD/ton) x 870 kg/m³ + Ongkos Angkut

Perbedaan antara HIP biodiesel dan HIP solar inilah yang menjadi dasar perhitungan selisih harga dalam program *mandatory* biodiesel (Gambar 4.7).

²⁰Direktorat Jenderal Perkebunan. 2025. Buku Statistik Perkebunan 2023-2025.

²¹Pusat Data dan Sistem Informasi Pertanian. 2023. Analisis Kinerja Perdagangan Kelapa Sawit 2023.

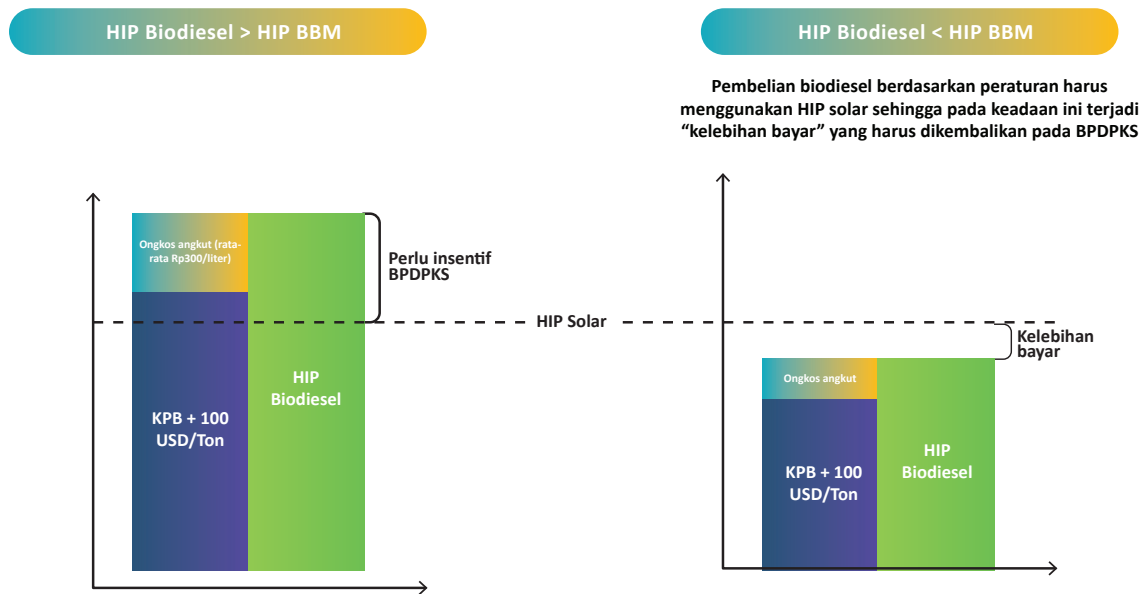
²²Pusat Data dan Sistem Informasi Pertanian. 2025. Analisis Kinerja Perdagangan Kelapa Sawit 2025.

²³FRED. 2025. Global Price of Palm Oil. <https://fred.stlouisfed.org/series/PPOILUSDM>. Diakses pada 4 November 2025.

²⁴Keputusan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral

²⁵Bahan Paparan DJEBTKE “Monitoring dan Evaluasi Program Mandatory Biodiesel” pada 24 Oktober 2024

Dinamika Penetapan HIP Biodiesel terhadap HIP BBM



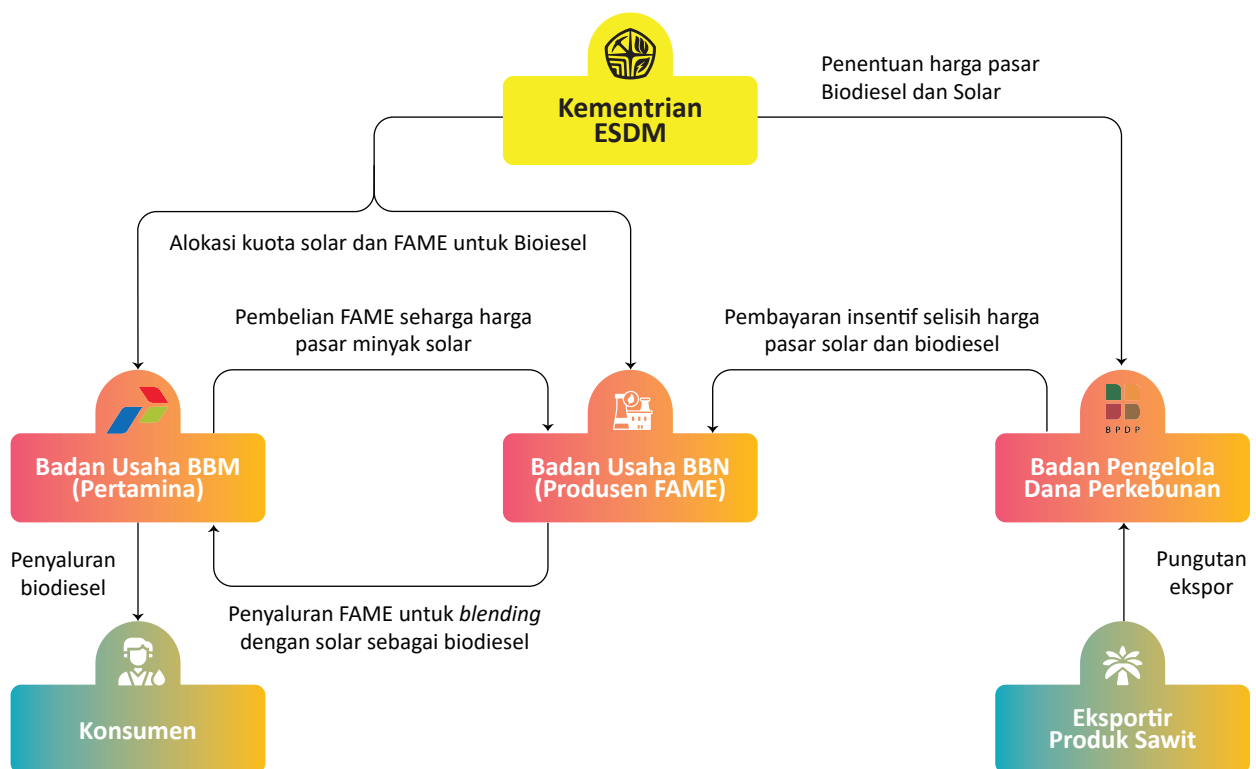
Gambar 4.7 Dinamika Penetapan HIP Biodiesel terhadap HIP BBM

Pembiayaan selisih kurang antara HIP biodiesel dan HIP solar diatur melalui Peraturan Presiden No. 66 Tahun 2018, yang mengatur mekanisme kompensasi antara harga keekonomian biodiesel dan harga pembelian FAME. Dalam pelaksanaannya, pembelian biodiesel dilakukan dengan mengacu pada HIP solar sehingga dapat dihitung besaran selisih kurang yang ditanggung oleh BPDP serta kelebihan pembayaran yang wajib dikembalikan kepada BPDP apabila terjadi kondisi sebaliknya.

Sumber pendanaan BPDP berasal dari pungutan ekspor CPO berdasarkan Peraturan Menteri Keuangan No. 30 Tahun 2025, sebesar 10% dari harga referensi CPO, yang mulai berlaku sejak 14 Mei 2025. Skema ini menjadikan insentif biodiesel tidak bergantung pada Anggaran Pendapatan dan Belanja Negara (APBN), melainkan pada mekanisme pendanaan berbasis industri sawit.

Dalam konteks keekonomian, insentif biodiesel yang dikelola BPDP menjadi mekanisme kunci untuk menjaga keberlanjutan pasokan di tengah volatilitas harga (Gambar 4.8). Skema ini tidak berasal dari APBN, melainkan dari pungutan ekspor kelapa sawit, dan diberikan kepada produsen berdasarkan volume penyaluran serta selisih antara HIP biodiesel dan HIP solar. Insentif akan berkurang ketika selisih harga menyempit, dan dapat dihentikan sepenuhnya jika HIP solar mendekati HIP biodiesel atau jika terdapat alternatif penyerapan CPO domestik yang cukup besar. Dengan demikian, insentif BPDP berfungsi sebagai penyeimbang agar program *mandatory* biodiesel tetap berjalan meskipun kondisi harga bahan baku berfluktuasi²⁶.

“ Dalam konteks keekonomian, insentif biodiesel yang dikelola BPDP menjadi mekanisme kunci untuk menjaga keberlanjutan pasokan di tengah volatilitas harga. Skema ini tidak berasal dari APBN, melainkan dari pungutan ekspor kelapa sawit, dan diberikan kepada produsen berdasarkan volume penyaluran serta selisih antara HIP biodiesel dan HIP solar.”



Gambar 4.6 Skema Insentif Biodiesel²⁷

²⁶BPDPKS. 2020. BPDPKS dan Produsen Biodiesel Tandatangani Perjanjian Pembiayaan Insentif Biodiesel untuk 2020. <https://www.bpdp.or.id/bpdpks-dan-produsen-biodiesel-tandatangani-perjanjian-pembiayaan-insentif-biodiesel-untuk-2020>. Diakses pada 8 Desember 2025

²⁷Pertamina Energy Institute

5.1 Metode Pemodelan

Rantai pasok biodiesel merupakan sistem yang unsur-unsurnya saling terkait dan saling bergantung (*interdependent*), terbentuk secara alamiah (*nature*), serta memiliki kompleksitas dinamis (*dynamic complexity*). Menurut Sterman (2004)⁴⁵, kompleksitas dinamis muncul karena fenomena dinamis, bergandengan kuat, digerakkan oleh umpan-balik, tidak linier, bergantung kepada masa lalu, mengorganisasikan sendiri, adaptif, berlawanan dengan intuisi, resistensi kebijakan, dan adanya *trade-offs*. Kompleksitas dinamis tersebut ditandai oleh:

1. resistensi kebijakan, yaitu kebijakan yang dianggap solusi justru tidak mencapai target, bahkan dapat memperburuk kondisi²⁸;
2. *trade-off* dalam dimensi waktu (*trade-offs in time*), yaitu keputusan yang menguntungkan jangka pendek dapat memicu dampak negatif jangka panjang (atau sebaliknya);
3. *trade-off* antarsektor (*sectoral trade-offs*), yaitu perbaikan pada satu sektor dapat menurunkan kinerja atau memperburuk kondisi sektor lain.

Untuk menganalisis kebijakan rantai pasok biodiesel melalui *policy modeling*, metodologi yang dipilih harus mampu mengakomodasi karakteristik kompleksitas dinamis tersebut. Salah satu pendekatan yang sesuai adalah *system dynamics*, yaitu metodologi untuk mempelajari dan mengelola sistem umpan balik yang kompleks.

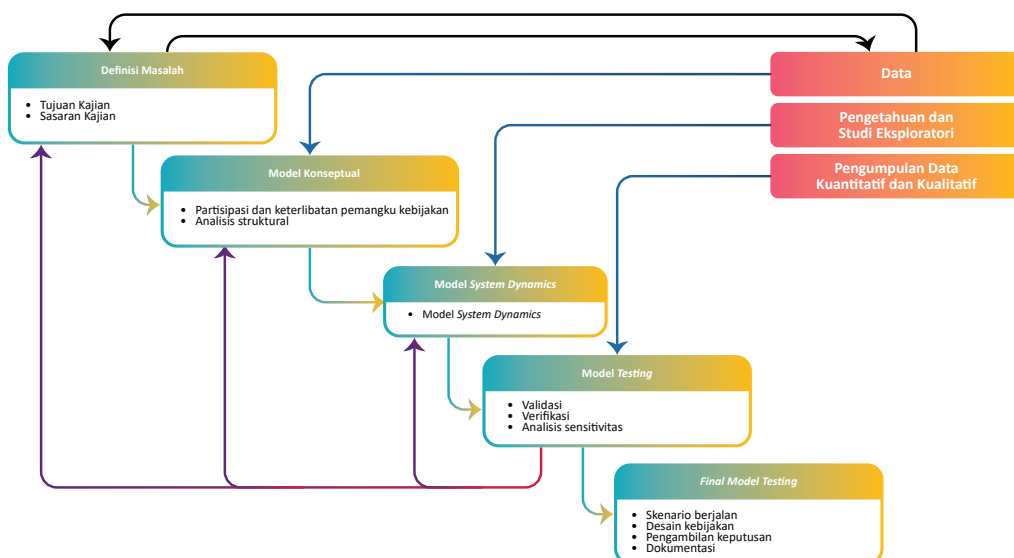
²⁸Sterman, J. D. 2004. *Business Dynamics: Systems Thinking and Modeling for a Complex World*. McGraw Hill.

BAB 5

PEMODELAN UNTUK ANALISIS RANTAI PASOK BIODIESEL

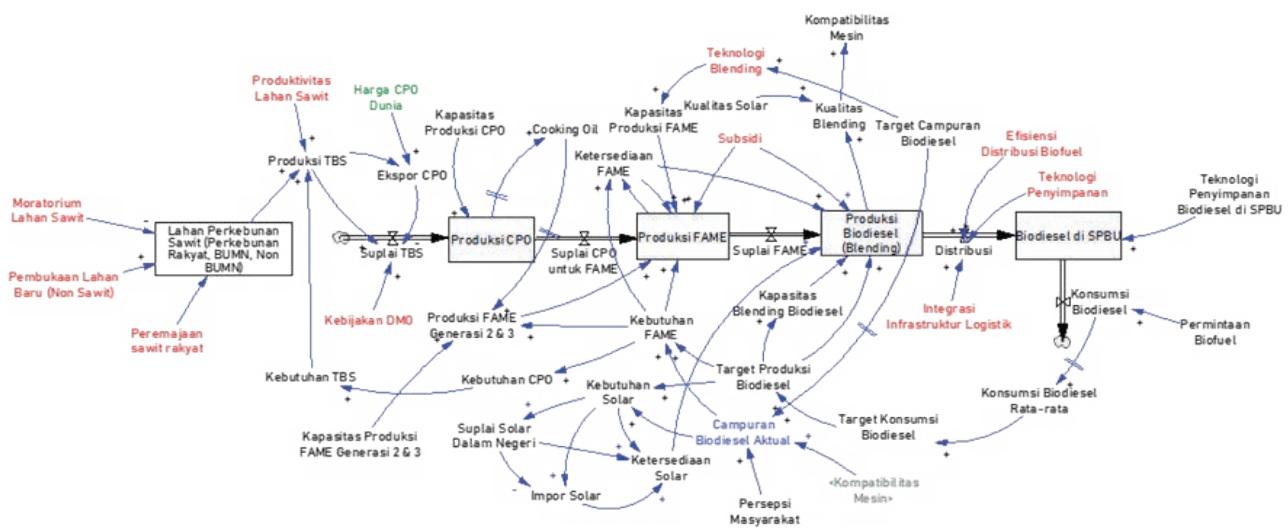
Pemodelan dengan pendekatan *system dynamics* digunakan untuk menggambarkan keterkaitan antarkomponen rantai pasok biodiesel dari hulu hingga hilir. Melalui model ini, dianalisis keterpaduan pasokan bahan baku, kapasitas produksi, dan distribusi, serta diproyeksikan kemampuan rantai pasok dalam memenuhi target bauran energi nasional. Pendekatan ini juga membantu mengidentifikasi titik-titik kritis dalam sistem dan merumuskan opsi intervensi kebijakan yang diperlukan. Konsep dasar pemodelan *system dynamics* dapat dijelaskan melalui tahapan-tahapan pada Gambar 5.1 berikut.

“ Pemodelan dengan pendekatan *system dynamics* digunakan untuk menggambarkan keterkaitan antarkomponen rantai pasok biodiesel dari hulu hingga hilir. Melalui model ini, dianalisis keterpaduan pasokan bahan baku, kapasitas produksi, dan distribusi, serta diproyeksikan kemampuan rantai pasok dalam memenuhi target bauran energi nasional.”



Gambar 5.1 Alur Pemodelan System Dynamics

Secara ringkas, rantai pasok biodiesel dari hilir ke hulu meliputi distribusi biodiesel ke SPBU, produksi biodiesel (*blending*), produksi FAME, produksi CPO, hingga produksi TBS di lahan perkebunan kelapa sawit. Seluruh mata rantai ini saling terkait secara erat, dimana target persentase *blending* (%) dan permintaan biodiesel (kL/tahun) pada sisi paling hilir berperan sebagai faktor pendorong utama (*demand driver*) bagi kapasitas produksi, kebutuhan bahan baku, dan tingkat produksi pada rantai pasok bagian hulu. Dengan demikian, peningkatan target *blending* dan permintaan biodiesel secara langsung mensyaratkan peningkatan kapasitas produksi biodiesel, pasokan FAME, dan ketersediaan CPO. Dalam kerangka ini, kapasitas produksi dan ketersediaan bahan baku berfungsi sebagai faktor pemungkin (*enabling factors*) bagi pemenuhan permintaan, namun sekaligus dapat menjadi faktor pembatas apabila tidak mampu mengimbangi pertumbuhan kebutuhan di sisi hilir. Gambar 5.2 menunjukkan seluruh faktor dari hulu-hilir rantai pasok biodiesel yang saling memengaruhi dan digambarkan dalam *causal loop diagram*.



Gambar 5.2 Causal Loop Diagram Kajian Rantai Pasok Biodiesel

5.2 Skenario Pemodelan dan Pembahasan

Dalam rangka memahami perilaku sistem serta mengevaluasi dampak berbagai intervensi, pemodelan *system dynamics* dikembangkan melalui pendekatan skenario. Skenario di dalam pemodelan *system dynamics* dikenal dua, yakni skenario *baseline* dan skenario kebijakan.

5.2.1 Skenario *Baseline*

Skenario *baseline* atau simulasi dasar umumnya didefinisikan sebagai simulasi yang dilakukan sebagai simulasi referensi yang nantinya akan dibandingkan dengan berbagai simulasi/skenario kebijakan. Simulasi dasar dapat didasarkan pada struktur model yang telah ‘divalidasi’ dengan (1) meneruskan simulasi atau (2) melakukan penyesuaian pada asumsi-asumsi di masa mendatang yang berpotensi akan memengaruhi hasil simulasi.

Dalam konteks pemodelan biodiesel, periode historis 2014–2024 ditandai oleh penerapan berbagai kebijakan, termasuk peningkatan persentase *blending* biodiesel, pemberian subsidi, moratorium lahan sawit, peningkatan kapasitas produksi pada beberapa rantai *supply-chain*, serta program peremajaan lahan sawit. Berbagai kebijakan dan asumsi tersebut perlu dipilih dan dirumuskan secara cermat agar dapat merepresentasikan skenario dasar (*baseline scenario*) yang akan digunakan sebagai pembanding bagi skenario-skenario lainnya, khususnya skenario kebijakan. Asumsi-asumsi pada skenario *baseline* ini didapatkan dari hasil diskusi dengan pakar dan pemangku kepentingan terkait sehingga dari sini didapatkan gambaran perilaku ke depan dari beberapa variabel. Adapun skenario *baseline* dibuat dengan asumsi-asumsi berikut.

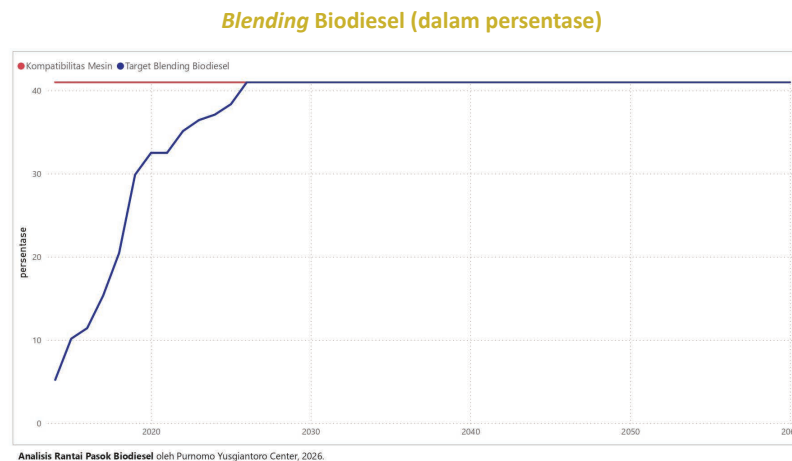
Tabel 5.1 Asumsi Skenario Baseline

No.	Variabel	Asumsi Skenario <i>Baseline</i>	Keterangan
1	Permintaan biodiesel [liter/tahun]	Tumbuh 1,47%/tahun pada tahun 2026–2060	Proyeksi berdasarkan data permintaan biodiesel pada tahun 2014 hingga 2024
2	Persentase <i>blending</i> biodiesel [%]	40% pada tahun 2025–2060	Berdasarkan ketetapan pemerintah sampai saat ini, dan diasumsikan tidak ada perubahan sampai 2060
3	Kapasitas produksi solar	- 2014–2025: 20.530–21.335 ribu kl/tahun - 2026–2060: 22.974 ribu kl/tahun	- Sekitar 36% dari kapasitas kilang terpasang - Penambahan RDMP Balikpapan tahun 2026
4	Kapasitas produksi FAME	- 2014–2025: 19.000 ribu kl/tahun - 2026–2060: 23.000 ribu kl/tahun	
5	Kapasitas <i>blending</i> biodiesel (TBBM)	2014–2060: 49.985 ribu kl/tahun	Kapasitas <i>throughput</i> TBBM khusus untuk biodiesel
6	Kapasitas produksi CPO	56,77 juta ton	Kapasitas produksi CPO total
7	Target ekspor CPO	Tumbuh 1% per tahun pada tahun 2026–2060	Tren kenaikan dasar
8	Target suplai CPO untuk pangan dan oleokimia	Tumbuh 1% per tahun pada tahun 2026–2060	Mengikuti tren kenaikan di periode historis

No.	Variabel	Asumsi Skenario <i>Baseline</i>	Keterangan
9	Harga CPO	Tumbuh 0,5% per tahun pada tahun 2026-2060	Mengikuti tren kenaikan di periode historis
10	Insentif BBN	Dapat mengkompensasi dinamika harga CPO dan solar. Harga FAME yang diberikan kepada pengusaha kompetitif	
11	Produktivitas TBS rata-rata	18,36 ton/ha	Rerata produktivitas sawit swasta, sawit rakyat, dan sawit negara tahun 2014 hingga 2024
12	Lahan sawit	<ul style="list-style-type: none"> - Total luas lahan sawit konstan pada 2026-2050 - Luas lahan sawit produktif 13,6 juta ha pada tahun 2026 meningkat menjadi 14,32 juta ha pada tahun 2060 (dari lahan sawit rakyat) - Degradasi lahan sawit rata-rata: <ul style="list-style-type: none"> • Sawit negara: 4.800 ha/tahun • Sawit swasta: 29.377 ha/tahun • Sawit rakyat: 12.540 ha/tahun Peremajaan lahan sawit rata-rata <ul style="list-style-type: none"> • Sawit negara: 48 ha/tahun • Sawit swasta: 194 ha/tahun • Sawit rakyat: 63 ha/tahun 	<ul style="list-style-type: none"> - Moratorium peralihan lahan hutan ke perkebunan sawit berlaku mulai tahun 2018 - Moratorium peralihan lahan hutan ke perkebunan sawit berlaku mulai tahun 2025

Skenario *baseline* dengan asumsi-asumsi tersebut selanjutnya disebut sebagai skenario *Baseline* B40. Pada skenario ini, kompatibilitas mesin diasumsikan mampu mengakomodasi penerapan *blending* biodiesel hingga tingkat B40 (Gambar 5.3).

“ **Skenario *baseline* dengan asumsi-asumsi tersebut selanjutnya disebut sebagai skenario *Baseline* B40.**”



Gambar 5.3 Hasil Simulasi *Baseline*

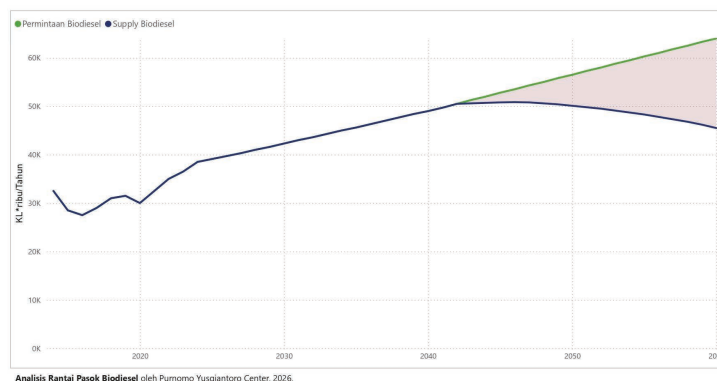
Pada Gambar 5.4 ditunjukkan dinamika suplai-permintaan biodiesel (Gambar 5.4(a)) serta rasio suplai terhadap permintaan (Gambar 5.4(b)). Pada Gambar 5.4(b), nilai 100% menunjukkan bahwa suplai biodiesel mampu memenuhi permintaan, sedangkan nilai di bawah 100% menunjukkan bahwa suplai tidak mencukupi.

Hasil simulasi menunjukkan bahwa dengan asumsi pertumbuhan konsumsi biodiesel sebesar 1,47% per tahun dan asumsi lainnya pada Tabel 5.1, suplai biodiesel masih mampu memenuhi permintaan pada periode 2026–2042.

“ Hasil simulasi menunjukkan bahwa dengan asumsi pertumbuhan konsumsi biodiesel sebesar 1,47% per tahun dan asumsi lainnya pada Tabel 5.1, suplai biodiesel masih mampu memenuhi permintaan pada periode 2026–2042.”

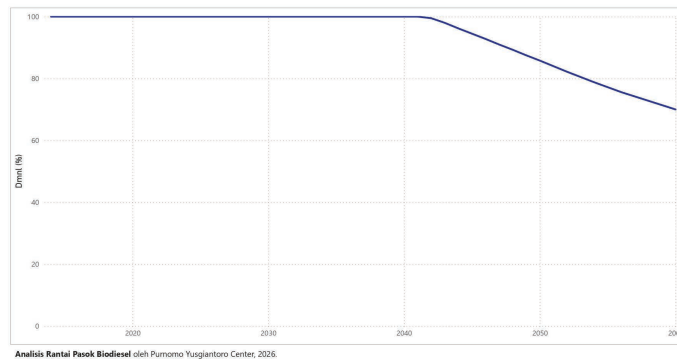
Namun, setelah 2042 suplai biodiesel tidak lagi mencukupi untuk memenuhi permintaan. Hal ini terlihat pada Gambar 5.4(a), di mana selisih antara permintaan biodiesel (garis merah) dan suplai biodiesel (garis biru) semakin melebar seiring waktu.

Supply-Demand Biodiesel (dalam KL*ribu/tahun)



(a)

Rasio Supply-Demand Biodiesel (dalam Dlmn)

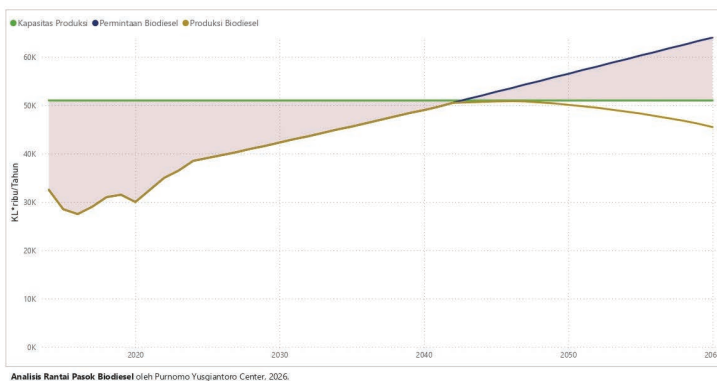


(b)

Gambar 5.4 (a) Perilaku Supply-Demand dan (b) Rasio Supply-Demand Biodiesel

Untuk menjelaskan kondisi tersebut, perlu ditinjau faktor-faktor pada rantai pasok biodiesel yang berperan sebagai pembatas suplai.

Produksi Biodiesel (dalam KL*ribu/Tahun)



Gambar 5.5 Grafik Produksi Biodiesel

sekitar 49.985 ribu kL per tahun (garis hijau). Kesenjangan antara permintaan dan kapasitas ini menyebabkan produksi biodiesel tidak lagi mampu memenuhi permintaan mulai sekitar tahun 2042.

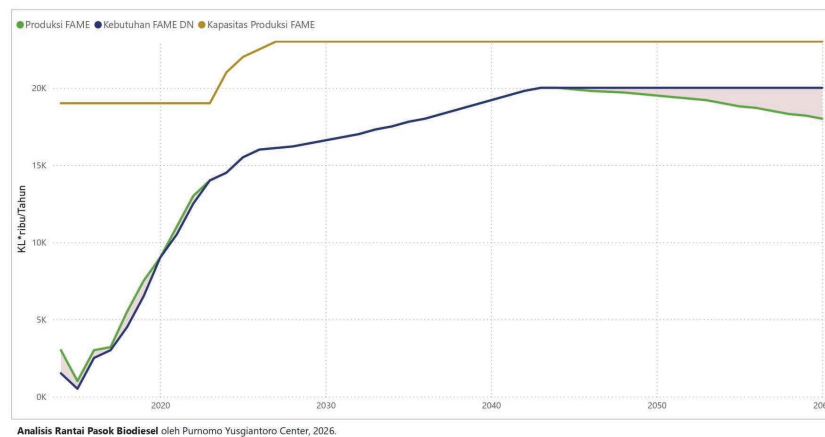
2. Produksi FAME

Peningkatan konsumsi biodiesel pada periode 2026–2060 tercermin pada kenaikan kebutuhan FAME untuk produksi biodiesel dalam negeri (garis merah pada Gambar 5.6). Namun demikian, kebutuhan FAME mengalami stagnasi pada periode 2042–2060, bukan karena keterbatasan pasokan FAME, melainkan akibat produksi biodiesel di sisi hilir yang tidak dapat meningkat lebih lanjut karena keterbatasan kapasitas produksi dan blending. Hal ini ditunjukkan oleh kapasitas produksi FAME yang tersedia, yaitu sekitar 23.000 ribu kL per tahun, yang masih berada di atas kebutuhan FAME aktual (garis hijau). Kondisi ini mengindikasikan bahwa dari sisi kapasitas FAME, sistem masih mampu mengakomodasi persentase *blending* biodiesel yang lebih tinggi dari B40, apabila hambatan pada sisi produksi dan *blending* biodiesel dapat diatasi.

1. Produksi biodiesel

Pada sisi produksi, pola dinamikanya sejalan dengan hasil *supply-demand* biodiesel yang ditunjukkan pada Gambar 5.5. Permintaan biodiesel meningkat secara berkelanjutan sepanjang periode 2026-2060 (garis merah) dan mencapai sekitar 64.982 ribu kL per tahun pada 2060. Namun, dalam skenario *baseline* kapasitas produksi biodiesel diasumsikan tetap hingga 2060, yaitu

Produksi FAME (dalam KL*ribu/Tahun)



Gambar 5.6 Grafik Produksi FAME

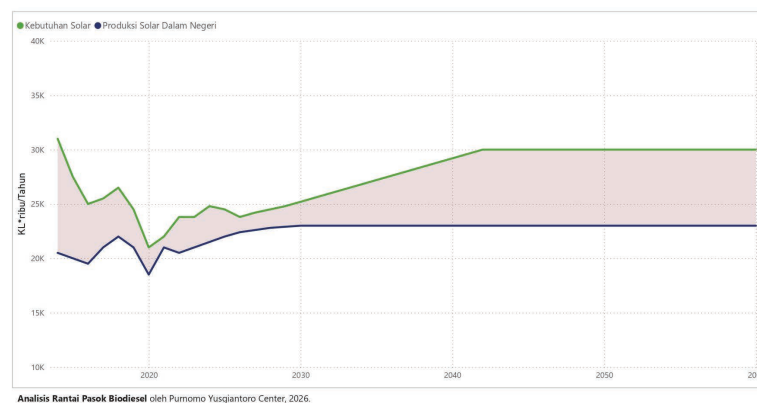
3. Produksi solar dalam negeri dan ekspor-impor solar

Peningkatan permintaan biodiesel turut meningkatkan kebutuhan solar sebagai komponen utama pencampuran. Pada Gambar 5.7(a) terlihat bahwa kebutuhan solar (garis merah) meningkat pada periode 2026–2042, kemudian cenderung stagnan pada periode 2042–2060 karena dibatasi oleh kapasitas produksi biodiesel/*blending* yang tidak lagi meningkat.

Produksi solar dalam negeri juga mengalami peningkatan sampai tahun 2026. Penambahan kapasitas melalui proyek RDMP Balikpapan meningkatkan kemampuan produksi solar domestik sekitar 125 ribu BOPD dengan kualitas Euro 5 pada periode 2026–2050 dibandingkan periode sebelumnya. Peningkatan kapasitas ini setara dengan kenaikan produksi dari sekitar 21.335 ribu kL per tahun menjadi 24.974 ribu kL per tahun. Namun, setelah peningkatan tersebut, kapasitas produksi solar diasumsikan konstan hingga 2060 sehingga profil produksi solar (garis biru) mengikuti batas kapasitas tersebut.

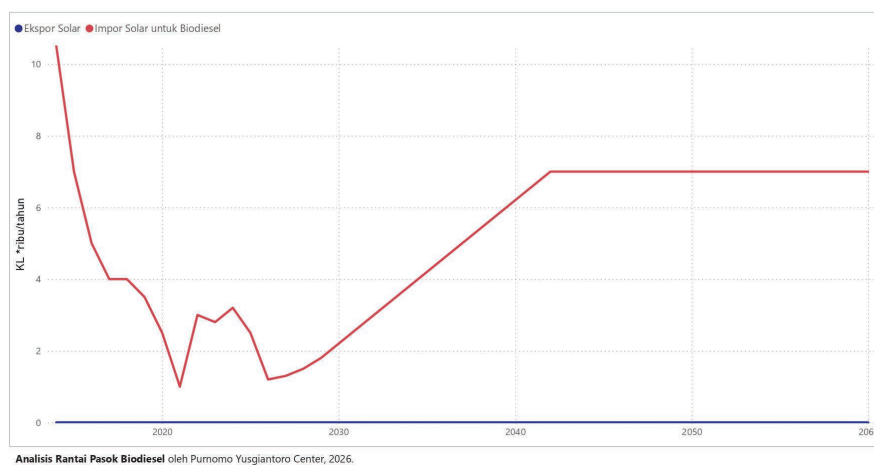
Pada skenario *baseline* B40, kebutuhan solar nasional (garis merah) tetap lebih besar dibandingkan kapasitas produksi dalam negeri (garis biru dan hijau yang berimpit) sehingga sampai dengan tahun 2060 Indonesia diperkirakan masih memerlukan impor solar dengan rata-rata sekitar 7 juta kL per tahun, sebagaimana pada Gambar 5.7(b).

Produksi Solar (dalam KL*ribu/Tahun)



(a)

Ekspor-Impor Solar (dalam kl*ribu/tahun)

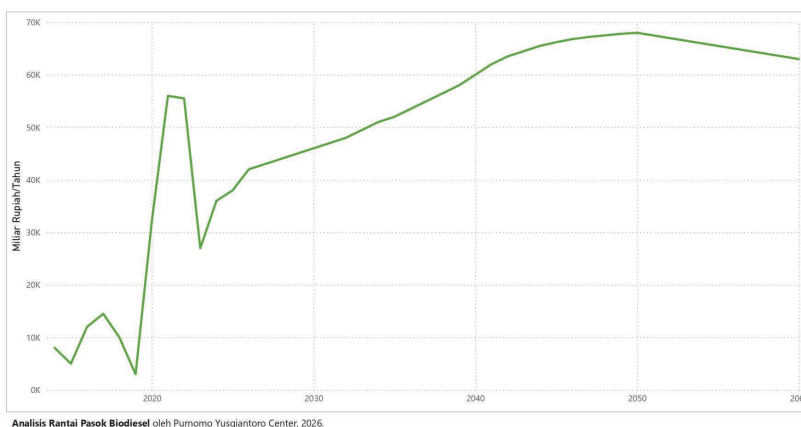


(b)

Gambar 5.7 Grafik Produksi, Ekspor, dan Impor Solar

Walaupun kebijakan peningkatan *blending* hingga B50 efektif dalam menekan impor solar dan mengurangi beban fiskal yang bersumber dari impor energi, kebijakan ini secara simultan meningkatkan tekanan fiskal dari sisi subsidi bahan bakar nabati. Kenaikan tingkat *blending* mendorong kebutuhan subsidi yang lebih besar, terutama ketika harga CPO dan minyak mentah mengalami kenaikan yang signifikan, sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 5.8.

Insentif BBN (dalam Miliar Rupiah/Tahun)



Gambar 5.8 Grafik Insentif BBN

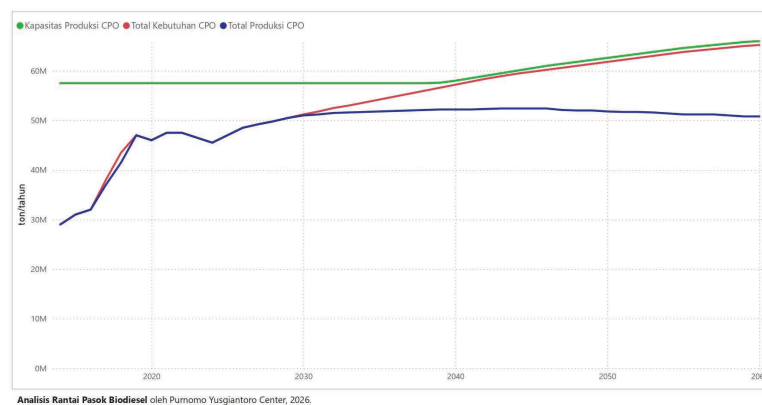
4. Produksi dan suplai CPO

Total kebutuhan CPO meningkat sebagaimana ditunjukkan oleh garis merah pada Gambar 5.9(a), terutama dipengaruhi oleh peningkatan kebutuhan untuk FAME, ekspor, serta sektor pangan dan oleokimia. Dengan asumsi luas lahan sawit produktif meningkat dari 13,6 juta ha pada 2026 menjadi 14,32 juta ha pada 2060 dan produktivitas relatif konstan, simulasi menunjukkan bahwa produksi CPO (garis biru) masih mampu memenuhi total kebutuhan (garis merah) hingga sekitar 2025. Setelah periode tersebut, suplai CPO tidak lagi mampu memenuhi total permintaan secara keseluruhan.

Keterbatasan suplai CPO dalam model ini terutama bukan disebabkan oleh keterbatasan kapasitas industri pengolahan, melainkan oleh faktor hulu, yaitu peningkatan lahan sawit produktif yang tidak cukup cepat untuk memenuhi kebutuhan lahan serta produktivitas TBS yang cenderung stagnan. Pada kondisi tersebut, suplai CPO kemudian berkompetisi untuk memenuhi kebutuhan FAME, ekspor, serta sektor pangan dan oleokimia. Dalam model, alokasi suplai CPO untuk masing-masing kebutuhan dibagi secara prorata berdasarkan besarnya persentase kebutuhan. Selain itu, harga CPO dunia tidak diasumsikan berpengaruh signifikan terhadap keputusan produsen untuk mengekspor karena insentif BBN dihitung sedemikian rupa sehingga harga CPO domestik mendekati harga CPO dunia. Dengan demikian, produsen berada pada posisi netral (*indifference*) antara menyuplai untuk ekspor maupun pasar domestik.

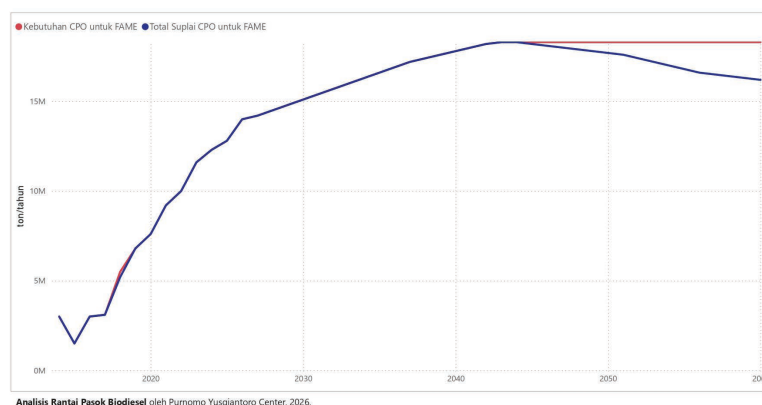
Berdasarkan asumsi tersebut, Gambar 5.9(b), 5.9(c), dan 5.9(d) menunjukkan bahwa suplai masing-masing sektor (garis biru) berada di bawah kebutuhannya (garis merah). Ketidakterpenuhan terbesar terjadi pada ekspor CPO, yang ditunjukkan oleh selisih garis biru dan merah yang paling besar. Temuan ini mengindikasikan bahwa ketika permintaan FAME serta kebutuhan domestik lain (termasuk oleokimia) meningkat, ekspor CPO menjadi komponen yang paling banyak berkurang untuk menyeimbangkan keterbatasan suplai.

Produksi CPO (dalam ton/tahun)



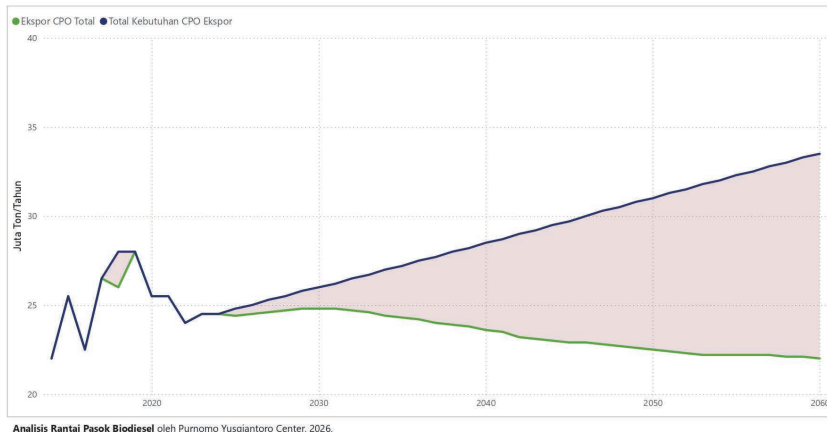
(a)

Suplai CPO untuk FAME (dalam ton/tahun)



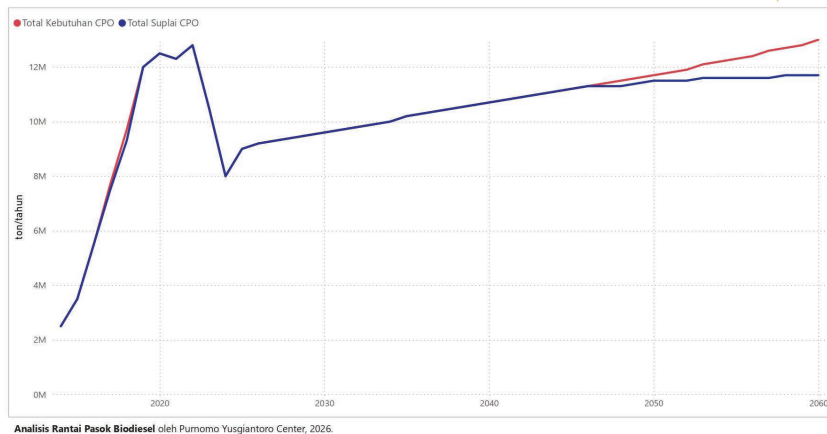
(b)

Suplai CPO untuk Ekspor (dalam Juta Ton/Tahun)



(c)

Suplai CPO untuk Pangan dan Oleokimia (dalam ton/tahun)

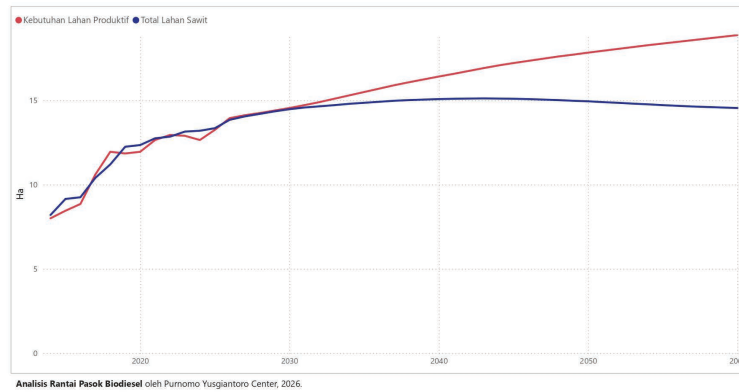


(d)

Gambar 5.9 Produksi dan Suplai CPO

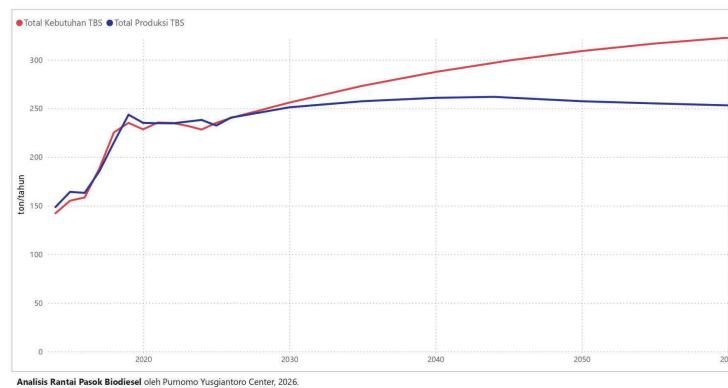
Pada skenario persentase *blending* B40 (Gambar 5.10(a)), luas lahan sawit produktif (tanaman menghasilkan/TM) tidak lagi mampu memenuhi kebutuhannya mulai tahun 2030. Hal ini terlihat dari semakin melebarnya selisih antara ketersediaan lahan sawit produktif (garis biru) dan kebutuhan lahan sawit produktif (garis merah). Kondisi tersebut konsisten dengan indikator produksi TBS pada Gambar 5.10(b), di mana setelah tahun 2025 kebutuhan TBS (garis merah) melampaui produksi TBS (garis biru).

Lahan Sawit Produktif (dalam Ha)



(a)

Kecukupan TBS (dalam ton/tahun)



(b)

Gambar 5.10 Lahan Sawit Produktif dan Tingkat Kecukupan TBS terhadap Kebutuhan Biodiesel

5.2.2 Skenario Kebijakan Bagian I (Permintaan Biodiesel berdasarkan Proyeksi Pertumbuhan Data Historis)

Pada skenario kebijakan, dilakukan serangkaian intervensi strategis atau kebijakan yang dirancang untuk mengatasi fenomena permasalahan yang dianalisis. Dalam konteks ini, variabel utama yang menjadi fokus analisis adalah *supply-demand* biodiesel (dalam satuan ribu kL per tahun) dan rasio *supply-demand* biodiesel (dalam satuan persen). Pada skenario kebijakan, akan disimulasikan berbagai macam skenario dengan asumsi-asumsi seperti pada Tabel 5.2. Dari berbagai asumsi tersebut kemudian diidentifikasi intervensi kebijakan yang perlu dilakukan pada seluruh tahapan rantai pasok biodiesel, dengan tujuan agar suplai biodiesel dapat memenuhi permintaannya.

Tabel 5.2 Asumsi pada Skenario Kebijakan

No.	Skenario	Aspek	Skenario Kebijakan
1	D1_ <i>Blending</i> B50	Permintaan biodiesel [liter/tahun]	Tumbuh 1,47%/tahun pada tahun 2026-2050
		Kapasitas produksi dan lahan, harga, dll	Sama seperti <i>baseline</i>
		Persentase <i>blending</i>	B50 mulai tahun 2026-2060
2	D1_ <i>Blending</i> B60	Permintaan biodiesel, kapasitas produksi dan lahan, harga, dll	Sama seperti skenario D1_ <i>Blending</i> B50
		Persentase <i>blending</i>	<ul style="list-style-type: none"> - Penerapan B50 tahun 2026-2030 - Penerapan B60 tahun 2031-2060
3	D1_ <i>Blending</i> B70	Permintaan biodiesel, kapasitas produksi dan lahan, harga, dll	Sama seperti skenario D1_ <i>Blending</i> B50
		Persentase <i>blending</i>	<ul style="list-style-type: none"> - Penerapan B50 tahun 2026-2030 - Penerapan B60 tahun 2031-2035 - Penerapan B70 tahun 2036-2060
4	D1_ <i>Blending</i> B80	Permintaan biodiesel, kapasitas produksi dan lahan, harga, dll	Sama seperti skenario D1_ <i>Blending</i> B50
		Persentase <i>blending</i>	<ul style="list-style-type: none"> - Penerapan B50 tahun 2026-2030 - Penerapan B60 tahun 2031-2035 - Penerapan B70 tahun 2036-2040 - Penerapan B80 tahun 2041-2060

No.	Skenario	Aspek	Skenario Kebijakan
5	D1_Blending B90	<p>Permintaan biodiesel, kapasitas produksi dan lahan, harga, dll</p> <hr/> <p>Persentase <i>blending</i></p>	<p>Sama seperti skenario D1_Blending B50</p> <hr/> <ul style="list-style-type: none"> - Penerapan B50 tahun 2026-2030 - Penerapan B60 tahun 2031-2035 - Penerapan B70 tahun 2036-2040 - Penerapan B80 tahun 2041-2045 - Penerapan B90 tahun 2046-2060

5.2.2.1 Skenario Kebijakan pada Persentase *Blending* B50

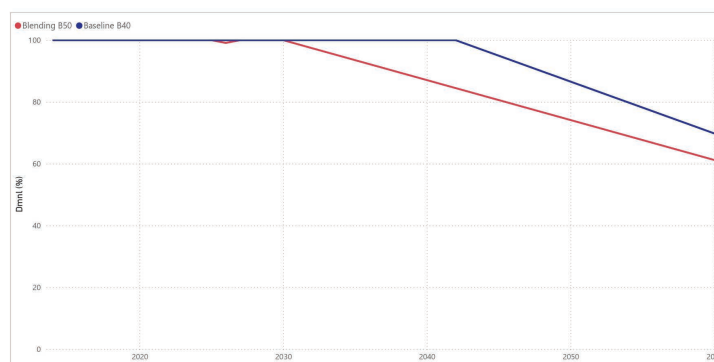
Berdasarkan asumsi-asumsi tersebut, hasil simulasi kemudian dibandingkan dengan skenario *baseline*. Pada skenario D1_Blending B50, diasumsikan bahwa permintaan biodiesel meningkat sebesar 1,47% dan tingkat *blending* dinaikkan menjadi B50 mulai tahun 2026, sementara parameter lainnya dibuat sama dengan skenario *baseline*.

Hasil simulasi menunjukkan bahwa rasio *supply-demand* biodiesel berada di bawah 100% (ditunjukkan oleh garis berwarna merah pada Gambar 5.11(a)) mulai tahun 2030.

“ Hasil simulasi menunjukkan bahwa rasio *supply-demand* biodiesel berada di bawah 100% (ditunjukkan oleh garis berwarna merah pada Gambar 5.11(a)) mulai tahun 2030.”

Artinya, suplai biodiesel tidak lagi mampu memenuhi kebutuhan mulai 2030. Setelah melewati tahun 2030, permintaan biodiesel (garis merah pada Gambar 5.11(b)) terus meningkat, sedangkan suplai biodiesel cenderung menurun sehingga kesenjangan antara suplai dan permintaan semakin melebar.

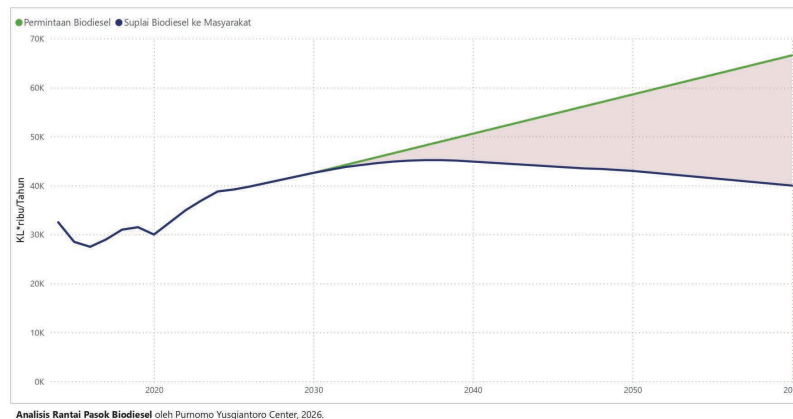
Rasio *Supply-Demand* Biodiesel (dalam Dmnl)



Analisis Rantai Pasok Biodiesel oleh Purnomo Yudiantoro Center, 2026.

(a)

Supply-Demand Biodiesel-Kebijakan (dalam KL*ribu/tahun)



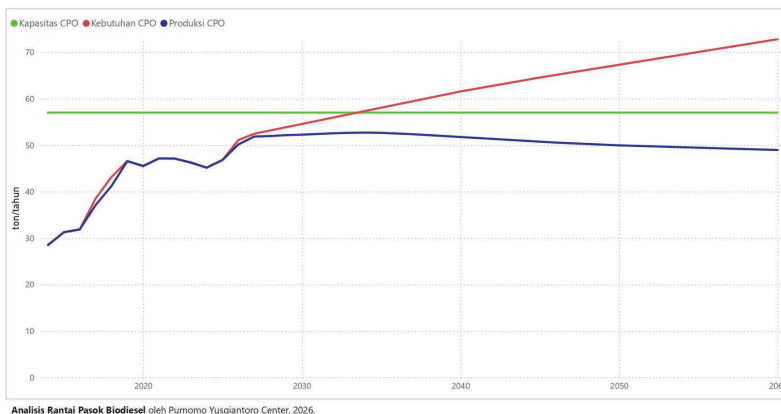
(b)

Gambar 5.11 Rasio *Supply-Demand* Biodiesel pada Skenario *D1_Blending B50*

Untuk mengetahui penyebab menurunnya suplai biodiesel mulai tahun 2030, analisis dapat ditinjau dari beberapa aspek dalam rantai pasoknya. Produksi biodiesel pada dasarnya masih mampu memenuhi permintaan hingga tahun 2042. Hal ini terlihat dari kapasitas produksi (garis warna hijau) yang baru terlampaui oleh permintaan biodiesel (garis warna merah) pada tahun 2042 (Gambar 5.12(c)).

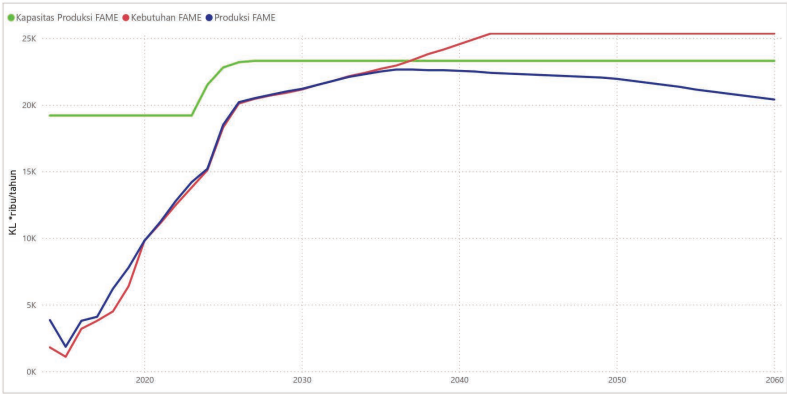
Kapasitas produksi FAME juga masih belum terlampaui (garis warna hijau pada Gambar 5.12(b)) karena posisinya masih berada di atas permintaan FAME untuk kebutuhan produksi dalam negeri hingga tahun 2036, meskipun ini harus segera diantisipasi. Sementara itu, kapasitas produksi CPO (Gambar 5.12(a)) juga masih dapat mengikuti peningkatan permintaan yang berasal dari kebutuhan FAME, ekspor, serta pangan dan oleokimia sampai tahun 2035.

Produksi CPO (dalam ton/tahun)



(a)

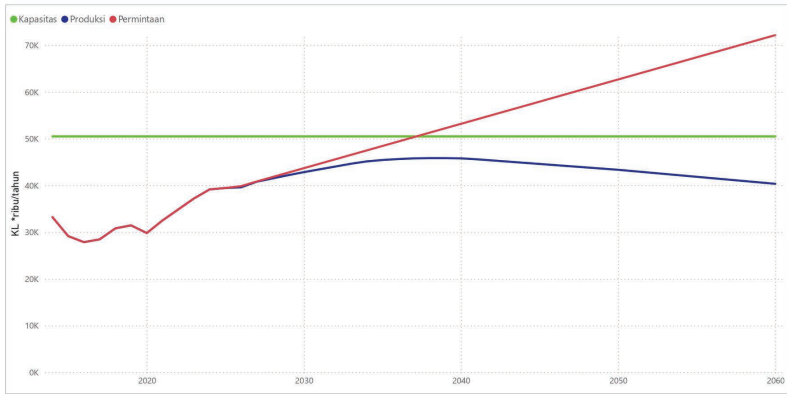
Produksi FAME (dalam KL*ribu/Tahun)



Analisis Rantai Pasok Biodiesel oleh Purnomo Yusgiantoro Center, 2026.

(b)

Produksi Biodiesel (dalam KL*ribu/tahun)



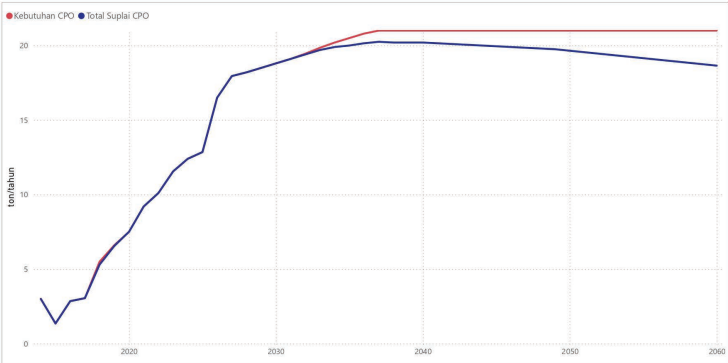
Analisis Rantai Pasok Biodiesel oleh Purnomo Yusgiantoro Center, 2026.

(c)

Gambar 5.12 Produksi CPO, FAME, dan Biodiesel pada Skenario D1_Blending B50

Dalam skenario ini, suplai biodiesel dibatasi oleh ketersediaan CPO untuk produksi FAME. Pada Gambar 5.13 terlihat bahwa kebutuhan CPO untuk FAME (garis merah) mulai melampaui total suplai CPO untuk FAME (garis biru) sejak tahun 2030. Kondisi ini menyebabkan keterbatasan bahan baku yang berdampak langsung pada kemampuan produksi biodiesel.

Suplai CPO untuk FAME (dalam ton/tahun)

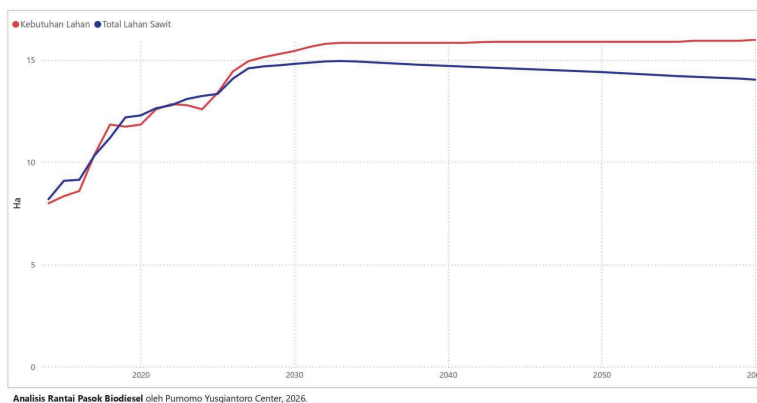


Analisis Rantai Pasok Biodiesel oleh Purnomo Yusgiantoro Center, 2026.

Gambar 5.13 Suplai CPO untuk FAME pada Skenario D1_Blending B50

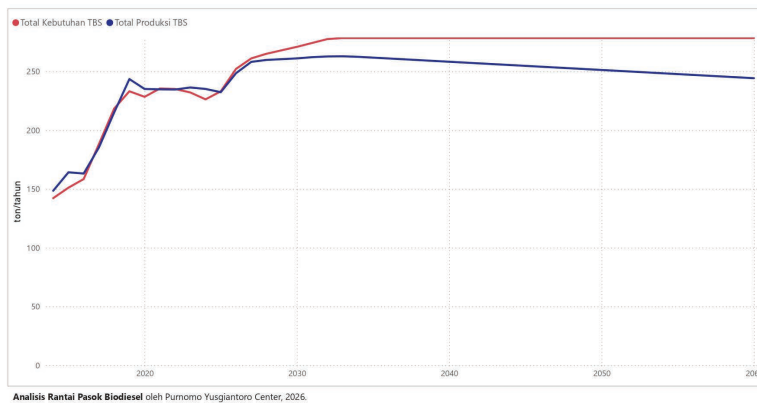
Suplai CPO untuk FAME tidak mampu memenuhinya karena produksi TBS dan ketersediaan lahan, terutama lahan sawit produktif (TM), bersifat terbatas. Pada Gambar 5.14(a) dan 5.14(b), terlihat bahwa kebutuhan TBS dan kebutuhan lahan sawit (garis merah) berada di atas total produksi TBS dan total lahan sawit TM yang tersedia (garis biru), bahkan keduanya sudah terlampaui sejak tahun 2026. Dalam kondisi ini, suplai TBS yang terbatas harus dialokasikan untuk beberapa kebutuhan sekaligus, yakni FAME, ekspor, serta pangan-oleokimia. Situasi tersebut memicu kompetisi antarsektor sehingga pada akhirnya akan ada sektor yang tidak memperoleh suplai secara penuh.

Lahan Sawit Produktif (dalam Ha)



(a)

Kecukupan TBS (dalam ton/tahun)



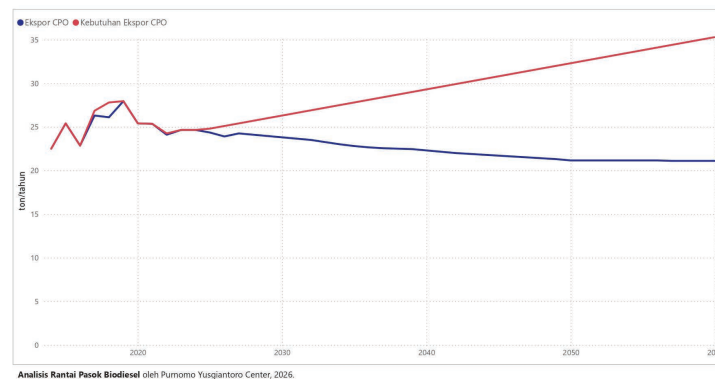
(b)

Gambar 5.14 Lahan Sawit Produktif dan Kecukupan TBS pada Skenario D1_Blending B50

Dengan demikian, pada skenario peningkatan *blending* biodiesel B50, produksi TBS dan ketersediaan lahan sawit produktif (TM) menjadi faktor pembatas utama dalam pemenuhan suplai biodiesel. Meskipun demikian, kapasitas produksi pada tahapan lainnya juga perlu menjadi perhatian karena kapasitas produksi (*blending*) biodiesel diproyeksikan terlampaui pada tahun 2042, kapasitas produksi FAME pada tahun 2036, dan kapasitas produksi CPO pada tahun 2035 (Gambar 5.12).

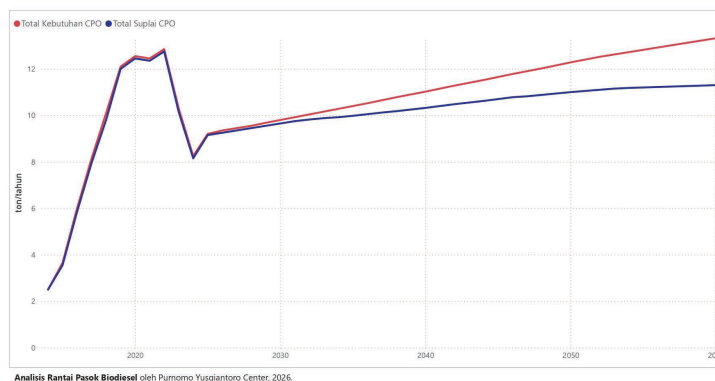
Keterbatasan produksi TBS dan lahan tersebut tidak hanya berdampak pada tidak terpenuhinya suplai untuk FAME dan biodiesel, tetapi juga terhadap kebutuhan ekspor. Pada Gambar 5.15(a), terlihat bahwa kebutuhan CPO untuk ekspor (garis merah) terus meningkat, sedangkan suplai CPO untuk ekspor mengalami penurunan akibat kompetisi dengan sektor pangan-oleokimia dan FAME. Di sisi lain (Gambar 5.15(b)), sektor pangan dan oleokimia juga mengalami *undersupply*, di mana suplai CPO (garis biru) lebih rendah dibandingkan kebutuhannya (garis merah) sehingga memperkuat indikasi terjadinya persaingan alokasi bahan baku antarsektor.

Suplai CPO untuk Ekspor (dalam ton/tahun)



(a)

Suplai CPO untuk Pangan dan Oleokimia (dalam ton/tahun)



(b)

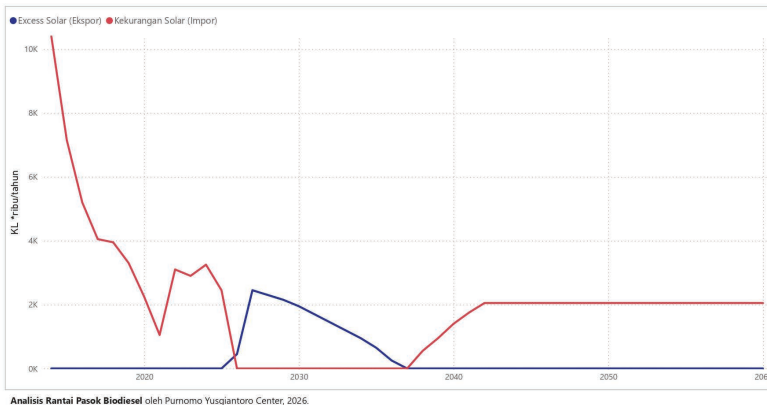
Gambar 5.15 Suplai CPO untuk Ekspor serta Pangan dan Oleokimia pada Skenario D1_Blending B50

Dari hasil tersebut dapat disimpulkan bahwa keterbatasan produksi CPO, yang dipicu oleh keterbatasan produksi TBS dan ketersediaan lahan, menyebabkan kondisi *undersupply* pada beberapa sektor sekaligus, yaitu FAME, ekspor, serta pangan dan oleokimia. Oleh karena itu, keseimbangan alokasi suplai antara ekspor dan FAME perlu dirancang secara cermat agar pungutan ekspor tetap memadai untuk membiayai insentif biodiesel.

Penerapan B50 dan beroperasinya kilang RDMP Balikpapan berdampak pada

dinamika ekspor-impor solar. Mulai tahun 2026, diperkirakan terjadi kelebihan produksi solar dalam negeri sebesar 1.429 ribu kL/tahun, dengan puncak surplus pada tahun 2037 sebesar 2.590 ribu kL/tahun (Gambar 5.16). Namun, setelah periode tersebut, seiring meningkatnya kebutuhan biodiesel, kebutuhan solar dalam negeri juga meningkat. Dengan asumsi tidak ada penambahan kapasitas kilang, surplus solar tidak lagi terjadi pada tahun 2037. Artinya, mulai tahun tersebut produksi solar domestik lebih rendah daripada kebutuhannya sehingga terjadi defisit solar, dan Indonesia perlu kembali mengimpor solar.

Ekspor-Impor Solar (dalam KL*ribu/tahun)

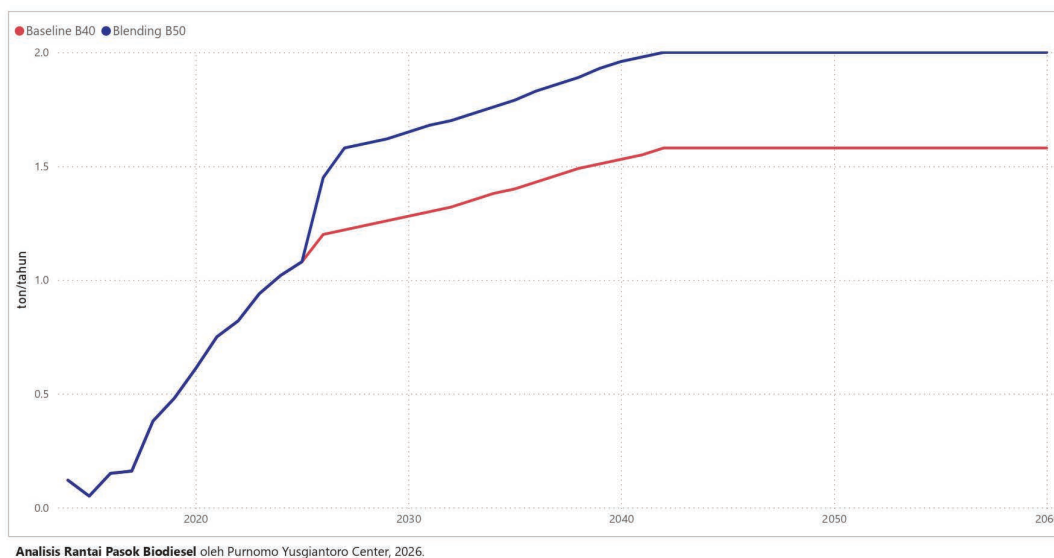


Gambar 5.16 Ekspor-Impor Solar pada Skenario D1_Blending B50

Selain aspek bahan baku utama, ketersediaan metanol juga menjadi faktor krusial dalam rantai pasok biodiesel. Kapasitas produksi metanol dalam negeri saat ini sekitar 660.000 ton/tahun. Sementara itu, implementasi B50 diperkirakan membutuhkan metanol sebesar 1,63–2,2 juta ton/tahun mulai 2026. Dengan kondisi kapasitas produksi dalam negeri yang terbatas, kebutuhan tersebut hanya dapat dipenuhi melalui impor

metanol sebesar 1,43–2 juta ton/tahun mulai tahun 2026 (Gambar 5.17). Hal ini menunjukkan tingginya ketergantungan pada impor metanol dalam mendukung keberlanjutan program B50.

Impor Metanol (dalam ton/tahun)



Gambar 5.17 Impor Metanol pada Skenario D1_Blending B50

Dari berbagai penjelasan di atas, terdapat beberapa aspek penting yang perlu menjadi perhatian dituliskan pada Tabel 5.3.

Tabel 5.3 Catatan pada Skenario Implementasi B50

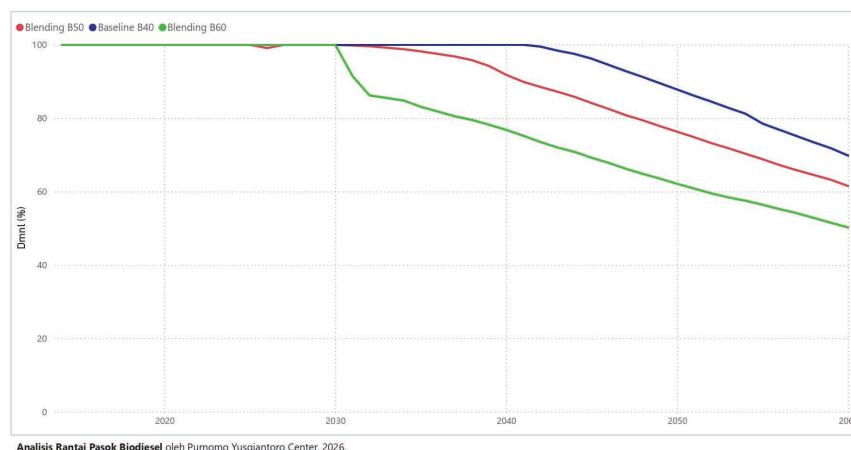
No.	Beberapa Aspek pada Skenario B50	Keterangan
1	<p>Kapasitas Produksi dan Lahan</p> <p>Kapasitas produksi (<i>blending</i>) biodiesel Kapasitas produksi FAME Kapasitas produksi CPO Lahan sawit produktif (TM)</p>	<p>Tidak mampu memenuhi permintaan mulai tahun:</p> <p>2042 2036 2035 2030</p>
2	<p>Kelebihan produksi solar</p>	<p>1.429-2.590 ribu kL/tahun pada tahun 2026-2037</p>
3	<p>Impor metanol</p>	<p>1,43-2 juta ton/tahun mulai tahun 2026</p>

Peningkatan persentase campuran ke B50 meningkatkan ketidakmampuan dalam memenuhi permintaan pada berbagai lini rantai pasok biodiesel. Setiap aspek dalam rantai pasok biodiesel mengalami defisit pada waktu yang lebih dini. Dengan demikian, apabila persentase campuran B50 akan direalisasikan, intervensi kebijakan yang diperlukan harus lebih besar dibandingkan penerapan B40, terutama pada aspek lahan dan peningkatan produktivitas TBS.

5.2.2.2 Skenario Kebijakan pada Persentase *Blending* B60

Pada skenario D1_ *Blending* B60, diasumsikan bahwa permintaan biodiesel meningkat sebesar 1,47% sepanjang periode 2026–2060, kapasitas produksi dibuat sama seperti skenario *baseline*, serta kebijakan *blending* diterapkan B50 pada 2025–2030 dan ditingkatkan menjadi B60 pada 2031–2060. Pada Gambar 5.18, hasil pada garis hijau menunjukkan bahwa rasio *supply-demand* biodiesel menurun jauh lebih drastis dibandingkan skenario B50 maupun *baseline* B40. Dengan kata lain, suplai biodiesel semakin tidak mampu memenuhi permintaan, dan kondisi kekurangan suplai mulai terlihat sejak tahun 2030.

Rasio Supply-Demand Biodiesel (dalam Dmnl)

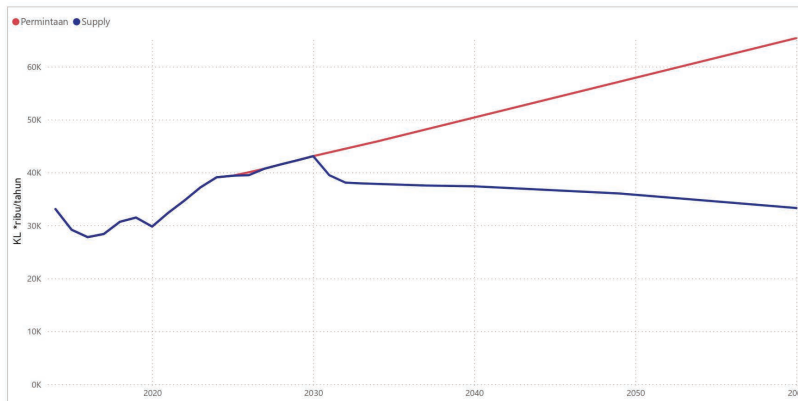


Analisis Rantai Pasok Biodiesel oleh Purnomo Yusgiantoro Center, 2026.

Tabel 5.18 Rasio Supply-Demand Biodiesel pada Skenario D1_ *Blending* B60

Penurunan rasio *supply-demand* tersebut juga tercermin pada grafik perbandingan suplai dan permintaan. Pada Gambar 5.19, terlihat bahwa permintaan biodiesel (garis merah) terus meningkat, sedangkan suplai biodiesel mulai menurun sejak tahun 2031 sebagai dampak peningkatan *blending* menjadi B60.

Supply-Demand Biodiesel (dalam KL*ribu/tahun)

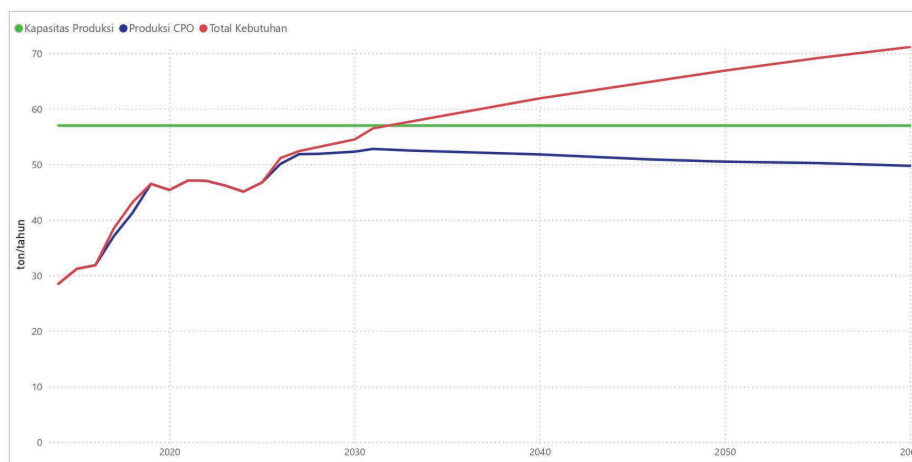


Analisis Rantai Pasok Biodiesel oleh Purnomo Yusgiantoro Center, 2026.

Gambar 5.19 Supply-Demand Biodiesel pada Skenario D1_Blending B60

Jika ditinjau dari aspek produksi, kapasitas produksi (*blending*) biodiesel masih mampu memenuhi kebutuhan hingga tahun 2042, sedangkan produksi CPO masih dapat memenuhi kebutuhan hingga tahun 2033 (Gambar 5.20 (a)). Namun, pada skenario ini produksi FAME menjadi faktor pembatas utama. Keterbatasan produksi FAME dipengaruhi oleh dua hal. Pertama, kapasitas produksi FAME (garis hijau pada gambar (Gambar 5.20 (b)) hanya mampu memenuhi kebutuhan hingga tahun 2030. Kedua, suplai bahan baku untuk pembuatan FAME yang direpresentasikan oleh garis biru pada Gambar 5.20 (b) menunjukkan tren menurun sehingga semakin membatasi kemampuan produksi. Artinya, pada skenario penerapan B60, sekalipun suplai bahan baku untuk FAME (CPO) mencukupi, produksi FAME tetap akan terhambat karena kapasitas produksi FAME menjadi batas yang tidak dapat dilampaui.

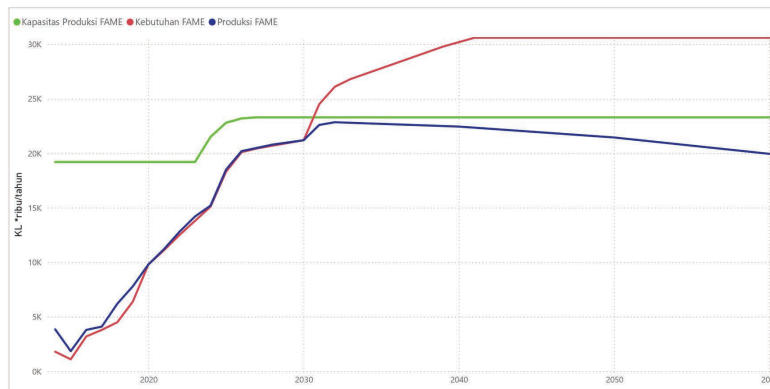
Produksi CPO (dalam ton/tahun)



Analisis Rantai Pasok Biodiesel oleh Purnomo Yusgiantoro Center, 2026.

(a)

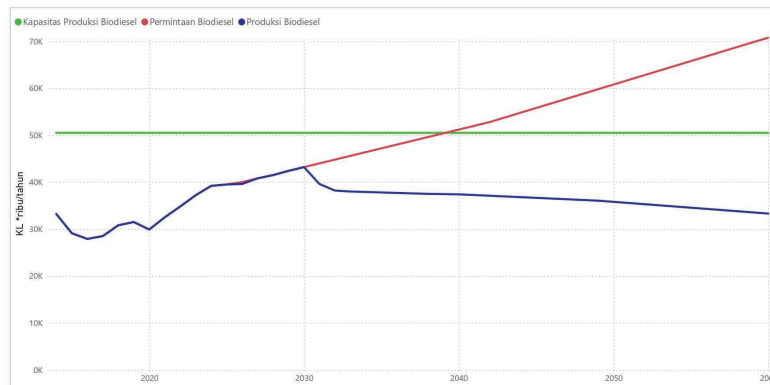
Produksi FAME (dalam KL*ribu/tahun)



Analisis Rantai Pasok Biodiesel oleh Purnomo Yusgiantoro Center, 2026.

(b)

Produksi Biodiesel (dalam KL*ribu/tahun)



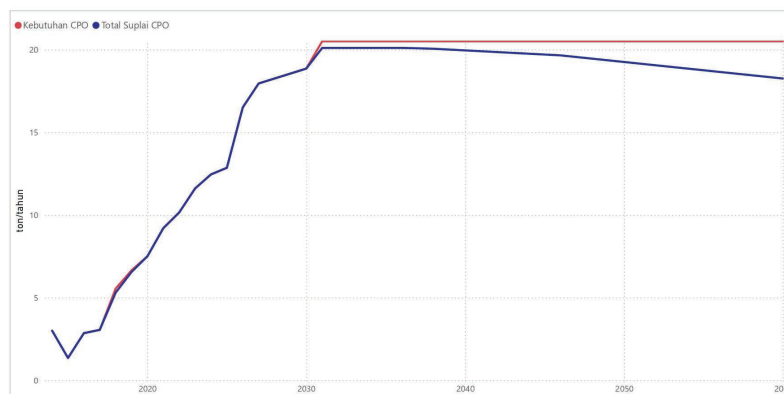
Analisis Rantai Pasok Biodiesel oleh Purnomo Yusgiantoro Center, 2026.

(c)

Gambar 5.20 Produksi CPO, FAME, dan Biodiesel pada Skenario D1_Blending B60

Pada skenario ini, suplai biodiesel juga dibatasi oleh ketersediaan CPO untuk FAME. Pada gambar di 5.21, terlihat bahwa kebutuhan CPO untuk FAME (garis merah) mulai melampaui total suplai CPO untuk FAME (garis biru) tepat pada tahun 2030.

Suplai CPO untuk FAME (dalam ton/tahun)

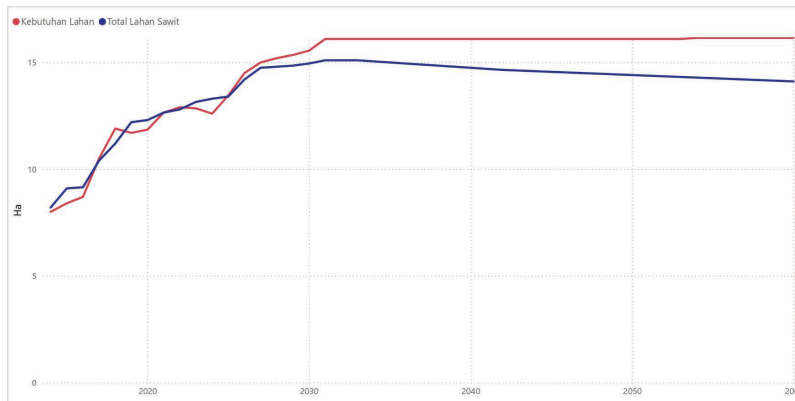


Analisis Rantai Pasok Biodiesel oleh Purnomo Yusgiantoro Center, 2026.

Gambar 5.21 Suplai CPO untuk FAME pada Skenario D1_Blending B60

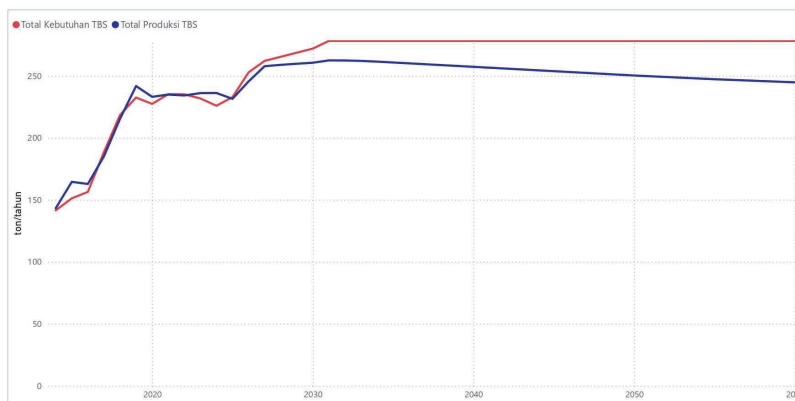
Selain itu, suplai biodiesel turut dibatasi oleh produksi TBS dan ketersediaan lahan sawit produktif (TM). Pada Gambar 5.22 terlihat bahwa kebutuhan TBS dan kebutuhan lahan sawit (garis merah) berada di atas total produksi TBS dan total lahan sawit TM yang tersedia (garis biru), bahkan kondisi ini sudah terjadi sejak tahun 2026.

Lahan Sawit Produktif (dalam Ha)



(a)

Kecukupan TBS (dalam ton/tahun)



(b)

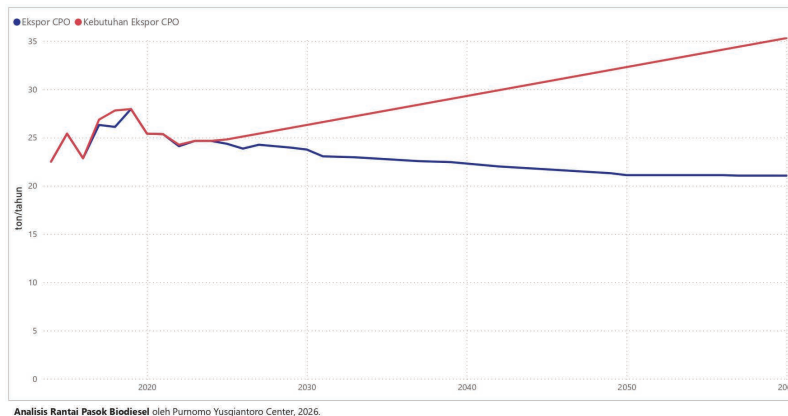
Tabel 5.22 Lahan Sawit Produktif dan Kecukupan TBS pada Skenario D1_Blending B60

Dengan demikian, pada skenario peningkatan *blending* menjadi B60, keterbatasan produksi TBS dan lahan serta kapasitas produksi FAME menjadi faktor pembatas utama yang menyebabkan permintaan biodiesel tidak dapat terpenuhi mulai tahun 2030.

Dampak peningkatan campuran biodiesel ke B60 pada prinsipnya mirip dengan skenario B50, yakni ekspor serta sektor pangan-oleokimia tetap mengalami *undersupply*. Namun, peningkatan ke B60 relatif tidak terlihat memberikan tambahan dampak yang besar karena struktur permintaan CPO untuk FAME dalam model tidak hanya ditentukan oleh kebutuhan FAME, tetapi juga dibatasi oleh kapasitas produksi FAME. Jika dikaitkan dengan Gambar 5.23, kebutuhan FAME

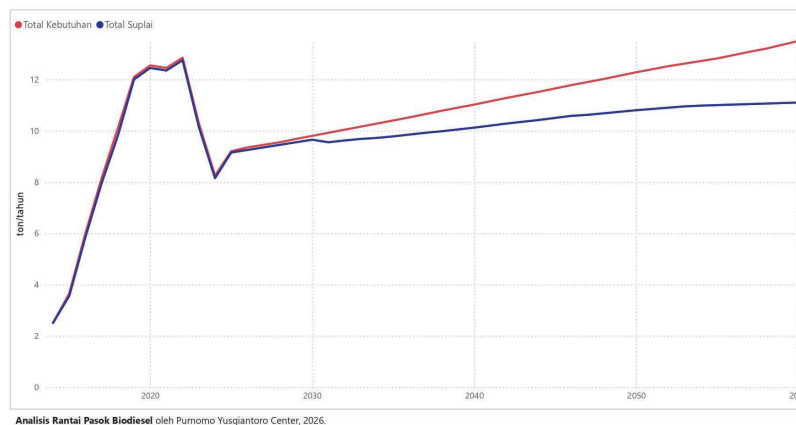
dalam negeri (garis merah) memang meningkat cukup tinggi. Apabila kebutuhan ini digunakan sebagai satu-satunya dasar pembentukan permintaan CPO untuk FAME, kenaikan permintaan CPO untuk FAME akan jauh lebih signifikan. Akan tetapi, dalam model, permintaan CPO untuk FAME dihitung dengan mempertimbangkan kapasitas produksi FAME, yang nilainya lebih rendah dibandingkan kebutuhan FAME untuk produksi dalam negeri, sehingga kenaikan permintaan CPO untuk FAME tidak terlalu tinggi.

Suplai CPO untuk Ekspor (dalam ton/tahun)



(a)

Suplai CPO untuk Pangan dan Oleokimia (dalam ton/tahun)

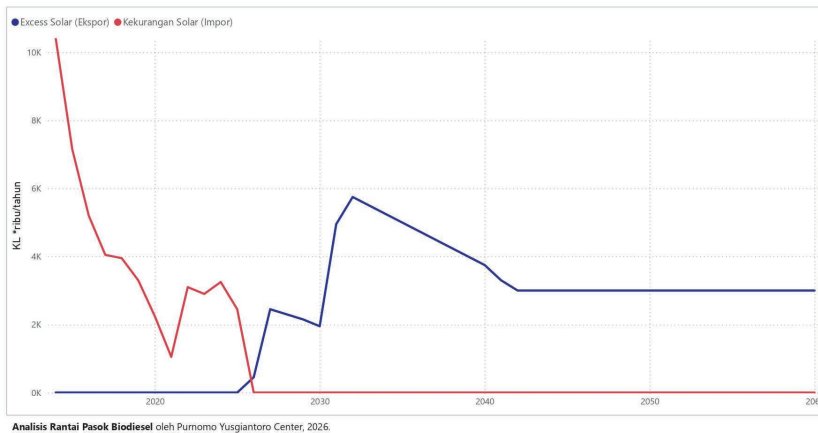


(b)

Tabel 5.23 Suplai CPO untuk Ekspor serta Pangan dan Oleokimia pada Skenario D1_Blending B60

Pada skenario penerapan B60, kelebihan produksi solar diperkirakan lebih besar dibandingkan skenario B50, karena peningkatan persentase campuran biodiesel membuat porsi kebutuhan solar semakin menurun. Dalam skenario ini, sejak tahun 2026 diperkirakan terjadi surplus solar sebesar 1.429 ribu kL/tahun, dengan rata-rata surplus sekitar 2.980 ribu kL/tahun. Puncak kelebihan produksi solar dalam negeri diperkirakan terjadi pada awal pemberlakuan B60, yaitu pada tahun 2032 sebesar 5.706 ribu kL/tahun (Gambar 5.24).

Ekspor-Impor Solar (dalam KL*ribu/tahun)

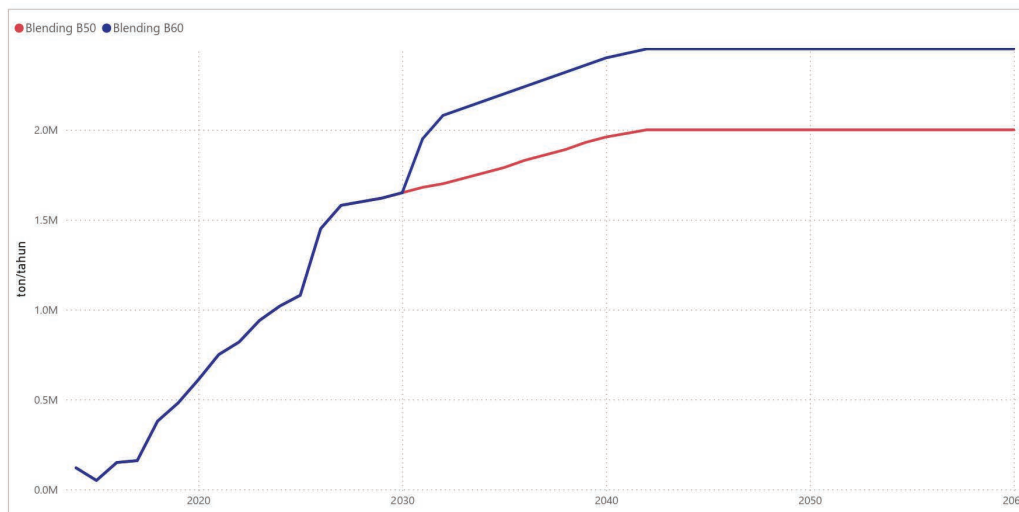


Analisis Rantai Pasok Biodiesel oleh Purnomo Yusgiantoro Center, 2026.

Gambar 5.24 Ekspor-Impor Solar pada Skenario D1_Blending B60

Impor metanol pada skenario *blending* B60 diperkirakan akan lebih besar lagi jika dibandingkan dengan skenario *blending* B50, seiring meningkatnya kebutuhan FAME. Dengan asumsi kapasitas produksi metanol yang sama, pada skenario ini, kebutuhan impor metanol menjadi sekitar 1,43–2,4 juta ton/tahun mulai tahun 2026 (Gambar 5.25).

Impor Metanol (dalam ton/tahun)



Analisis Rantai Pasok Biodiesel oleh Purnomo Yusgiantoro Center, 2026.

Gambar 5.25 Impor Metanol pada Skenario D1_Blending B60

Dari berbagai penjelasan di atas, terdapat beberapa aspek penting yang perlu menjadi perhatian (Tabel 5.4).

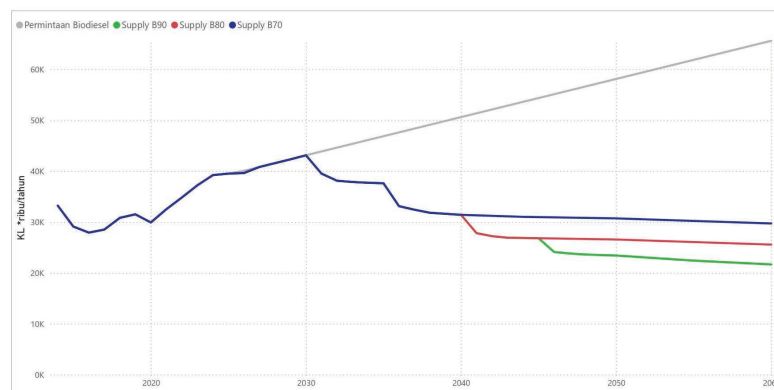
Tabel 5.4 Catatan pada Skenario Implementasi D1_Blending B60

No.	Beberapa Aspek pada Skenario B60	Keterangan
1	<p>Kapasitas Produksi dan Lahan</p> <p>Kapasitas produksi (<i>blending</i>) biodiesel Kapasitas produksi FAME Kapasitas produksi CPO Lahan sawit produktif (TM)</p>	<p>Tidak mampu memenuhi permintaan mulai tahun:</p> <p>2042 2030 2033 2026</p>
2	<p>Kelebihan produksi solar</p>	<p>1.429-5.706 ribuKL/tahun</p>
3	<p>Impor metanol</p>	<p>1,43-2,4 juta ton/tahun mulai tahun 2026</p>

5.2.2.3 Skenario Kebijakan pada Persentase *Blending* B70, B80, dan B90

Selanjutnya, dibahas skenario penerapan B70, B80, dan B90. Pada skenario-skenario tersebut terlihat bahwa rasio *supply-demand* biodiesel semakin menurun, dan penurunannya semakin signifikan seiring dengan peningkatan persentase campuran biodiesel (Gambar 5.26). Kondisi ini terjadi karena suplai biodiesel cenderung semakin menurun ketika persentase *blending* ditingkatkan sehingga kesenjangan antara suplai dan permintaan menjadi semakin besar.

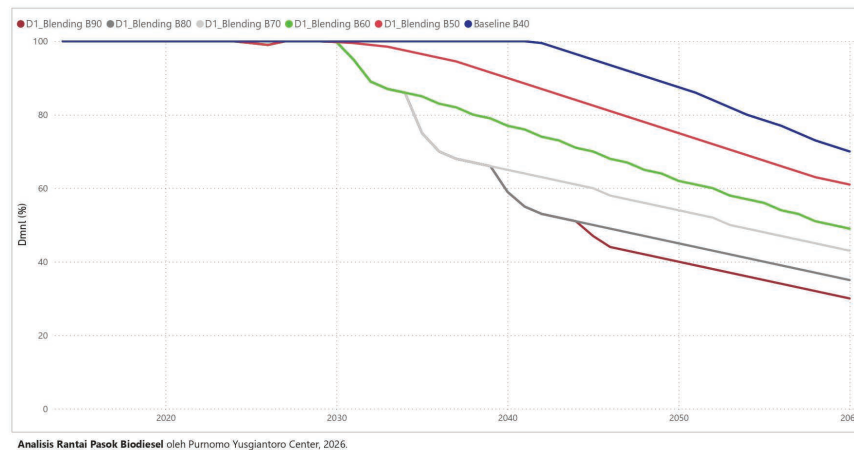
Supply-Demand Biodiesel



Analisis Rantai Pasok Biodiesel oleh Purnomo Yudiantoro Center, 2026.

(a)

Rasio Supply-Demand Biodiesel (dalam Dlmn)

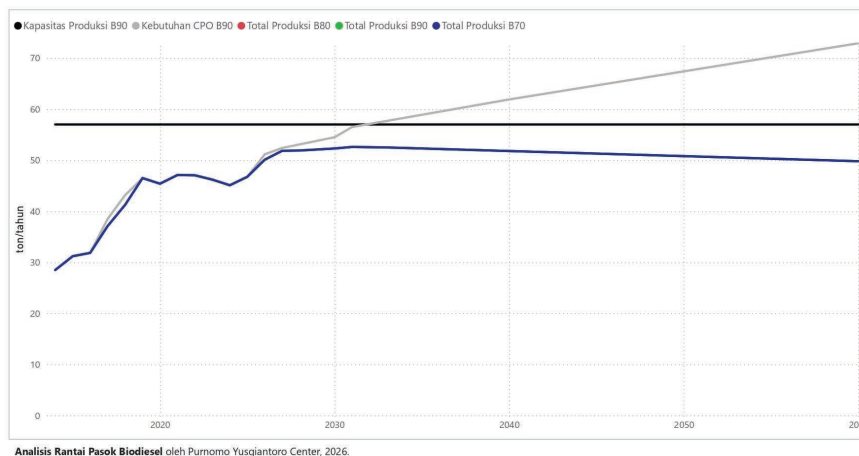


(b)

Gambar 5.26 Supply-Demand Biodiesel pada Skenario D1_Blending B70, B80, dan B90

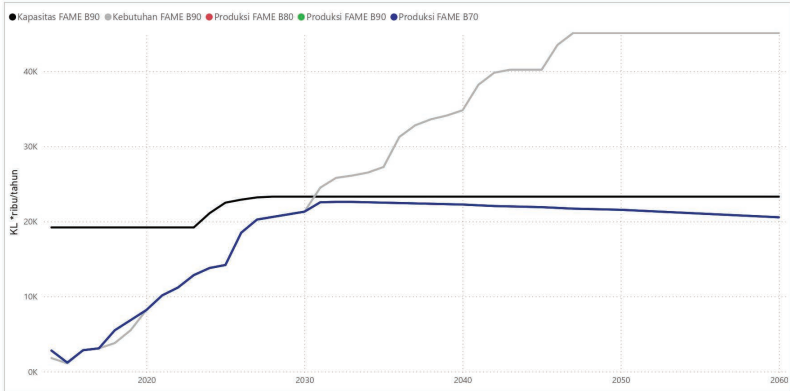
Penurunan suplai biodiesel pada skenario B70–B90 disebabkan oleh keterbatasan kapasitas produksi FAME, sedangkan kebutuhan FAME terus meningkat seiring dengan kenaikan persentase campuran biodiesel. Pada Gambar 5.27(b) terlihat bahwa kebutuhan FAME (garis abu-abu) menunjukkan tren peningkatan yang konsisten, sedangkan kapasitas produksi FAME tetap konstan. Ketidakseimbangan ini menyebabkan produksi FAME tidak mampu mengikuti peningkatan kebutuhan sehingga berdampak pada penurunan suplai biodiesel.

Produksi CPO (dalam ton/tahun)



(a)

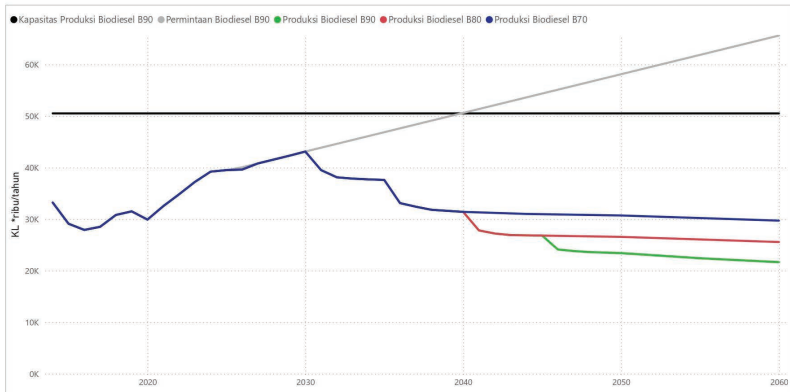
Produksi FAME (dalam KL*ribu/tahun)



Analisis Rantai Pasok Biodiesel oleh Purnomo Yudiantoro Center, 2026.

(b)

Produksi Biodiesel (dalam KL*ribu/tahun)



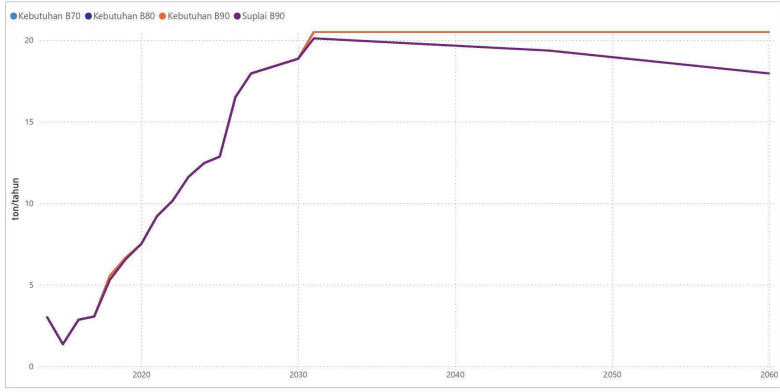
Analisis Rantai Pasok Biodiesel oleh Purnomo Yudiantoro Center, 2026.

(c)

Gambar 5.27 Produksi CPO, FAME, dan Biodiesel pada Skenario D1_Blending B70, B80, dan B90

Pada skenario ini, suplai biodiesel juga dibatasi oleh ketersediaan CPO untuk FAME. Pada Gambar 5.28 terlihat bahwa kebutuhan CPO untuk FAME (garis warna merah) mulai melampaui total suplai CPO untuk FAME (garis warna biru) tepat pada tahun 2030.

Suplai CPO untuk FAME (dalam ton/tahun)

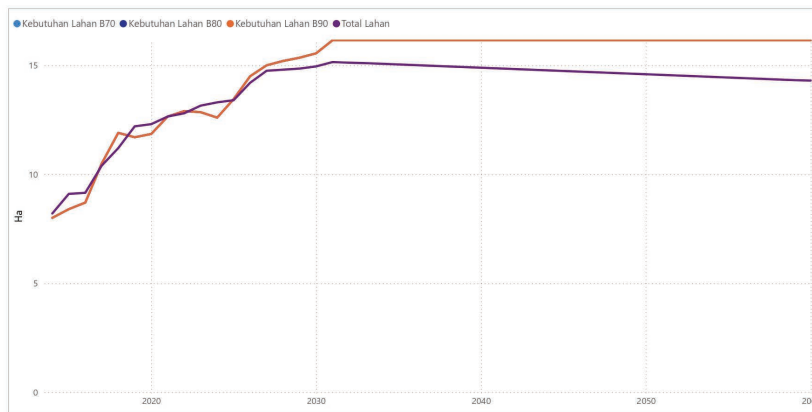


Analisis Rantai Pasok Biodiesel oleh Purnomo Yudiantoro Center, 2026.

Gambar 5.28 Suplai CPO untuk FAME pada Skenario D1_Blending B70, B80, dan B90

Selain itu, ketersediaan biodiesel juga dibatasi oleh produksi TBS dan ketersediaan lahan sawit produktif (TM). Pada Gambar 5.29 terlihat bahwa kebutuhan TBS dan kebutuhan lahan sawit (garis warna merah) berada di atas total produksi TBS dan total lahan sawit TM yang tersedia (garis warna biru), bahkan kondisi ini sudah terjadi sejak tahun 2026.

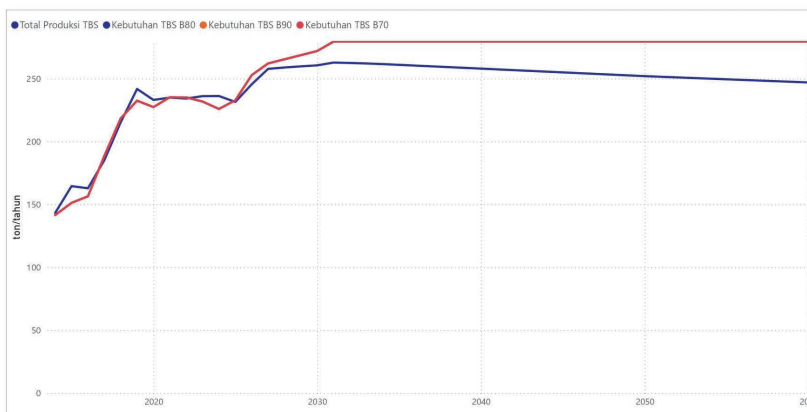
Lahan Sawit Produktif (dalam Ha)



Analisis Rantai Pasok Biodiesel oleh Purnomo Yusgiantoro Center, 2026.

(a)

Kecukupan TBS (dalam ton/tahun)



Analisis Rantai Pasok Biodiesel oleh Purnomo Yusgiantoro Center, 2026.

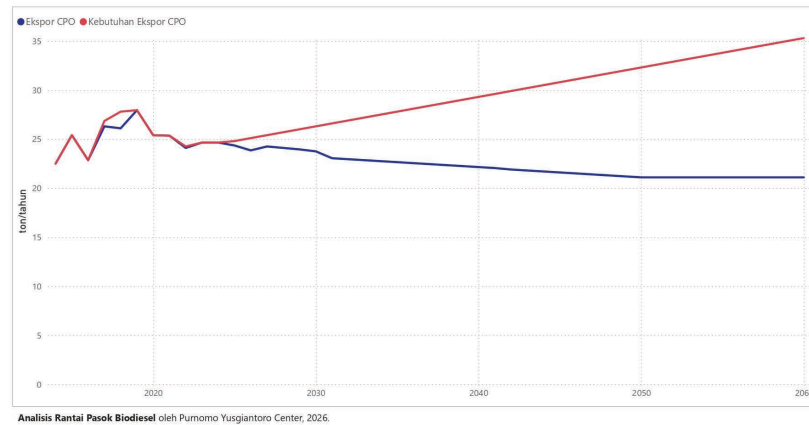
(b)

Gambar 5.29 Lahan Sawit Produktif dan Kecukupan TBS pada Skenario D1_Blending B70, B80, dan B90

Dengan demikian, pada skenario peningkatan persentase campuran menjadi B70, B80, dan B90, keterbatasan produksi TBS dan lahan serta kapasitas produksi FAME menjadi faktor pembatas utama yang menyebabkan permintaan biodiesel tidak dapat terpenuhi mulai tahun 2030. Ketidakterpenuhan permintaan biodiesel terjadi pada tahun 2030 terjadi karena penerapan campuran yang lebih besar dari B60 diskenariokan terjadi setelah tahun ini.

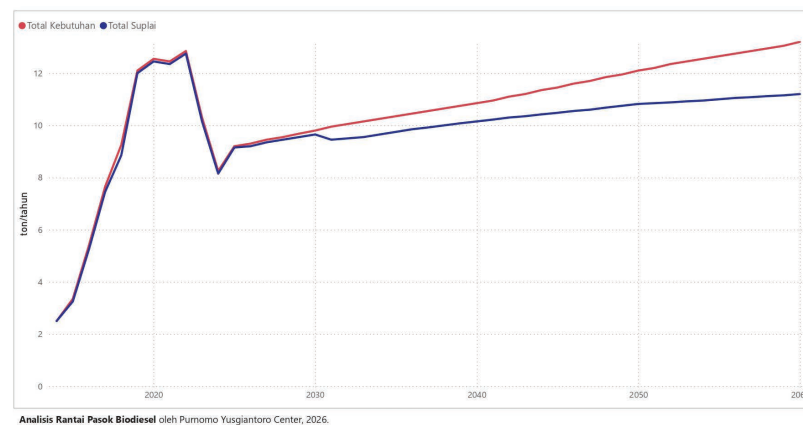
Dampak peningkatan campuran biodiesel ke B70, B80, dan B90 pada prinsipnya mirip dengan skenario B50, yakni ekspor serta sektor pangan-oleokimia tetap mengalami undersupply. Bahkan penurunan suplai CPO untuk ekspor lebih besar lagi dibandingkan skenario B50 dan B60 (Gambar 5.30).

Suplai CPO untuk Ekspor (ton/tahun)



(a)

Suplai CPO untuk Pangan dan Oleokimia (ton/tahun)

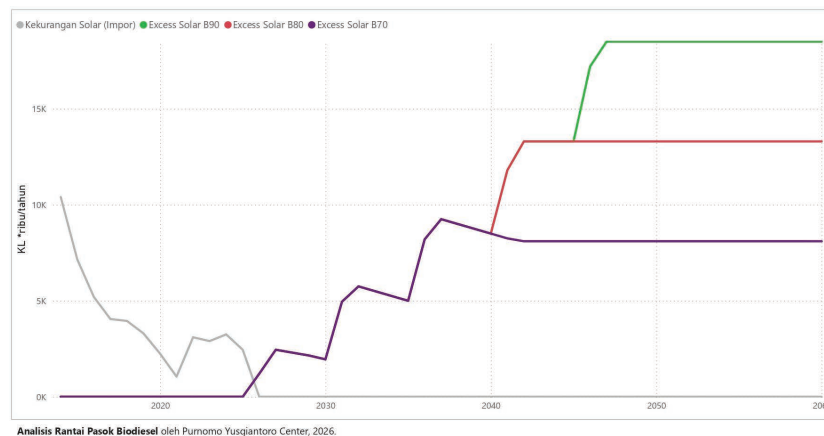


(b)

Gambar 5.30 Suplai CPO untuk Ekspor serta Pangan dan Oleokimia pada Skenario D1_Blending B70, B80, dan B90

Kelebihan produksi solar dalam negeri semakin meningkat seiring dengan kenaikan persentase campuran biodiesel. Pada skenario B90, kelebihan produksi solar dalam negeri mencapai puncaknya, yaitu sebesar 17.976 ribu kL/tahun (Gambar 5.31).

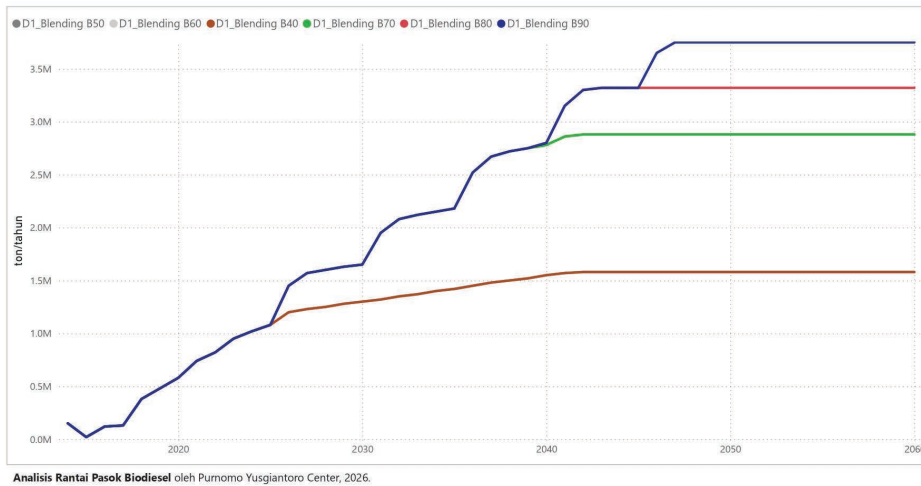
Ekspor-Impor Solar (dalam KL*ribu/tahun)



Gambar 5.31 Ekspor-Impor Solar pada Skenario D1_Blending B70, B80, dan B90

Kebutuhan impor metanol juga meningkat seiring peningkatan persentase campuran dan kebutuhan untuk bahan pencampur FAME. Pada persentase campuran B70 kebutuhan impor metanol sekitar 2,88 juta on/tahun, pada persentase *blending* B80 sekitar 3,32 juta ton/tahun dan pada persentase campuran B90 sebanyak 3,76 juta ton/tahun (Gambar 5.32).

Impor Metanol (dalam ton/tahun)



Gambar 5.32 Kebutuhan Impor Metanol pada Skenario D1_*Blending* B70, B80, dan B90

Dari berbagai penjelasan di atas, terdapat beberapa aspek penting yang perlu menjadi perhatian (Tabel 5.5).

Tabel 5.5 Catatan pada Skenario Implementasi B70, B80, dan B90

No.	Beberapa Aspek pada Skenario B60	Keterangan
1	Kapasitas Produksi dan Lahan Kapasitas produksi (<i>blending</i>) biodiesel Kapasitas produksi FAME Kapasitas produksi CPO Lahan sawit produktif (TM)	Tidak mampu memenuhi permintaan mulai tahun: 2042 2030 2033 2026
2	Kelebihan produksi solar	1.429-17.976 ribuKL/tahun
3	Impor metanol	1,43-3,76 juta ton/tahun mulai tahun 2026

5.2.2.4 Target Skenario Kebijakan pada Persentase *Blending* B50

Berdasarkan berbagai pembatas (*constraint*) yang telah diidentifikasi, dirumuskan kebijakan-kebijakan yang diperlukan agar rasio *supply-demand* mencapai 100% sehingga suplai biodiesel dapat memenuhi seluruh permintaan. Hasil pemodelan

menunjukkan adanya target minimal yang harus dipenuhi, mencakup kapasitas produksi, luas lahan, produktivitas lahan sawit, serta program peremajaan dan ekstensifikasi lahan sawit.

Tabel 5.6 Target Minimal pada Skenario DI_Blending B50

Aspek	2025 (baseline)	2030	2040	2050	2060
Skenario B50					
Kapasitas produksi (<i>blending</i>) biodiesel [ribuKL/tahun]	49.985	49.985	49.985	56.101	64.982
Kapasitas produksi FAME [ribuKL/tahun]	23.000	23.000	24.244	28.028	32.460
Kapasitas produksi solar [ribuKL/tahun]	22.974	22.974	25.000	28.000	33.000
Kapasitas produksi CPO [juta ton/tahun]	56,77	56,77	58,8	60,92	62,55
Produktivitas TBS Lahan Sawit Swasta [ton/Ha/tahun]	18,39	19,00	21,00	24,00	26,00
Produktivitas TBS Lahan Sawit Negara [ton/Ha/tahun]	22,39	22,50	23,50	24,50	25,00
Produktivitas TBS Lahan Sawit Rakyat [ton/Ha/tahun]	15,89	16,00	16,50	18,00	19,00
Peremajaan lahan sawit swasta [Ha/tahun]	194	Mengikuti skenario <i>baseline</i> sebesar 194 Ha/tahun			
Peremajaan lahan sawit negara [Ha/tahun]	48	Mengikuti skenario <i>baseline</i> sebesar 48 Ha/tahun			
Peremajaan lahan sawit rakyat [Ha/tahun]	63	Mengikuti skenario <i>baseline</i> sebesar 63 Ha/tahun			
Ekstensifikasi lahan sawit swasta [Ha/tahun]	0	0	0	0	0
Ekstensifikasi lahan sawit negara [Ha/tahun]	0	0	0	0	0
Ekstensifikasi lahan sawit rakyat [Ha/tahun]	0	0	0	0	0

Berdasarkan hasil simulasi pada Tabel 5.6, hingga tahun 2030 target minimal untuk kapasitas produksi biodiesel (*blending*), FAME, solar, dan CPO masih mengikuti angka baseline. Namun, setelah tahun 2030 diperlukan peningkatan kapasitas pada masing-masing tahapan produksi. Temuan lainnya menunjukkan bahwa peningkatan produktivitas lahan sawit, terutama pada lahan sawit swasta, memegang peranan kunci dalam memenuhi suplai TBS dan CPO. Dengan target produktivitas sebagaimana tercantum pada tabel, apabila dapat dicapai secara konsisten, maka penambahan luas lahan sawit tidak diperlukan.

5.2.2.5 Target Skenario Kebijakan pada Persentase *Blending* B60

Pada skenario B60, dengan penerapan persentase blending biodiesel 50% pada periode 2026–2030 dan 60% pada periode 2031–2060, target minimal yang harus disediakan adalah sebagai berikut.

Tabel 5.7 Target Minimal pada Skenario Implementasi B60

Aspek	2025 (baseline)	2030	2040	2050	2060
Skenario B60					
Kapasitas produksi (<i>blending</i>) biodiesel [ribuKL/tahun]	49.985	49.985	49.985	56.101	64.982
Kapasitas produksi FAME [ribuKL/tahun]	23.000	25.200	29.087	33.687	38.947
Kapasitas produksi solar [ribuKL/tahun]	22.974	22.974	22.974	22.974	22.974
Kapasitas produksi CPO [juta ton/tahun]	56,77	56,77	60,68	62,68	63,68
Produktivitas TBS Lahan Sawit Swasta [ton/Ha/tahun]	18,39	21,00	23,00	26,00	29,00
Produktivitas TBS Lahan Sawit Negara [ton/Ha/tahun]	22,39	22,50	24,00	26,00	27,00
Produktivitas TBS Lahan Sawit Rakyat [ton/Ha/tahun]	15,89	16,80	17,60	19,00	20,00
Peremajaan lahan sawit swasta [Ha/tahun]	194	Mengikuti skenario <i>baseline</i> sebesar 194 Ha/tahun			
Peremajaan lahan sawit negara [Ha/tahun]	48	Mengikuti skenario <i>baseline</i> sebesar 48 Ha/tahun			
Peremajaan lahan sawit rakyat [Ha/tahun]	63	Mengikuti skenario <i>baseline</i> sebesar 63 Ha/tahun			

Aspek	2025 (<i>baseline</i>)	2030	2040	2050	2060
Skenario B60					
Ekstensifikasi lahan sawit swasta [Ha/tahun]	0	0	0	0	0
Ekstensifikasi lahan sawit negara [Ha/tahun]	0	0	0	0	0
Ekstensifikasi lahan sawit rakyat [Ha/tahun]	0	0	0	0	0

Pada skenario ini, kapasitas produksi hingga tahun 2030 masih tercukupi seperti pada skenario baseline. Namun, mulai tahun 2030 perlu dilakukan peningkatan kapasitas produksi biodiesel, FAME, dan CPO. Adapun kapasitas produksi solar pada skenario ini tidak memerlukan penambahan karena kapasitas yang ada diperkirakan akan melebihi kebutuhan sehingga terjadi kelebihan (*excess*) produksi solar.

Pada skenario ini, apabila produktivitas lahan sawit dapat ditingkatkan sesuai angka-angka pada tabel di atas, maka suplai TBS masih dapat dipenuhi oleh luas lahan sawit yang tersedia dan tidak memerlukan penambahan lahan sawit baru.

5.2.2.6 Target Skenario Kebijakan pada Persentase *Blending* B70

Pada skenario B70, dengan penerapan persentase campuran biodiesel yang diterapkan 50% pada tahun 2026–2030, 60% pada tahun 2031–2035, serta penerapan 70% pada tahun 2036–2060, target minimal yang harus disediakan adalah sebagai berikut.

Tabel 5.8 Target Minimal pada Skenario Implementasi B70

Aspek	2025 (<i>baseline</i>)	2030	2040	2050	2060
Skenario B70					
Kapasitas produksi (<i>blending</i>) biodiesel [ribuKL/tahun]	49.985	49.985	49.985	56.101	64.867
Kapasitas produksi FAME [ribuKL/tahun]	23.000	23.000	35.000	39.297	45.434
Kapasitas produksi solar [ribuKL/tahun]	22.974	22.974	22.974	22.974	22.974
Kapasitas produksi CPO [juta ton/tahun]	56,77	56,77	65,68	66,68	66,68

Aspek	2025 (baseline)	2030	2040	2050	2060
Skenario B70					
Produktivitas TBS Lahan Sawit Swasta [ton/Ha/tahun]	18,39	21,00	24,00	28,00	30,00
Produktivitas TBS Lahan Sawit Negara [ton/Ha/tahun]	22,39	22,50	24,00	26,00	27,00
Produktivitas TBS Lahan Sawit Rakyat [ton/Ha/tahun]	15,89	16,80	17,60	19,00	20,00
Peremajaan lahan sawit swasta [Ha/tahun]	194	194	807	17.509	19.375
Peremajaan lahan sawit negara [Ha/tahun]	48	48	90,42	4.322	4.798
Peremajaan lahan sawit rakyat [Ha/tahun]	63	123	236,23	11.291	12.536
Ekstensifikasi lahan sawit swasta [Ha/tahun]	0	0	3.000	3.000	3.000
Ekstensifikasi lahan sawit negara [Ha/tahun]	0	0	0	1.000	1.000
Ekstensifikasi lahan sawit rakyat [Ha/tahun]	0	0	0	4.000	4.000

Pada skenario ini, kapasitas produksi sampai tahun 2030 masih tercukupi dari skenario *baseline*. Namun, setelah tahun 2030 perlu dilakukan peningkatan kapasitas produksi biodiesel, FAME, dan CPO. Adapun kapasitas produksi solar pada skenario ini tidak lagi memerlukan penambahan karena kapasitas yang ada diperkirakan akan melebihi kebutuhan sehingga terjadi kelebihan (*excess*) produksi solar.

Pada skenario ini, produktivitas sawit sudah pada keadaan paling optimal. Oleh karena itu, kekurangan produksi TBS harus ditutupi melalui target peremajaan lahan sawit yang lebih besar atau melalui ekstensifikasi lahan sawit. Peremajaan lahan sawit dan ekstensifikasi merupakan dua strategi yang dapat saling ditukar (*exchangeable*). Adapun pada skenario ini, penyesuaian dilakukan hanya melalui peremajaan lahan sawit.

Meskipun sudah dibuat beberapa skenario untuk kapasitas produksi dan lahan, terdapat hal yang perlu menjadi perhatian, yakni terkait kelebihan produksi solar. Pada skenario ini, terdapat kelebihan produksi solar berada pada kisaran 1.877–9.054 ribu kL/tahun namun masih sulit diekspor karena kualitasnya belum sesuai dengan standar emisi global.

Dari target minimal pada skenario B70 terlihat bahwa kebutuhan ekstensifikasi lahan muncul, maka dapat diketahui pada skenario B80 dan B90, kebutuhan ekstensifikasi lahan akan menjadi sangat besar dan bahkan dapat dikatakan sulit untuk direalisasikan.

5.2.3 Skenario Kebijakan Bagian II (Permintaan Biodiesel berdasarkan Kebijakan Energi Nasional)

Skenario kebijakan pada Bagian II pada dasarnya hampir sama dengan skenario kebijakan pada Bagian I. Perbedaannya terletak pada asumsi permintaan biodiesel. Pada skenario sebelumnya, permintaan biodiesel diasumsikan meningkat pada periode 2026–2060 dengan laju 1,47% per tahun, yang merepresentasikan tren rata-rata kenaikan historis. Sementara itu, pada skenario kebijakan Bagian II, permintaan biodiesel diskenariokan meningkat hingga tahun 2040, namun menurun setelah tahun 2040 (pertumbuhan negatif). Besaran persentase tersebut mengacu pada PP No. 40 Tahun 2025 tentang Kebijakan Energi Nasional, khususnya Pasal 9 ayat (2) terkait pemanfaatan energi final di sektor transportasi. Asumsi ini juga memasukkan proyeksi penggunaan bahan bakar alternatif selain biodiesel, seperti listrik dan hidrogen. Adapun angka-angka asumsi tersebut disajikan pada tabel berikut.

“ Pada skenario sebelumnya, permintaan biodiesel diasumsikan meningkat pada periode 2026–2060 dengan laju 1,47% per tahun, yang merepresentasikan tren rata-rata kenaikan historis. Sementara itu, pada skenario kebijakan Bagian II, permintaan biodiesel diskenariokan meningkat hingga tahun 2040, namun menurun setelah tahun 2040 (pertumbuhan negatif).”

Tabel 5.9 Asumsi pada Skenario Kebijakan Bagian II

No.	Skenario	Aspek	Skenario Kebijakan
1	D2_Blending B50	Permintaan biodiesel [liter/tahun]	2026–2029 : 1,47%/tahun 2030–2040 : 0,125%/tahun 2041–2050 : -0,715%/tahun 2051–2060 : -1,182%/tahun
		Kapasitas produksi dan lahan, harga, dll	Sama seperti <i>baseline</i>
		Persentase <i>blending</i>	B50 mulai tahun 2026–2060

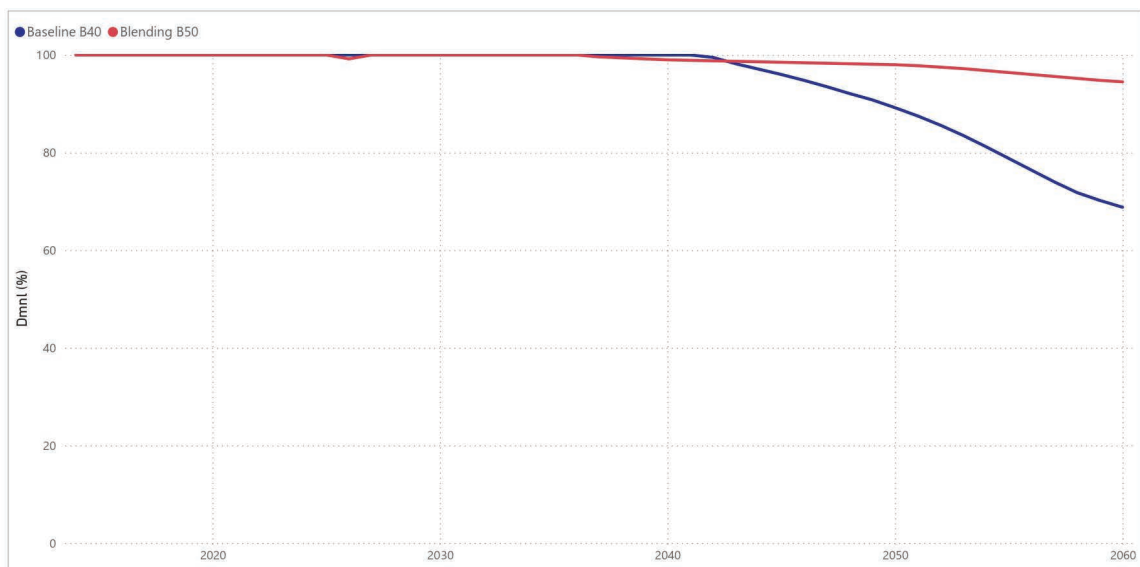
No.	Skenario	Aspek	Skenario Kebijakan
2	D2_Blending B60	Permintaan biodiesel, kapasitas produksi dan lahan, harga, dll	Sama seperti skenario D1_Blending B50
		Persentase <i>blending</i>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Penerapan B50 tahun 2026–2030 2. Penerapan B60 tahun 2031–2060
3	D2_Blending B70	Permintaan biodiesel, kapasitas produksi dan lahan, harga, dll	Sama seperti skenario D1_Blending B50
		Persentase <i>blending</i>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Penerapan B50 tahun 2026–2030 2. Penerapan B60 tahun 2031–2035 3. Penerapan B70 tahun 2036–2060
4	D2_Blending B80	Permintaan biodiesel, kapasitas produksi dan lahan, harga, dll	Sama seperti skenario D1_Blending B50
		Persentase <i>blending</i>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Penerapan B50 tahun 2026–2030 2. Penerapan B60 tahun 2031–2035 3. Penerapan B70 tahun 2036–2040 4. Penerapan B80 tahun 2041–2060
5	D2_Blending B90	Permintaan biodiesel, kapasitas produksi dan lahan, harga, dll	Sama seperti skenario D1_Blending B50
		Persentase <i>blending</i>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Penerapan B50 tahun 2026–2030 2. Penerapan B60 tahun 2031–2035 3. Penerapan B70 tahun 2036–2040 4. Penerapan B80 tahun 2041–2045 5. Penerapan B90 tahun 2046–2060

5.2.3.1 Skenario Kebijakan pada Persentase *Blending* B50

Pada skenario D2_ *Blending* B50, dengan asumsi pertumbuhan permintaan biodiesel mengikuti skenario KEN serta kapasitas produksi dan lahan mengikuti skenario lahan, diperoleh hasil bahwa rasio *supply-demand* biodiesel berada di bawah 100% (garis merah pada Gambar 5.33 (a)) mulai tahun 2037. Hal ini menunjukkan bahwa suplai biodiesel tidak mampu memenuhi kebutuhan mulai tahun tersebut dan seterusnya. Kondisi ini terjadi karena suplai biodiesel (garis biru pada Gambar 5.33 (b)) lebih rendah dibandingkan permintaannya (garis merah pada Gambar 5.33 (b)), meskipun tren permintaan secara umum mengalami penurunan.

“ Pada skenario D2_ *Blending* B50, dengan asumsi pertumbuhan permintaan biodiesel mengikuti skenario KEN serta kapasitas produksi dan lahan mengikuti skenario lahan, diperoleh hasil bahwa rasio *supply-demand* biodiesel berada di bawah 100% (garis merah pada Gambar 5.33 (a)) mulai tahun 2037.”

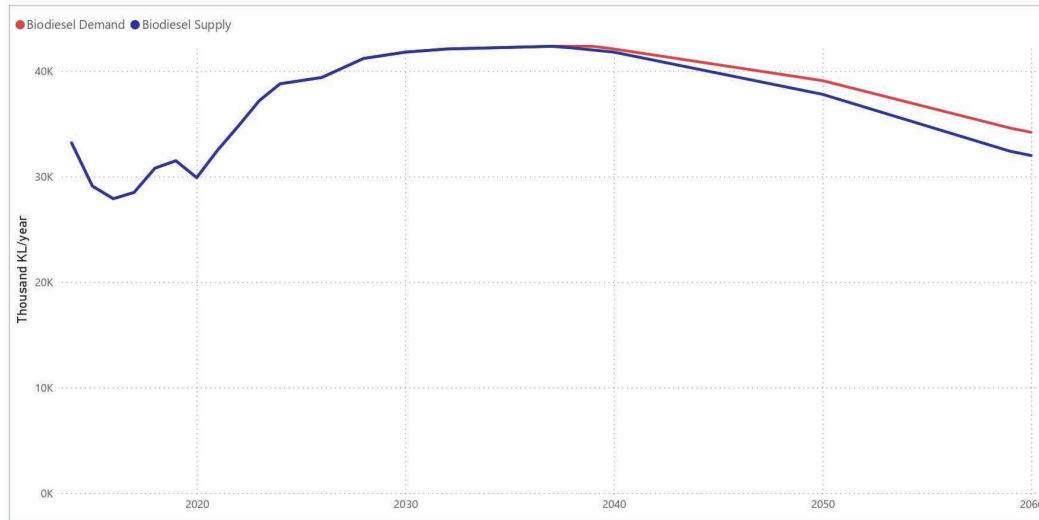
Rasio Supply-Demand Biodiesel (dalam Dlmn)



Analisis Rantai Pasok Biodiesel oleh Purnomo Yusgiantoro Center, 2026.

(a)

Supply-Demand Biodiesel (dalam KL*ribu/tahun)



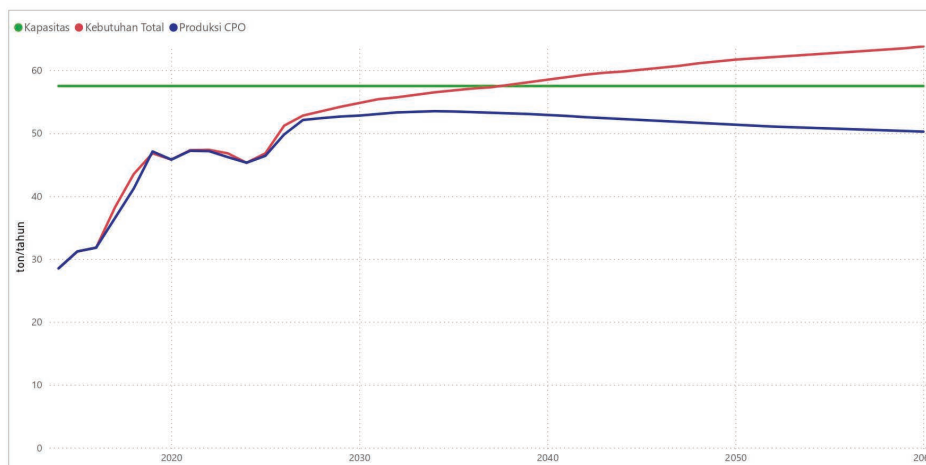
Analisis Rantai Pasok Biodiesel oleh Purnomo Yusgiantoro Center, 2026.

(b)

Gambar 5.33 Rasio Supply-Demand pada Skenario D2_Blending B50

Untuk mengetahui penyebabnya, analisis dapat ditinjau dari sisi rantai pasok. Kapasitas produksi biodiesel dan FAME pada skenario ini masih mampu memenuhi permintaan biodiesel hingga tahun 2060. Sementara itu, kapasitas produksi CPO masih mampu memenuhi hingga tahun 2038, hanya berbeda satu tahun dibandingkan pemenuhan biodiesel yang tercatat mampu terpenuhi hingga tahun 2037 (Gambar 5.34). Kondisi kapasitas produksi CPO ini perlu menjadi perhatian, meskipun pada dasarnya bukan merupakan penyebab utama.

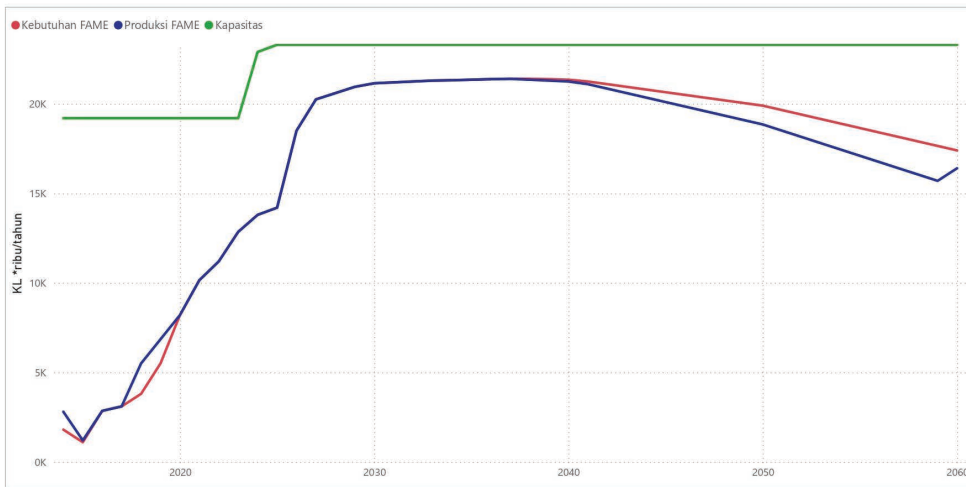
Produksi CPO (dalam ton/tahun)



Analisis Rantai Pasok Biodiesel oleh Purnomo Yusgiantoro Center, 2026.

(a)

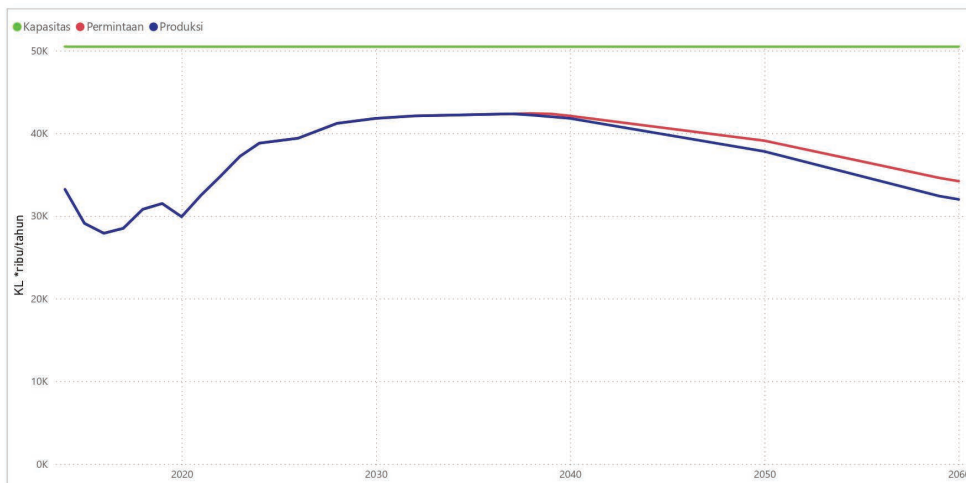
Produksi FAME (dalam KL*ribu/tahun)



Analisis Rantai Pasok Biodiesel oleh Purnomo Yusgiantoro Center, 2026.

(b)

Produksi Biodiesel (dalam KL*ribu/tahun)



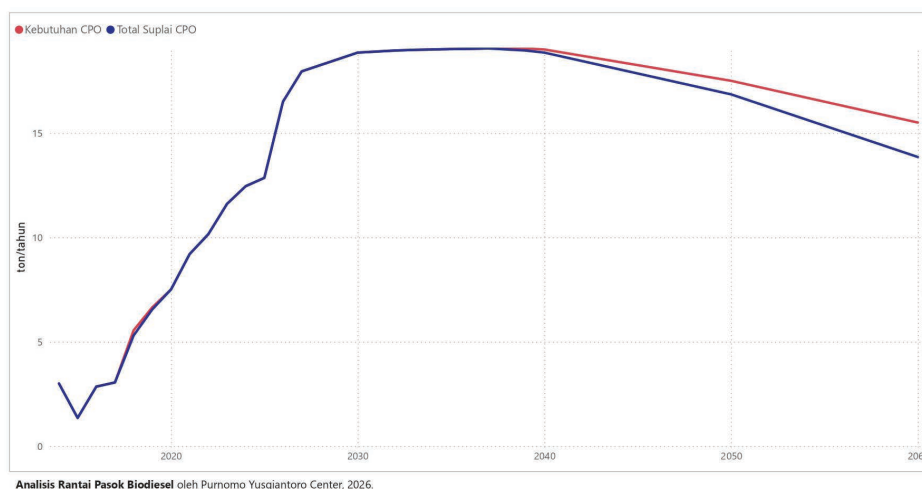
Analisis Rantai Pasok Biodiesel oleh Purnomo Yusgiantoro Center, 2026.

(c)

Gambar 5.34 Produksi CPO, FAME, dan Biodiesel pada Skenario D2_Blending B50

Seperti pada skenario sebelumnya, suplai biodiesel juga dibatasi oleh ketersediaan CPO untuk produksi FAME. Pada Gambar 5.35 terlihat bahwa kebutuhan CPO untuk FAME (garis merah) berada di atas total suplai CPO untuk FAME (garis biru). Perbedaannya, pada skenario ini selisih antara kebutuhan dan suplai CPO untuk FAME relatif tidak terlalu besar sehingga tekanan terhadap pasokan tidak sebesar pada skenario sebelumnya.

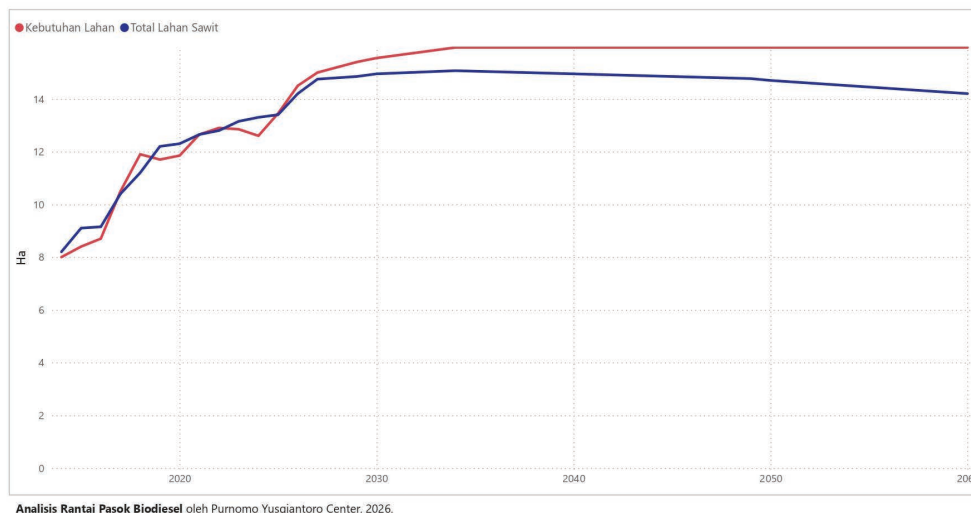
Suplai CPO untuk FAME (ton/tahun)



Gambar 5.35 Suplai CPO untuk FAME pada Skenario D2_Blending B50

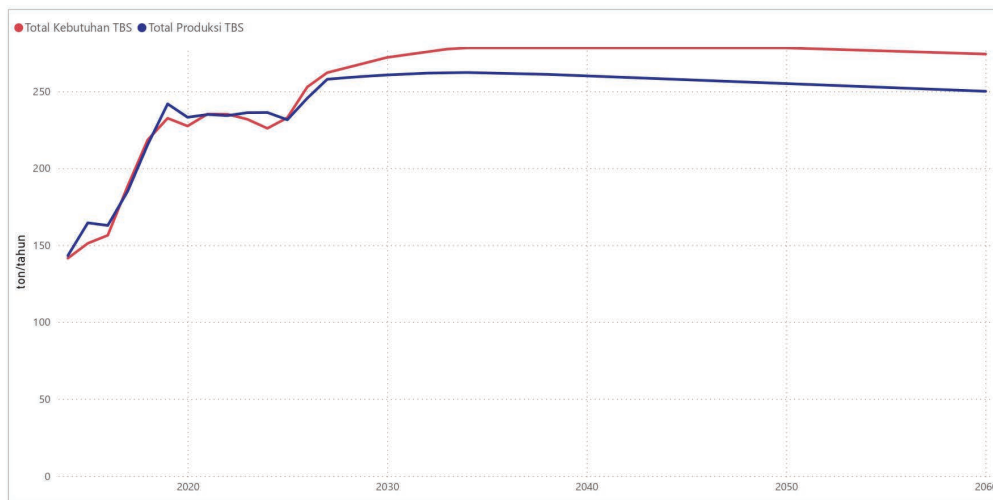
Suplai CPO untuk FAME tidak mampu memenuhi kebutuhannya juga disebabkan oleh keterbatasan lahan sawit produktif dan produksi TBS. Pada Gambar 5.36 terlihat bahwa kebutuhan lahan sawit produktif (TM) dan kebutuhan TBS (garis merah) lebih besar dibandingkan total lahan sawit TM dan total produksi TBS (garis biru). Akibat keterbatasan produksi TBS, terjadi kompetisi alokasi suplai untuk FAME, ekspor, serta pangan-oleokimia sehingga pada akhirnya terdapat sektor yang tidak terpenuhi permintaan/kebutuhannya.

Lahan Sawit Produktif (dalam Ha)



(a)

Kecukupan TBS (dalam ton/tahun)



Analisis Rantai Pasok Biodiesel oleh Purnomo Yugianoro Center, 2026.

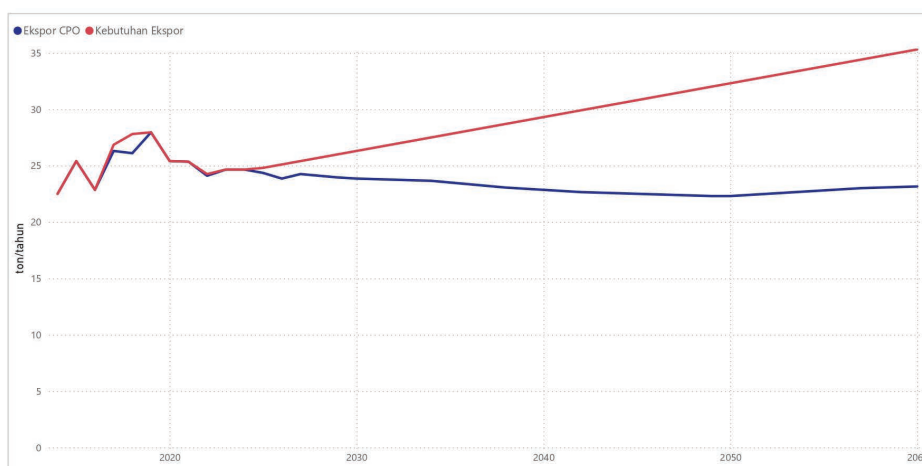
(b)

Gambar 5.36 Lahan Sawit Produktif dan Kecukupan TBS pada Skenario D2_Blending B50

Pada skenario D2_Blending B50, penyebab tidak terpenuhinya suplai biodiesel pada tahun 2037 adalah keterbatasan produksi TBS dan ketersediaan lahan sawit sebagai faktor utama, serta keterbatasan kapasitas produksi CPO sebagai faktor tambahan.

Sama seperti skenario D1_Blending B50 sebelumnya, keterbatasan produksi TBS dan lahan berdampak pada ketidakterpenuhan suplai untuk ekspor serta pangan-oleokimia, namun dengan intensitas dampak yang relatif lebih rendah. Pada skenario ini, suplai untuk ekspor serta pangan-oleokimia masih lebih tinggi dibandingkan skenario sebelumnya karena tren permintaan biodieselnnya lebih rendah (Gambar 5.37).

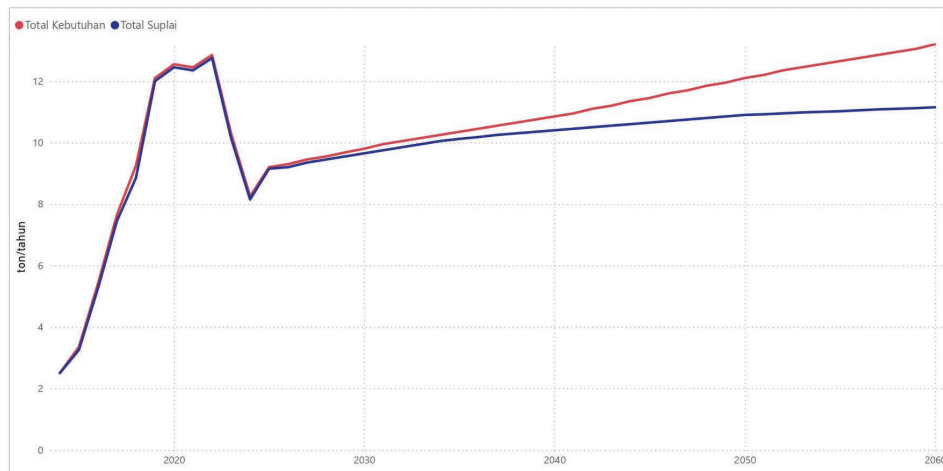
Suplai CPO untuk Ekspor (dalam ton/tahun)



Analisis Rantai Pasok Biodiesel oleh Purnomo Yugianoro Center, 2026.

(c)

Suplai CPO untuk Pangan dan Eleokimia (dalam ton/tahun)



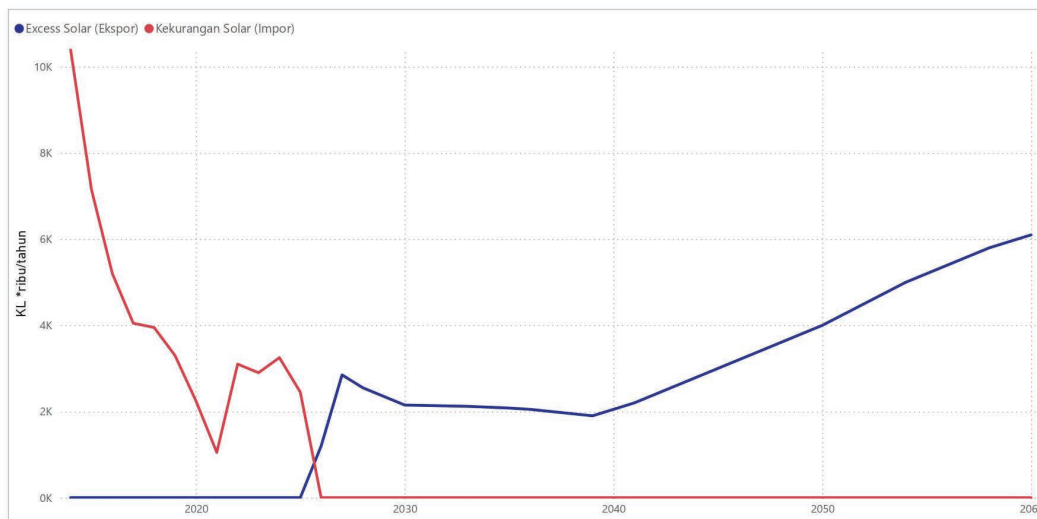
Analisis Rantai Pasok Biodiesel oleh Purnomo Yusgiantoro Center, 2026.

(b)

Gambar 5.37 Suplai CPO untuk Ekspor serta Pangan dan Oleokimia pada Skenario D2_Blending B50

Pada skenario D1_Blending B50, karena permintaan biodiesel juga diskenariokan menurun hingga tahun 2060, penggunaan solar dari hasil produksi dalam negeri menjadi relatif rendah. Akibatnya, kelebihan produksi (*excess*) solar berada pada tingkat yang cukup besar, yaitu sekitar 1.878–5.686 ribu kL/tahun pada periode 2026–2060 (garis biru pada Gambar 5.38). Jika skenario ini terjadi, maka keputusan untuk menaikkan persentase campuran ke B50 juga perlu mempertimbangkan besarnya kelebihan produksi solar tersebut.

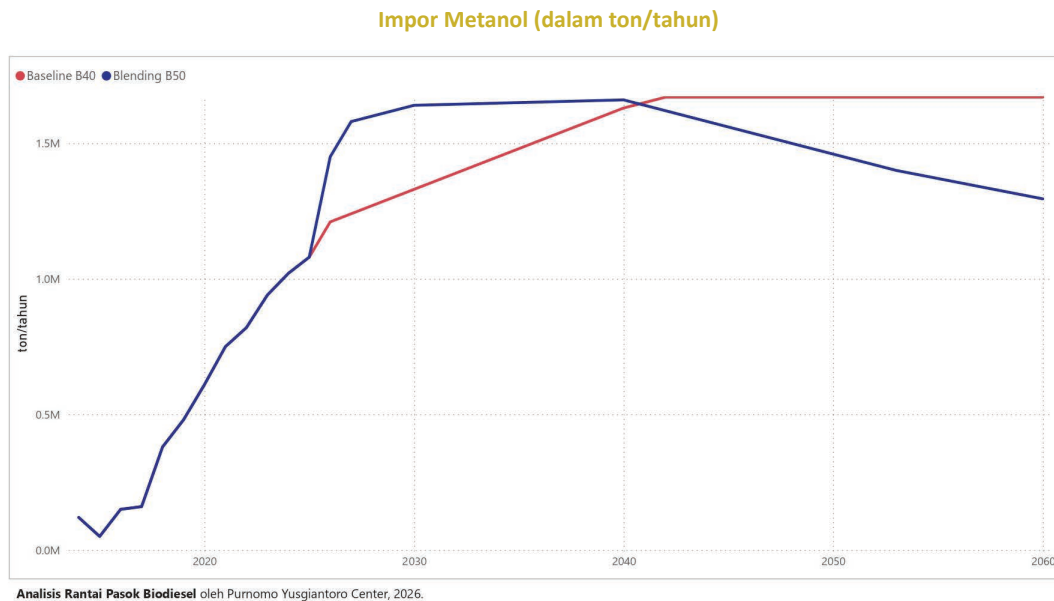
Ekspor-Impor Solar (dalam KL*ribu/tahun)



Analisis Rantai Pasok Biodiesel oleh Purnomo Yusgiantoro Center, 2026.

Gambar 5.38 Ekspor-Impor Solar pada Skenario D2_Blending B50

Pada skenario ini, kebutuhan metanol relatif lebih rendah seiring dengan produksi FAME yang juga lebih rendah. Nilainya bahkan lebih rendah dibandingkan skenario *baseline* B40 karena tren permintaan biodiesel semakin menurun. Meskipun demikian, dari sisi angkanya, kebutuhan impor metanol tetap cukup besar, yaitu sekitar 1,32–1,65 juta ton/tahun mulai tahun 2026 (Gambar 5.39).



Gambar 5.39 Impor Metanol pada Skenario D2_Blending B50

Dari berbagai penjelasan di atas, terdapat beberapa aspek yang penting untuk menjadi perhatian terkait implementasi biodiesel B50.

Tabel 5.10 Catatan pada Skenario Implementasi B50 Skenario D2_Blending B50

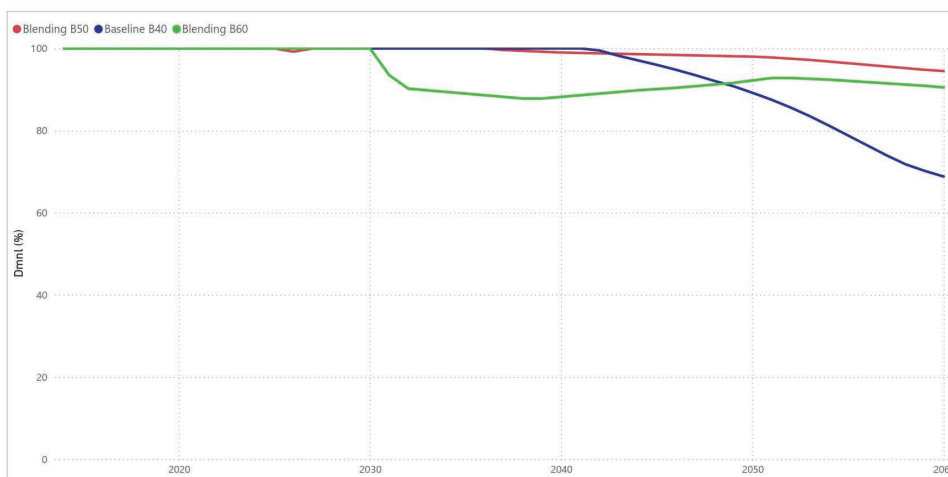
No.	Beberapa Aspek pada Skenario B60	Keterangan
1	Kapasitas Produksi dan Lahan Kapasitas produksi (<i>blending</i>) biodiesel Kapasitas produksi FAME Kapasitas produksi CPO Lahan sawit produktif (TM)	Tidak mampu memenuhi permintaan mulai tahun: - - 2038 2037
2	Kelebihan produksi solar	1.878–5.686 ribu kL/tahun pada tahun 2026–2060
3	Impor metanol	1,32–1,65 juta ton/tahun mulai tahun 2026

5.2.3.2. Skenario Kebijakan pada Persentase Blending B60

Selanjutnya akan dibahas skenario D1_*Blending* B60 dengan asumsi permintaan biodiesel serta kapasitas produksi dan lahan sama seperti skenario sebelumnya (D1_*Blending* B50), namun ditambah dengan penerapan B60 pada tahun 2031–2060.

Pada skenario ini, rasio *supply-demand* biodiesel menurun drastis pada tahun 2030, sama seperti pada skenario D1_*Blending* B60. Kondisi tersebut terjadi karena suplai biodiesel juga menurun drastis (Gambar 5.40).

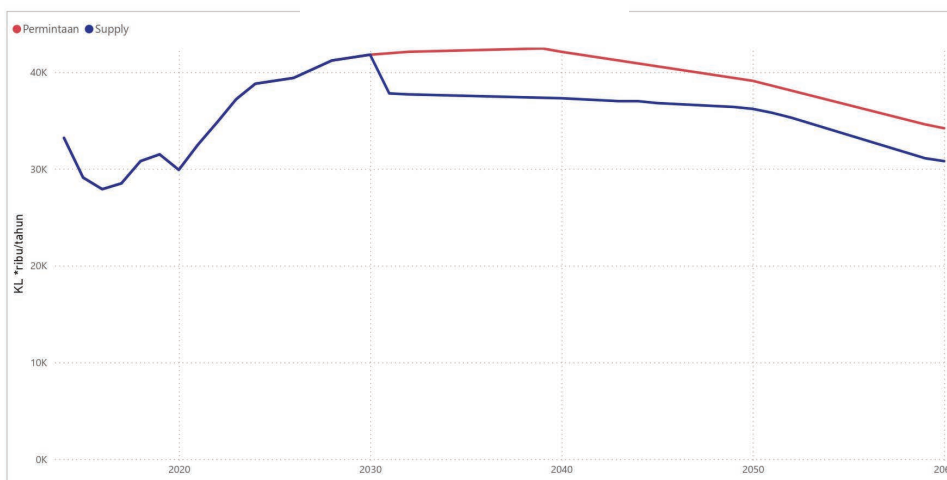
Rasio Supply-Demand Biodiesel (dalam Dmnl)



Analisis Rantai Pasok Biodiesel oleh Purnomo Yusgiantoro Center, 2026.

(a)

Supply-Demand Biodiesel (dalam KL*ribu/tahun)



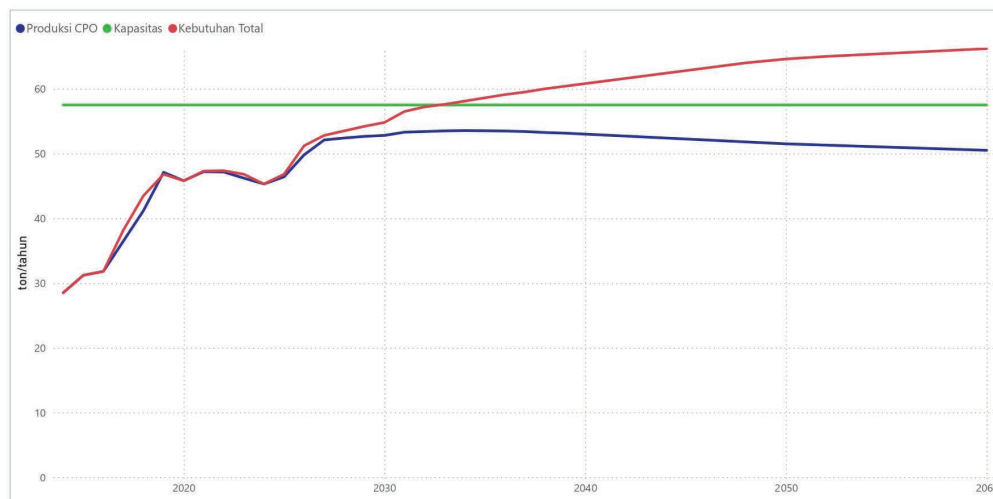
Analisis Rantai Pasok Biodiesel oleh Purnomo Yusgiantoro Center, 2026.

(b)

Gambar 5.40 Rasio *Supply-Demand* Biodiesel pada Skenario D2_*Blending* B60

Jika ditinjau dari rantai pasoknya, kapasitas produksi biodiesel masih mampu memenuhi hingga tahun 2060. Namun, kapasitas produksi FAME hanya mampu memenuhi hingga tahun 2030, sedangkan kapasitas produksi CPO hingga tahun 2033. Dengan demikian, kapasitas produksi FAME menjadi salah satu faktor utama yang menyebabkan menurunnya suplai biodiesel.

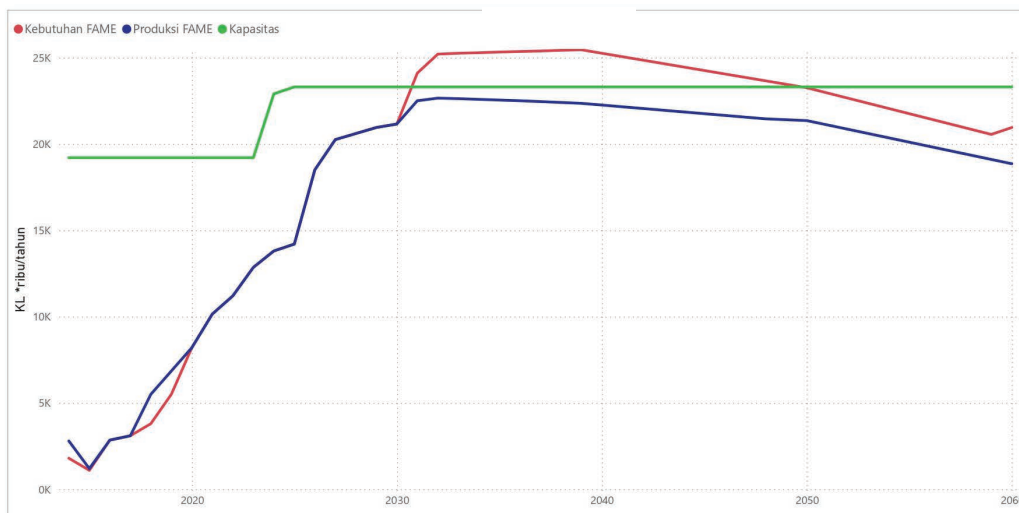
Produksi CPO (dalam ton/tahun)



Analisis Rantai Pasok Biodiesel oleh Purnomo Yusgiantoro Center, 2026.

(a)

Produksi FAME (dalam KL*ribu/tahun)



Analisis Rantai Pasok Biodiesel oleh Purnomo Yusgiantoro Center, 2026.

(b)

Produksi Biodiesel (dalam KL*ribu/tahun)



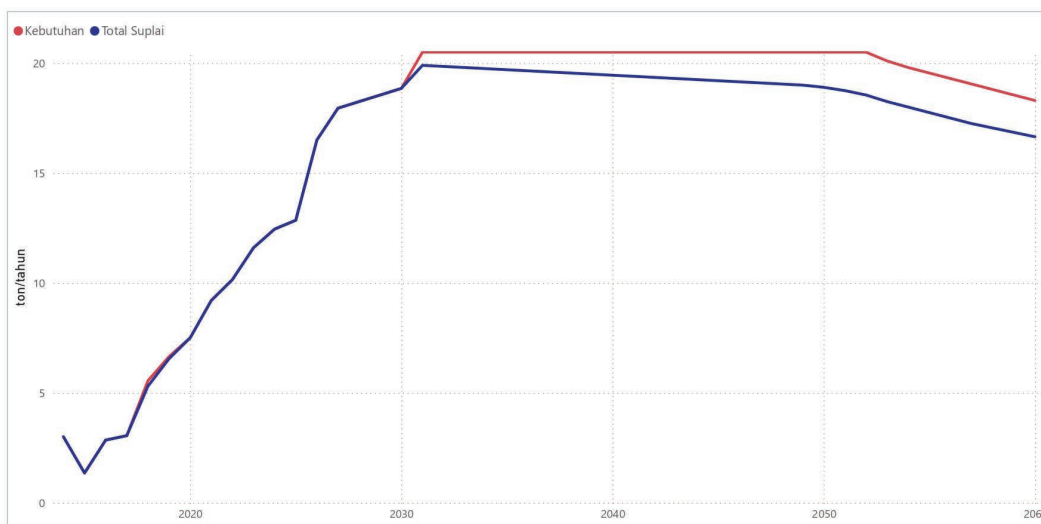
Analisis Rantai Pasok Biodiesel oleh Purnomo Yusgiantoro Center, 2026.

(c)

Gambar 5.41 Produksi Biodiesel, FAME, dan CPO pada Skenario D2_Blending B60

Pada skenario ini, suplai biodiesel juga dibatasi oleh ketersediaan CPO untuk FAME. Pada Gambar 5.42 terlihat bahwa kebutuhan CPO untuk FAME (garis merah) mulai melampaui total suplai CPO untuk FAME (garis biru) tepat pada tahun 2030. Meskipun tren kebutuhan CPO (garis merah) menurun mulai tahun 2050 jika dibandingkan dengan skenario D1_Blending B60.

Suplai CPO untuk FAME (dalam ton/tahun)

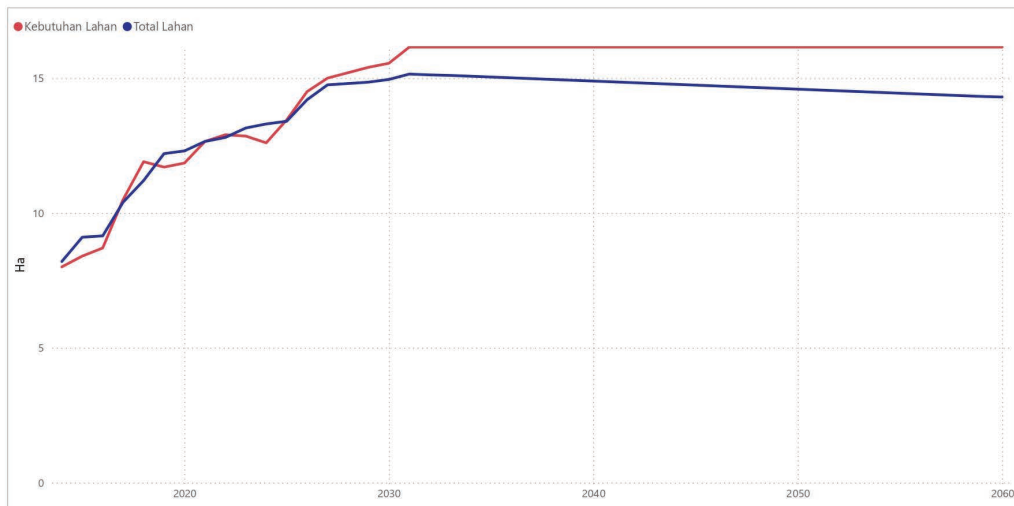


Analisis Rantai Pasok Biodiesel oleh Purnomo Yusgiantoro Center, 2026.

Gambar 5.42 Suplai CPO untuk FAME pada Skenario D2_Blending B60

Suplai CPO untuk FAME tidak mampu memenuhinya juga disebabkan oleh keterbatasan lahan sawit produktif dan produksi TBS. Pada Gambar 5.43 terlihat bahwa kebutuhan lahan sawit produktif (TM) dan kebutuhan TBS (garis merah) lebih besar daripada total lahan sawit TM dan total produksi TBS (garis biru). Produksi TBS yang terbatas menyebabkan terjadinya kompetisi suplai untuk FAME, ekspor, dan pangan-oleokimia sehingga ada sektor yang tidak terpenuhi permintaannya.

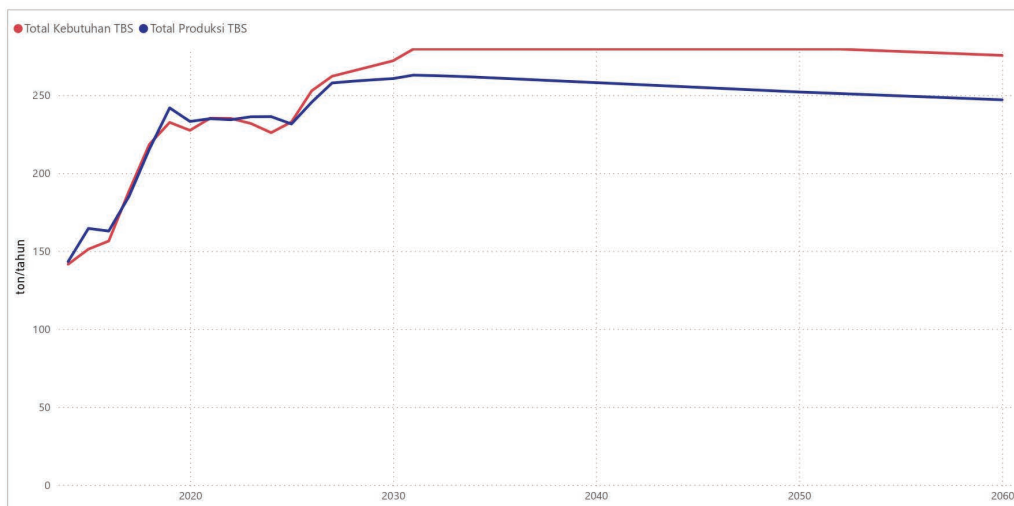
Lahan Sawit Produktif (dalam Ha)



Analisis Rantai Pasok Biodiesel oleh Purnomo Yusgiantoro Center, 2026.

(a)

Kecukupan TBS (dalam ton/tahun)



Analisis Rantai Pasok Biodiesel oleh Purnomo Yusgiantoro Center, 2026.

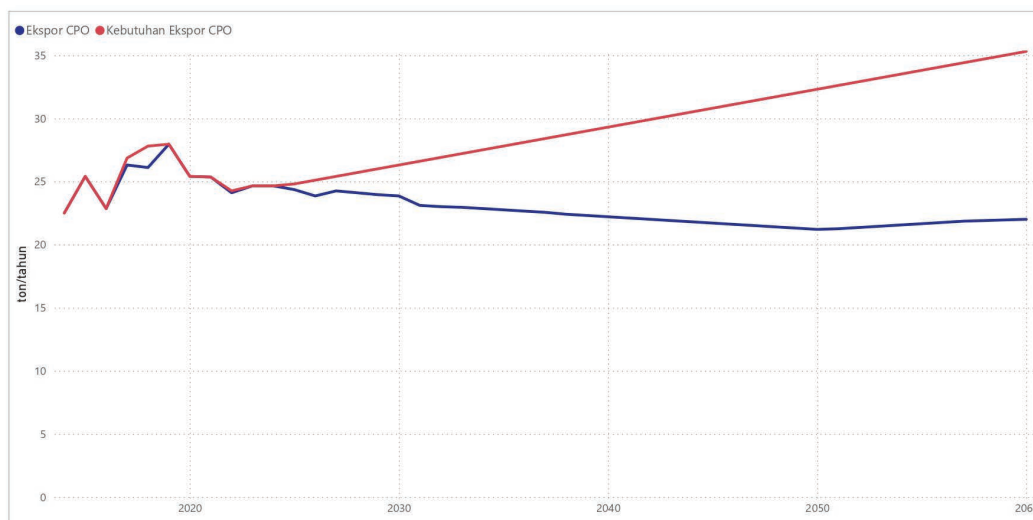
(b)

Gambar 5.43 Lahan Sawit Produktif dan Kecukupan TBS pada Skenario D2_Blending B60

Pada skenario *D2_Blending B60* ini, produksi TBS, ketersediaan lahan, serta kapasitas produksi FAME menjadi faktor pembatas utama yang menyebabkan permintaan biodiesel tidak terpenuhi.

Keterbatasan produksi TBS dan lahan berdampak pada ketidakterpenuhan suplai untuk ekspor serta pangan-oleokimia, namun dengan dampak yang relatif lebih intens dibandingkan skenario *D2_Blending B50*. Pada skenario ini, suplai untuk ekspor serta pangan-oleokimia lebih rendah dibandingkan skenario sebelumnya (Gambar 5.44).

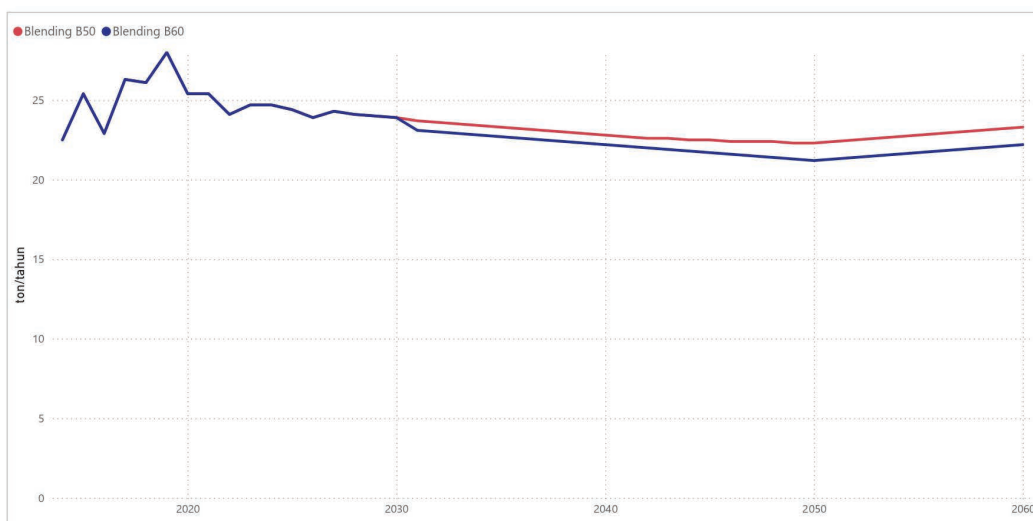
Suplai CPO untuk Ekspor (dalam ton/tahun)



Analisis Rantai Pasok Biodiesel oleh Purnomo Yusgiantoro Center, 2026.

(a)

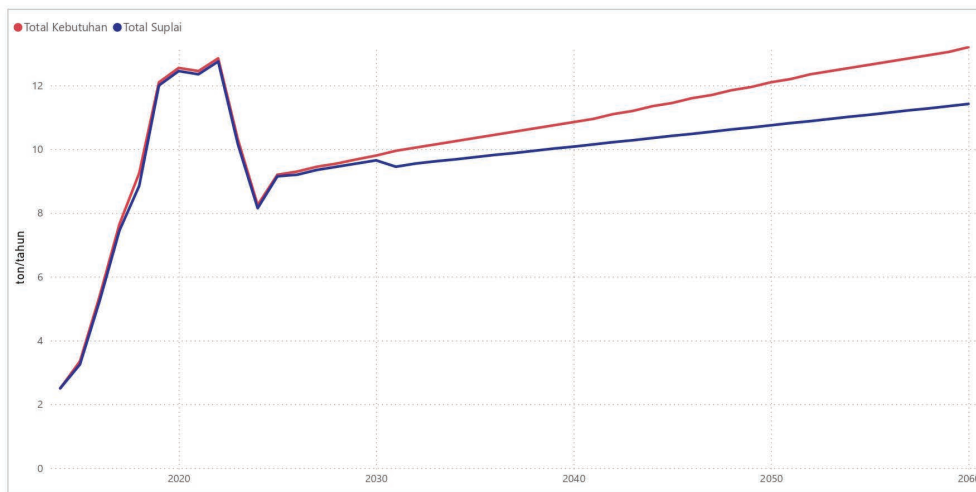
Ekspor CPO Total (dalam ton/tahun)



Analisis Rantai Pasok Biodiesel oleh Purnomo Yusgiantoro Center, 2026.

(b)

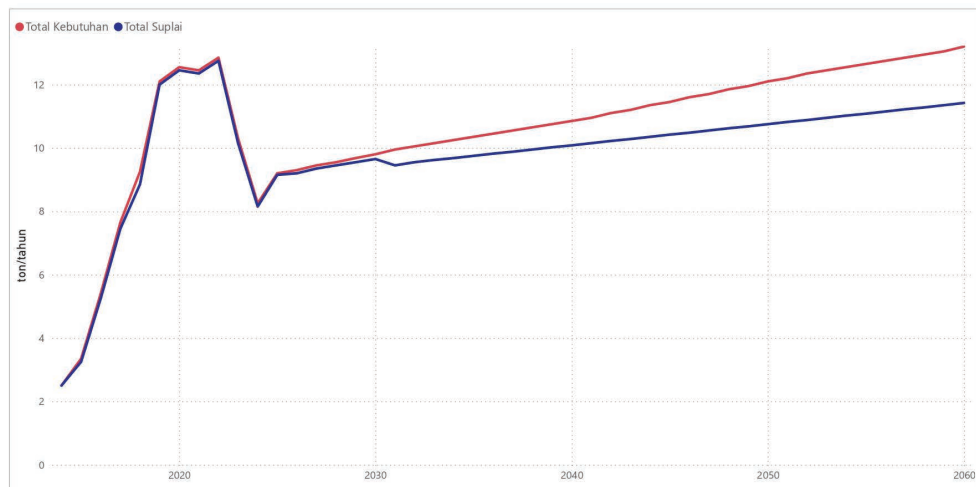
Suplai CPO untuk Pangan dan Oleokimia (dalam ton/tahun)



Analisis Rantai Pasok Biodiesel oleh Purnomo Yusgiantoro Center, 2026.

(c)

Total Suplai CPO untuk Pangan dan Oleokimia (dalam ton/tahun)



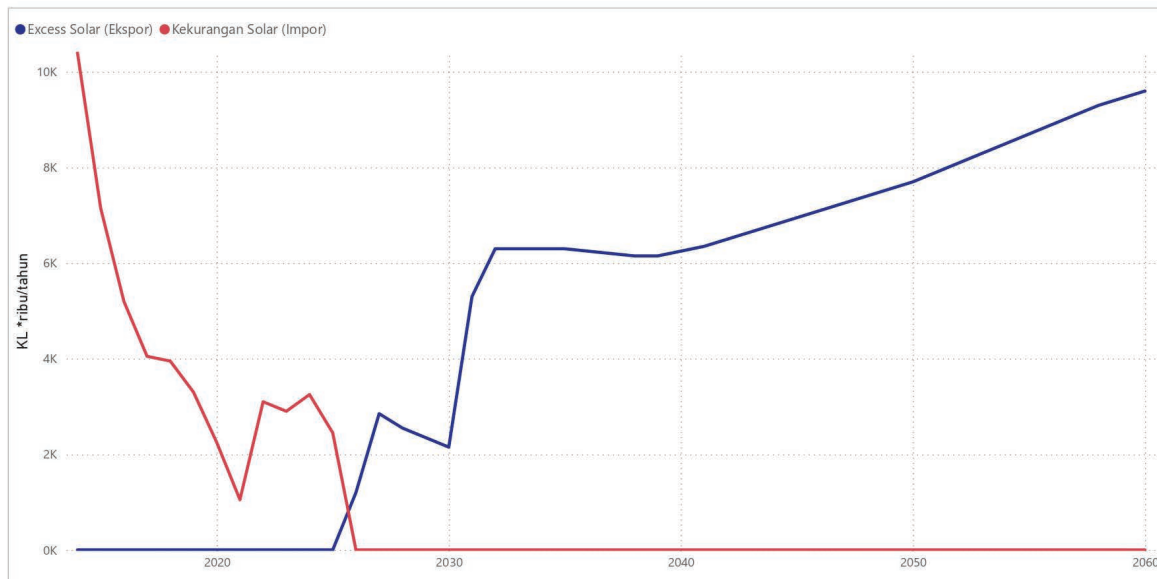
Analisis Rantai Pasok Biodiesel oleh Purnomo Yusgiantoro Center, 2026.

(d)

5.44 Suplai CPO untuk Ekspor serta Pangan dan Oleokimia pada Skenario D2_Blending B60

Pada skenario D2_Blending B60, kelebihan produksi (*excess*) solar lebih besar dibandingkan skenario D2_Blending B50, yaitu sekitar 1.878–9.145 ribu kL/tahun pada periode 2026–2060 (garis biru pada Gambar 5.45). Jika skenario ini terjadi, maka keputusan untuk menaikkan persentase campuran ke B60 juga perlu mempertimbangkan besarnya kelebihan produksi solar tersebut.

Ekspor-Impor Solar (dalam KL*ribu/tahun)

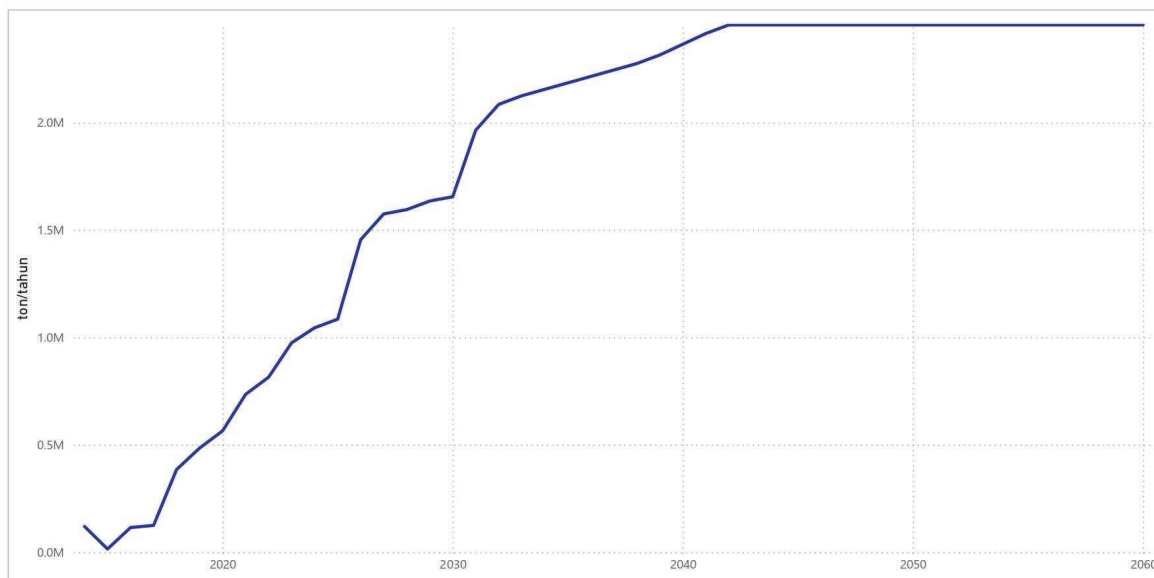


Analisis Rantai Pasok Biodiesel oleh Purnomo Yusgiantoro Center, 2026.

5.45 Ekspor-Impor Solar pada Skenario D2_Blending B60

Berdasarkan skenario ini, impor metanol berada di angka 1,43–2,44 juta ton/tahun mulai tahun 2026 (Gambar 5.46).

Impor Metanol (dalam ton/tahun)



Analisis Rantai Pasok Biodiesel oleh Purnomo Yusgiantoro Center, 2026.

Gambar 5.46 Impor Metanol pada Skenario D2_Blending B60

Dari beberapa penjelasan di atas, terdapat beberapa catatan dalam implementasi skenario B60 pada Tabel 5.11 berikut.

Tabel 5.11 Catatan pada Skenario Implementasi B60 Skenario D2_Blending B60

No.	Beberapa Aspek pada Skenario B60	Keterangan
1	Kapasitas Produksi dan Lahan Kapasitas produksi (<i>blending</i>) biodiesel Kapasitas produksi FAME Kapasitas produksi CPO Lahan sawit produktif (TM)	Tidak mampu memenuhi permintaan mulai tahun: - 2030 2033 2026
2	Kelebihan produksi solar	1.878–9.145 ribu kL/tahun pada tahun 2026–2060
3	Impor metanol	1,43–2,44 juta ton/tahun mulai tahun 2026

5.2.3.3. Skenario Kebijakan pada Persentase *Blending* B70, B80, dan B90

Pada skenario B70–B80, penjelasan terkait berbagai aspek rantai pasok biodiesel pada dasarnya sama dengan skenario-skenario sebelumnya. Oleh karena itu, pada skenario ini hanya disajikan tabel ringkasannya pada Tabel 5.12 berikut.

Tabel 5.12 Catatan pada Skenario Implementasi B60, B70, dan B90 Skenario D2_Blending B60, B70, dan B90

No.	Beberapa Aspek pada Skenario B60	B70	B80	B90
1	Kapasitas Produksi dan Lahan Kapasitas produksi (<i>blending</i>) biodiesel Kapasitas produksi FAME Kapasitas produksi CPO Lahan sawit produktif (TM)	Tidak mampu memenuhi permintaan mulai tahun: - 2030 2033 2026	- 2030 2033 2026	2030 2033 2026
2	Kelebihan produksi solar	1.878–12.601 ribu kL/tahun	1.878–16.059 ribu kL/tahun	1.429–19.517 ribu kL/tahun
3	Impor metanol	1,07–2,4 juta ton/tahun	1,07–2,7 juta ton/tahun	1,07–2,95 juta ton/tahun

Dapat dilihat bahwa meskipun permintaan biodiesel diturunkan mulai tahun 2030, penerapan B60 dan peningkatan persentase campuran biodiesel mulai tahun 2031 tetap menimbulkan permintaan yang tinggi pada berbagai lini rantai pasok, terutama pada aspek lahan dan kapasitas produksi FAME. Selain itu, persentase campuran B50–B60 juga menimbulkan isu yang cukup serius terkait kelebihan produksi solar dan kebutuhan impor metanol.

5.2.3.4. Target Skenario Kebijakan pada Persentase *Blending* B50

Penerapan persentase *blending* B50 mengharuskan peningkatan dari sisi kapasitas produksi CPO dan produktivitas lahan. Sementara kapasitas produksi biodiesel, FAME, dan luas lahan tidak diperlukan peningkatan. Artinya pada skenario ini, peningkatan produktivitas lahan dan kapasitas produksi CPO dapat menutupi kekurangan suplai bahan baku di bagian hilir.

Tabel 5.13 Target Minimal pada Skenario D2_ *Blending* B50

Aspek	2025 (<i>baseline</i>)	2030	2040	2050	2060
Skenario B50					
Kapasitas produksi (<i>blending</i>) biodiesel [ribuKL/tahun]	49.985	49.985	49.985	49.985	49.895
Kapasitas produksi FAME [ribuKL/tahun]	23.000	23.000	23.000	23.000	23.000
Kapasitas produksi solar [ribuKL/tahun]	22.974	22.974	22.974	22.974	22.974
Kapasitas produksi CPO [juta ton/tahun]	56,77	56,77	65,49	72,40	79,70
Produktivitas TBS Lahan Sawit Swasta [ton/Ha/tahun]	18,39	19,00	19,20	19,80	20,00
Produktivitas TBS Lahan Sawit Negara [ton/Ha/tahun]	22,39	22,39	22,39	22,39	22,39
Produktivitas TBS Lahan Sawit Rakyat [ton/Ha/tahun]	15,89	15,89	15,89	15,89	16,30
Peremajaan lahan sawit swasta [Ha/tahun]	194	Mengikuti skenario <i>baseline</i> sebesar 194 Ha/tahun			
Peremajaan lahan sawit negara [Ha/tahun]	48	Mengikuti skenario <i>baseline</i> sebesar 48 Ha/tahun			
Peremajaan lahan sawit rakyat [Ha/tahun]	63	Mengikuti skenario <i>baseline</i> sebesar 63 Ha/tahun			
Ekstensifikasi lahan sawit swasta [Ha/tahun]	0	0	0	0	0

Aspek	2025 (baseline)	2030	2040	2050	2060
Skenario B50					
Ekstensifikasi lahan sawit negara [Ha/tahun]	0	0	0	0	0
Ekstensifikasi lahan sawit rakyat [Ha/tahun]	0	0	0	0	0

Pada skenario ini, kapasitas produksi (*blending*) biodiesel, FAME, dan solar tidak memerlukan peningkatan lagi karena kapasitas produksi yang ada sudah dapat memenuhi permintaan biodiesel yang relatif menurun.

5.2.3.5 Target Skenario Kebijakan pada Persentase *Blending* B60

Penerapan persentase campuran B60 mengharuskan peningkatan beberapa aspek sebagai berikut.

Tabel 5.14 Target Minimal pada Skenario D2_ *Blending* B60

Aspek	2025 (baseline)	2030	2040	2050	2060
Skenario B60					
Kapasitas produksi (<i>blending</i>) biodiesel [ribuKL/tahun]	49.985	49.985	49.985	49.985	49.895
Kapasitas produksi FAME [ribuKL/tahun]	23.000	25.000	25.200	25.200	25.200
Kapasitas produksi solar [ribuKL/tahun]	22.974	22.974	22.974	22.974	22.974
Kapasitas produksi CPO [juta ton/tahun]	56,77	56,77	60,68	62,68	63,68
Produktivitas TBS Lahan Sawit Swasta [ton/Ha/tahun]	18,39	19,8	21,00	22,00	22,00
Produktivitas TBS Lahan Sawit Negara [ton/Ha/tahun]	22,39	22,60	23,00	23,50	23,80
Produktivitas TBS Lahan Sawit Rakyat [ton/Ha/tahun]	15,89	16,00	16,80	17,30	17,50

Aspek	2025 (<i>baseline</i>)	2030	2040	2050	2060
Skenario B60					
Peremajaan lahan sawit swasta [Ha/tahun]	194	Mengikuti skenario <i>baseline</i> sebesar 194 Ha/tahun			
Peremajaan lahan sawit negara [Ha/tahun]	48	Mengikuti skenario <i>baseline</i> sebesar 48 Ha/tahun			
Peremajaan lahan sawit rakyat [Ha/tahun]	63	Mengikuti skenario <i>baseline</i> sebesar 63 Ha/tahun			
Ekstensifikasi lahan sawit swasta [Ha/tahun]	0	0	0	0	0
Ekstensifikasi lahan sawit negara [Ha/tahun]	0	0	0	0	0
Ekstensifikasi lahan sawit rakyat [Ha/tahun]	0	0	0	0	0

Kapasitas produksi FAME dan CPO serta produktivitas lahan perlu ditingkatkan, sementara aspek lainnya masih dapat dipenuhi berdasarkan asumsi pada skenario *baseline*.

5.2.3.6. Target Skenario Kebijakan pada Persentase *Blending* B70, B80, dan 90

Penerapan persentase campuran B70, B80, dan B90 mengharuskan peningkatan beberapa aspek sebagai berikut.

Tabel 5.15 Target Minimal pada Skenario D2_ *Blending* B70

Aspek	2025 (<i>baseline</i>)	2030	2040	2050	2060
Skenario B70					
Kapasitas produksi (<i>blending</i>) biodiesel [ribuKL/tahun]	49.985	49.985	49.985	49.985	49.895
Kapasitas produksi FAME [ribuKL/tahun]	23.000	25.000	30.000	30.000	30.000

Aspek	2025 (<i>baseline</i>)	2030	2040	2050	2060
Skenario B70					
Kapasitas produksi solar [ribuKL/tahun]	22.974	22.974	22.974	22.974	22.974
Kapasitas produksi CPO [juta ton/tahun]	56,77	56,77	65,68	66,68	66,68
Produktivitas TBS Lahan Sawit Swasta [ton/Ha/tahun]	18,39	20,00	22,00	23,50	24,00
Produktivitas TBS Lahan Sawit Negara [ton/Ha/tahun]	22,39	22,50	23,60	24,00	25,00
Produktivitas TBS Lahan Sawit Rakyat [ton/Ha/tahun]	15,89	16,00	17,00	17,80	18,00
Peremajaan lahan sawit swasta [Ha/tahun]	194	Mengikuti skenario <i>baseline</i> sebesar 194 Ha/tahun			
Peremajaan lahan sawit negara [Ha/tahun]	48	Mengikuti skenario <i>baseline</i> sebesar 48 Ha/tahun			
Peremajaan lahan sawit rakyat [Ha/tahun]	63	Mengikuti skenario <i>baseline</i> sebesar 63 Ha/tahun			
Ekstensifikasi lahan sawit swasta [Ha/tahun]	0	0	0	0	0
Ekstensifikasi lahan sawit negara [Ha/tahun]	0	0	0	0	0
Ekstensifikasi lahan sawit rakyat [Ha/tahun]	0	0	0	0	0

Bab ini merumuskan implikasi kebijakan dari keseluruhan temuan kajian mengenai rantai pasok biodiesel Indonesia. Rekomendasi dalam bab ini dibangun di atas tiga landasan. Pertama, biodiesel tetap merupakan instrumen strategis bagi penguatan ketahanan energi, pengurangan impor solar, hilirisasi sawit, dan penurunan emisi sektor transportasi. Kedua, peningkatan *blending* tidak dapat diperlakukan sebagai target administratif yang berdiri sendiri karena keberhasilannya sangat ditentukan oleh kecukupan bahan baku, kapasitas konversi, infrastruktur distribusi, kesiapan teknologi, dan keberlanjutan pembiayaan. Ketiga, hasil pemodelan menunjukkan bahwa tanpa intervensi terintegrasi, eskalasi *mandatory* di atas B40 justru akan mempercepat munculnya ketidakseimbangan dalam sistem *mandatory*. Pendekatan ini sejalan dengan literatur transisi biofuel yang menekankan bahwa pengembangan bahan bakar nabati tidak hanya bergantung pada target permintaan, tetapi pada konsistensi seluruh rantai nilai, yaitu pasokan bahan baku, kapasitas pengolahan, infrastruktur distribusi, dan *enabling conditions* kebijakan.

Dalam kerangka itu, rekomendasi dari hasil studi ini adalah: Indonesia sebaiknya mempertahankan *mandatory* B40 sebagai *baseline* operasional pada jangka pendek hingga menengah, sampai prasyarat struktural untuk eskalasi di atas B40 benar-benar terpenuhi dan terverifikasi. Pilihan ini bukan bentuk kehati-hatian yang pasif, melainkan strategi transisi yang lebih kredibel untuk menjaga agar agenda biodiesel tetap berkelanjutan secara teknis, ekonomis, fiskal, dan lingkungan hidup.

BAB 6

KESIMPULAN DAN REKOMENDASI

Kesimpulan

Kajian ini menunjukkan bahwa Indonesia memiliki fondasi yang kuat untuk mempertahankan biodiesel sebagai instrumen kebijakan energi nasional. Posisi Indonesia sebagai produsen sawit terbesar dunia, kapasitas industri FAME yang besar, pengalaman implementasi *mandatory blending* yang telah berkembang bertahap hingga B40, serta dukungan skema insentif BPDP, memberikan basis kelembagaan dan industrial yang relatif kuat dibanding banyak negara lain. Pada 2025, program biodiesel juga telah dikaitkan dengan penurunan impor BBM sekitar 3,3 juta kL, penghematan devisa sekitar Rp130,12 triliun, peningkatan nilai tambah CPO sekitar Rp20,43 triliun, serta penurunan emisi sekitar 38,88 juta ton CO₂ ekuivalen. Selain itu, alokasi pengadaan biodiesel meningkat dari 9,59 juta kL pada 2020 menjadi 15,62 juta kL pada 2025, mencerminkan besarnya kapasitas implementasi program ini.

Namun, temuan dari hasil pemodelan *system dynamics* pada kajian ini justru menunjukkan bahwa kekuatan tersebut belum cukup untuk mendukung eskalasi *blending* secara otomatis ke B50 dan di atasnya.

- Rasio *supply-demand*:
 - Pada skenario *baseline* B40, rasio *supply-demand* biodiesel masih dapat dipertahankan di atas 100 persen sampai sekitar 2042.
 - Pada skenario kebijakan I B50 hingga B90, rasio tersebut turun di bawah 100 persen sejak sekitar 2030. Pada skenario kebijakan II B50 hingga B90, rasio turun di bawah 100 persen sejak 2037.
 - Dapat disimpulkan bahwa peningkatan *blending* di atas B40 dalam struktur sistem saat ini akan mempercepat munculnya defisit biodiesel, bukan memperkuat ketahanan pasokan. Dengan kata lain, agenda peningkatan *blending* perlu diiringi penguatan fondasi sistem biodiesel agar target ambisius seperti B50 dan di atasnya dapat dicapai tanpa menimbulkan tekanan baru terhadap ketahanan pasokan.

- Kendala sisi hulu:
 - Pada skenario B40, lahan sawit produktif tidak lagi mampu memenuhi kebutuhan mulai sekitar 2030, sedangkan kebutuhan TBS sudah melampaui produksi setelah 2025.
 - Pada skenario B50, faktor pembatas utama juga muncul dari keterbatasan TBS dan lahan sawit produktif, yang kemudian menekan suplai CPO untuk FAME sejak 2030. Setelah itu, hambatan bergeser dan meluas ke kapasitas produksi CPO pada 2035, kapasitas produksi FAME pada 2036, dan kapasitas biodiesel/*blending* pada 2042.
 - Pada skenario B60, tekanan sistem menjadi lebih berat karena kapasitas FAME sudah menjadi pembatas sejak 2030, kapasitas CPO sejak 2033, dan *blending* biodiesel tetap terlampaui pada 2042.
 - Untuk skenario B70 hingga B90, penurunan suplai biodiesel menjadi semakin tajam, terutama karena kapasitas produksi FAME tidak dapat mengimbangi kenaikan kebutuhan.
- Risiko *trade-off* lintas sektor.
 - Struktur penggunaan CPO saat ini menunjukkan sekitar 51,04% dialokasikan untuk ekspor, 25,4% untuk FAME, 19,4% untuk pangan, dan 4,2% untuk oleokimia.
 - Ketika kebutuhan FAME meningkat dalam kondisi pasokan CPO yang terbatas, model memperlihatkan bahwa kekurangan pasokan tidak hanya terjadi pada FAME, tetapi juga menekan ekspor serta sektor pangan dan oleokimia.
 - Eskalasi *blending* membawa konsekuensi distribusional, dimana pengurangan impor solar memang mungkin terjadi, tetapi di saat yang sama tekanan terhadap ekspor, industri hilir sawit, dan kestabilan pasokan domestik meningkat.
- Kendala sisi industri antara (*intermediate*)
 - Kapasitas terpasang FAME nasional secara teknis cukup besar, tetapi kecukupan kapasitas agregat tidak serta-merta berarti kecukupan sistem.
 - Pada 2025, kapasitas produksi FAME nasional berada di kisaran 18,1 juta kL, sedangkan kebutuhan B40 memerlukan peningkatan utilisasi hingga sekitar 90 persen.
 - Dalam skenario B50, kapasitas FAME baru menjadi pembatas sekitar 2036, tetapi pada skenario B60, *bottleneck* ini maju ke 2030.
 - Temuan target minimal dalam simulasi juga menunjukkan bahwa agar B50 dapat dipenuhi secara berkelanjutan hingga 2060, kapasitas FAME perlu naik dari 23 ribu kL menjadi sekitar 32,46 ribu kL, sedangkan untuk B60 perlu meningkat lebih tinggi menjadi sekitar 38,947 ribu kL.
 - Kapasitas produksi CPO perlu naik dari 56,77 juta ton menjadi sekitar 75,36 juta ton untuk B50 dan 79,70 juta ton untuk B60, disertai lonjakan produktivitas TBS, terutama di kebun swasta dan negara.

- Kendala pada sisi bahan pendukung proses
 - Produksi biodiesel berbasis FAME sangat bergantung pada metanol, sedangkan kapasitas produksi metanol domestik hanya sekitar 660 ribu ton per tahun dan bertumpu pada satu produsen utama.
 - Penerapan B50 diproyeksikan memerlukan impor metanol sekitar 1,43–2 juta ton per tahun mulai 2026. Pada B60, kebutuhan impor naik menjadi sekitar 1,43–2,4 juta ton, dan pada B70–B90 meningkat lebih jauh menjadi sekitar 2,88–3,76 juta ton per tahun.
 - Dengan demikian, tanpa strategi industrial yang jelas, peningkatan *blending* di atas B40 berisiko menggantikan sebagian ketergantungan terhadap impor solar dengan ketergantungan baru terhadap impor metanol.

- Kendala pada sisi hilir
 - Distribusi biodiesel nasional bergantung pada jaringan 62 titik serah dan 18 titik suplai, dengan rata-rata ongkos angkut sekitar Rp413,1 per liter dan biaya tertinggi mencapai Rp1.570 per liter untuk rute Dumai-Kasim di Papua Barat.
 - Dari 124 *fuel terminal*, baru 35 yang siap menerima FAME, sedangkan penyesuaian infrastruktur tambahan diperkirakan memerlukan 2–4 tahun, kecuali apabila *inline blending* dapat diperluas secara signifikan.
 - Hal ini menunjukkan bahwa hambatan implementasi B50 bukan sekadar persoalan volume, tetapi juga persoalan kesiapan terminal, tangki, dermaga, moda angkut, dan pengelolaan mutu distribusi di negara kepulauan dengan ketimpangan spasial yang tinggi.

- Kendala pada aspek teknis penggunaan.
 - Kualitas solar domestik yang masih didominasi standar Euro 2, nilai kalor biodiesel yang lebih rendah, risiko higroskopis, isu kompatibilitas material, serta potensi peningkatan biaya operasional dan *maintenance*, menjadikan *blending* tinggi sebagai isu teknis yang harus dikelola hati-hati.
 - Pengujian B50 masih memerlukan *roadmap* dan waktu adaptasi yang memadai; industri manufaktur diperkirakan memerlukan 3–4 tahun untuk menyesuaikan desain mesin terhadap pencampuran yang lebih tinggi.
 - Perlu menyiapkan *renewable diesel* atau HVO skala komersial, untuk diposisikan sebagai drop-in fuel yang dapat digunakan murni atau dicampur, dan kompatibel dengan infrastruktur serta mesin diesel eksisting sehingga relevan sebagai opsi mitigasi teknis dalam tahap lanjutan kebijakan biodiesel Indonesia.

- *Trade-off* fiskal
 - Peningkatan *blending* dapat menekan impor solar, namun, kebutuhan insentif biodiesel melalui BPDP meningkat ketika selisih antara HIP biodiesel dan HIP solar melebar. Sehingga, ketika permintaan FAME meningkat dan potensi ekspor CPO tertekan, kebutuhan insentif bisa meningkat, sedangkan basis pendanaan berisiko melemah.
 - Bila BPDP tidak lagi mampu menutup selisih HIP, kebutuhan pendanaan dapat merembet ke APBN. Kondisi ini berpotensi menambah tekanan terhadap APBN, mengingat subsidi dan kompensasi solar saat ini sudah menjadi beban fiskal yang signifikan. Dengan demikian, keberlanjutan program biodiesel tidak hanya ditentukan oleh keekonomian energi, tetapi juga oleh ketahanan arsitektur pembiayaannya.

Secara keseluruhan, kesimpulan utama kajian ini adalah bahwa *mandatory* biodiesel tetap layak dipertahankan sebagai instrumen strategis, tetapi eskalasi di atas B40 belum layak diperlakukan sebagai agenda otomatis. Prioritas kebijakan saat ini seharusnya bukan mempercepat kenaikan *blending*, melainkan menutup *bottleneck* sistemik yang membuat kenaikan tersebut belum *sustain* secara pasokan, teknis, dan fiskal. Atas dasar itu, rekomendasi utama bab ini adalah mempertahankan *mandatory* B40 sebagai *baseline* operasional sampai prasyarat struktural untuk eskalasi di atasnya telah terpenuhi dan dapat dibuktikan secara meyakinkan.

Rekomendasi

Rekomendasi utama:

Mempertahankan *mandatory* B40 sebagai *baseline* operasional biodiesel Indonesia dalam jangka pendek hingga menengah hingga prasyarat struktural terpenuhi

Hal ini disebabkan rasio *supply-demand* biodiesel baru turun di bawah 100% sekitar 2042, sedangkan pada B50 hingga B90 defisit muncul jauh lebih dini, yaitu sekitar tahun 2030. Dengan kata lain, B40 bukan sekadar *status quo*, tetapi merupakan titik operasi yang saat ini masih paling konsisten dengan kapasitas riil sistem. Eskalasi *mandatory* di atas B40 sebaiknya hanya dipertimbangkan setelah pemerintah dapat membuktikan bahwa kecukupan bahan baku, kapasitas FAME, kapasitas *blending*, kesiapan logistik, keamanan pasokan metanol, kompatibilitas mesin, dan daya dukung pembiayaan telah meningkat secara nyata.

Dalam kerangka ini, *mandatory* B40 sebaiknya diposisikan sebagai *baseline* operasional yang stabil, bukan sebagai tahap transisi otomatis menuju B50. Pendekatan ini memberikan dua manfaat kebijakan sekaligus. Pertama, menjaga

kredibilitas kebijakan energi dengan menghindari target yang lebih cepat daripada kemampuan sistem untuk memenuhinya. Kedua, memberi ruang bagi pemerintah dan industri untuk mengarahkan investasi pada *bottleneck* yang paling menentukan, alih-alih membagi sumber daya pada ekspansi *demand* yang belum memiliki pondasi pasokan yang cukup.

1. Mengalihkan fokus kebijakan dari eskalasi *blending* ke penguatan produktivitas hulu

Agenda kebijakan penyerta yang paling mendesak adalah memperkuat sisi hulu sawit, karena *bottleneck* awal dalam hampir seluruh skenario peningkatan *blending* berasal dari keterbatasan TBS, lahan sawit produktif, dan suplai CPO untuk FAME. Temuan kajian menunjukkan bahwa pada B40 pun lahan sawit produktif tidak lagi cukup mulai sekitar 2030, sedangkan akar masalah yang diidentifikasi dalam laporan mencakup rendahnya produktivitas lahan, lambatnya PSR, dan keberadaan sekitar 26,22% lahan yang masih belum menghasilkan atau tidak produktif. Oleh sebab itu, prioritas utama kebijakan harus bergeser dari sekadar menaikkan persentase *blending*, menjadi menaikkan produktivitas sistem hulu.

Langkah operasionalnya perlu meliputi percepatan PSR, peningkatan produktivitas kebun rakyat melalui dukungan pembiayaan, bibit unggul, tata kelola plasma-*offtaker* yang lebih baik, serta penguatan data spasial dan *monitoring* terhadap status lahan produktif. Temuan target minimal simulasi juga menunjukkan bahwa pada skenario B50, pemenuhan biodiesel jangka panjang mensyaratkan peningkatan produktivitas TBS kebun swasta hingga sekitar 26 ton/ha/tahun, kebun negara 26 ton/ha/tahun, dan kebun rakyat 19 ton/ha/tahun pada 2060. Ini berarti jalur kebijakan yang paling realistis bukan ekspansi lahan baru, melainkan intensifikasi produktivitas yang terukur dan berkelanjutan.

2. Membangun tata kelola alokasi CPO yang lebih eksplisit, transparan, dan antisipatif

Karena struktur penggunaan CPO saat ini masih didominasi ekspor, kebijakan biodiesel tidak dapat dilepaskan dari tata kelola alokasi bahan baku. Model menunjukkan bahwa peningkatan *blending* di atas B40 memperbesar kompetisi antara FAME, ekspor, pangan, dan oleokimia. Dalam kondisi pasokan terbatas, tekanan tersebut tidak hanya menurunkan ruang ekspor, tetapi juga berpotensi menekan sektor hilir domestik lainnya. Untuk itu, pemerintah perlu membangun mekanisme tata kelola alokasi CPO yang lebih eksplisit, berbasis data, dan dapat diprediksi oleh pelaku usaha.

Secara praktis, ini memerlukan penetapan kerangka alokasi CPO untuk FAME yang transparan, disertai mekanisme evaluasi *trade-off* terhadap ekspor, pangan, dan oleokimia. Kebijakan ini penting bukan hanya untuk menjamin pasokan FAME, melainkan juga untuk melindungi basis pungutan ekspor yang selama ini menopang pembiayaan BPDP. Tanpa kerangka alokasi yang jelas, peningkatan *blending* berisiko menciptakan ketidakpastian harga, tekanan pada industri hilir sawit, dan volatilitas yang justru melemahkan keberlanjutan program biodiesel itu sendiri.

3. Mempercepat kesiapan infrastruktur *blending*, terminal, dan distribusi nasional

Agenda penyerta berikutnya adalah mempercepat kesiapan infrastruktur, karena implementasi *mandatory* tidak hanya ditentukan oleh volume FAME yang tersedia, tetapi juga oleh kemampuan sistem distribusi untuk menerima, menyimpan, mencampur, dan menyalurkan biodiesel secara konsisten. Temuan kajian menunjukkan bahwa dari 124 *fuel terminal*, baru 35 yang siap menerima FAME, sedangkan pembangunan infrastruktur tambahan diperkirakan memerlukan 2-4 tahun. Pada saat yang sama, distribusi nasional masih dibayangi disparitas biaya logistik yang besar, dengan ongkos angkut rata-rata Rp413,1/liter dan puncak Rp1.570/liter untuk rute ke wilayah timur Indonesia.

Atas dasar itu, pemerintah dan Pertamina perlu memperlakukan investasi pada terminal, tangki, jalur penerimaan, dermaga, moda angkut, dan penguatan *inline blending* sebagai prasyarat implementasi, bukan sebagai penyesuaian yang dilakukan setelah *mandatory* ditingkatkan. Pendekatan ini perlu diprioritaskan, terutama pada wilayah yang saat ini menghadapi biaya logistik tertinggi dan pada titik distribusi yang paling rentan terhadap kontaminasi, ketidaksesuaian mutu, serta keterlambatan suplai. Dalam konteks negara kepulauan, efisiensi logistik bukan isu operasional minor, melainkan salah satu penentu utama keekonomian mandatori biodiesel.

4. Mengamankan pasokan metanol dan mengurangi ketergantungan impor input proses

Kajian ini menunjukkan bahwa metanol merupakan titik lemah strategis dalam rantai pasok biodiesel Indonesia. Ketergantungan pada satu produsen domestik dan kebutuhan impor yang melonjak pada skenario B50 ke atas, berarti keberhasilan program biodiesel sangat sensitif terhadap gangguan harga dan pasokan eksternal. Oleh karena itu, sebelum mempertimbangkan eskalasi *mandatory* di atas B40, pemerintah perlu memperlakukan metanol sebagai komoditas penopang ketahanan energi, bukan sekadar bahan baku kimia industri.

Kebijakan yang diperlukan mencakup pengembangan kapasitas produksi metanol domestik, diversifikasi sumber pasokan, dan penyiapan strategi hilirisasi yang realistis. Langkah ini penting agar penurunan impor solar tidak dibayar dengan penciptaan ketergantungan baru yang lebih besar pada impor input proses. Dalam bahasa kebijakan, keberhasilan substitusi energi seharusnya diukur bukan hanya dari berapa besar impor yang dikurangi pada satu komoditas, tetapi dari seberapa besar keseluruhan sistem energi menjadi lebih *resilient* terhadap gangguan eksternal.

5. Menyiapkan *roadmap* teknis pasca-B40, termasuk HVO, standar mutu, dan kesiapan mesin

Kenaikan *blending* di atas B40 tidak dapat diputuskan hanya berdasarkan kecukupan pasokan. Temuan kajian menegaskan adanya risiko teknis yang nyata, mulai dari kualitas solar domestik yang masih Euro 2, penurunan performa mesin, risiko kompatibilitas material, penurunan umur filter, hingga kebutuhan memperketat parameter mutu, seperti kandungan air, monogliserida, dan stabilitas oksidasi. Oleh karena itu, pemerintah perlu menyusun *roadmap* teknis pasca-B40 yang mengintegrasikan pengujian lintas sektor, peningkatan standar mutu, dan penyiapan jalur teknologi yang lebih kompatibel.

Dalam konteks ini, HVO perlu mulai diposisikan sebagai bagian dari desain kebijakan jangka menengah untuk mencapai *blending* biodiesel di atas 40. IEA menegaskan bahwa *renewable diesel*/HVO dapat digunakan sebagai bahan bakar *drop-in* yang kompatibel dengan mesin diesel dan infrastruktur eksisting. Artinya, HVO dapat berfungsi sebagai jembatan kebijakan untuk menurunkan risiko teknis yang melekat pada pencampuran FAME murni pada level tinggi (diatas 35–40%). Oleh karena itu, bila Indonesia ingin membuka opsi pasca-B40 secara lebih aman, investasi pada *biorefinery*, *co-processing*, dan jalur HVO perlu dimulai lebih dini, bukan menunggu sampai *mandatory* tinggi telah memunculkan masalah teknis di lapangan.

6. Memperkuat arsitektur pembiayaan dan manajemen risiko fiskal program biodiesel

Keberlanjutan program biodiesel tidak hanya soal teknologi dan bahan baku, tetapi juga soal pembiayaan. Temuan kajian dengan jelas menunjukkan bahwa eskalasi *blending* menurunkan impor solar, tetapi di saat yang sama meningkatkan kebutuhan insentif BPDP. Risiko ini menjadi lebih serius karena pembiayaan BPDP sangat bergantung pada pungutan ekspor CPO, sedangkan peningkatan *blending* justru menambah tekanan

pada ruang ekspor. Dengan demikian, pemerintah perlu memperkuat arsitektur pembiayaan program biodiesel agar tidak menghadapi *fiscal spillover* ketika selisih HIP melebar atau pungutan ekspor melemah.

Langkah konkretnya mencakup *stress test* pendanaan BPDP terhadap berbagai skenario harga CPO dan minyak, evaluasi formula insentif, pengembangan mekanisme penyangga, dan penyesuaian formula harga agar lebih mendekati keekonomian. Ini penting agar *mandatory biodiesel* tetap menjadi instrumen kebijakan industri-energi yang kredibel, bukan berkembang menjadi kewajiban kuasi-fiskal yang sewaktu-waktu harus diselamatkan oleh APBN.

7. Menggunakan pendekatan *milestone-based*, bukan *target-based*, untuk keputusan eskalasi berikutnya

Pelajaran utama dari hasil kajian ini adalah kebijakan *blending* sebaiknya tidak lagi dinaikkan berdasarkan logika target tahunan yang linier. Keputusan menuju B50 dan di atasnya perlu diambil dengan pendekatan *milestone-based*, yakni hanya dilakukan setelah indikator prasyarat tertentu telah tercapai. Indikator tersebut paling tidak mencakup kecukupan TBS dan lahan sawit produktif, kepastian suplai CPO untuk FAME, kapasitas FAME efektif, kesiapan terminal dan *blending*, keamanan pasokan metanol, hasil uji kompatibilitas mesin, serta keberlanjutan pembiayaan BPDP.

Pendekatan seperti ini akan menghasilkan tata kelola kebijakan yang lebih kredibel dan lebih adaptif. *Mandatory biodiesel* akan tetap bergerak maju, tetapi melalui jalur yang dapat dipertanggungjawabkan secara teknis dan ekonomis. Bagi investor, produsen, operator logistik, industri otomotif, dan pengguna akhir, kepastian seperti ini lebih bernilai daripada target yang ambisius tetapi tidak memiliki basis sistem yang cukup.

Appendix A

Data Bahan Baku Biodiesel Indonesia

Tabel A1
Kinerja Perkebunan Sawit di Indonesia Tahun 2014–2025²⁹

Tahun	Luas Areal (Ha)	Produktivitas Sawit per Luas Areal (Ton/Ha)	Produksi CPO (Ton)
2014	10.754.801	3,65	29.278.190
2015	11.260.276	3,63	31.070.015
2016	11.201.465	3,41	31.730.961
2017	14.048.722	3,51	37.965.224
2018	14.326.350	3,74	42.883.631
2019	14.456.611	4,03	47.120.247
2020	14.586.597	4,05	45.741.846
2021	16.833.985	3,99	45.121.480
2022	16.833.985	4,02	46.819.673
2023	16.833.985	3,84	47.084.299
2024*	16.833.986	3,83	47.474.604
2025**	16.833.985	3,78	48.125.005

*Sementara

**Estimasi

Tabel A2
Kinerja Industri Minyak Sawit di Indonesia (ribu ton)³⁰

Uraian	Tahun					
	2019	2020	2021	2022	2023	2024
Produksi CPO	47.180	47.034	46.888	46.729	50.069	48.164
Konsumsi						
Pangan	9.860	8.428	8.954	9.892	10.298	10.205
Biodiesel	5.831	7.226	7.342	9.048	10.647	11.447
Oleokimia	1.056	1.695	2.126	2.200	2.268	2.207
Ekspor	37.389	34.007	33.123	33.151	32.215	29.536

²⁹Direktorat Jenderal Perkebunan. 2025. Buku Statistik Perkebunan 2023–2025.

³⁰Gabungan Pengusaha Kelapa Sawit Indonesia (GAPKI)

Appendix B
Data Produksi Biodiesel Indonesia

Tabel B1
Alokasi Volume untuk Pengadaan Biodiesel

Keputusan Menteri ESDM	Tahun	Volume (kL)
199.K/20/MEM/2019	2020	9.590.131
252.K/10/MEM/2020	2021	9.200.000
160.K/EK.05/DJE/2022	2022	11.025.604
205.K/EK.05/DJE/2022	2023	13.148.595
177.K/EK.05/DJE.B/2024	2024	13.404.710
345.K/EK.01/MEM.E/2024	2025	15.616.586
	2025 PSO	7.554.000
	2025 Non-PSO	8.062.586
439.K/EK.01/MEM.E/2025	2026	15.646.732
	2026 PSO	7.454.600
	2026 Non-PSO	8.191.772

Appendix C
Analisis SWOT dalam Rantai Pasok Biodiesel

Tabel C1
Hasil Analisis Potensi Rantai Pasok Biodiesel

Hasil Analisis	Deskripsi
Kekuatan (<i>Strengths</i>)	<ol style="list-style-type: none"> 1. Indonesia memiliki pasokan sawit besar dan merupakan produsen biodiesel berbasis sawit terbesar di dunia. 2. Kapasitas industri biodiesel nasional besar dan terus berkembang. 3. Kebijakan <i>mandatory blending</i> tertinggi secara global. 4. Skema insentif BPDP menjaga keekonomian biodiesel dan menopang keberlanjutan program tanpa membebani APBN. 5. Infrastruktur <i>blending</i> tersedia di berbagai wilayah seiring perluasan titik serah dan penguatan logistik. 6. Komitmen pemerintah terhadap ketahanan energi, kemandirian energi, serta target penurunan emisi mendorong peningkatan penggunaan biodiesel. 7. Target jangka menengah swasembada energi dan hilirisasi menempatkan biodiesel sebagai salah satu pilihan strategi prioritas pemerintah.
Peluang (<i>Opportunities</i>)	<ol style="list-style-type: none"> 1. <i>Benchmark</i> produktivitas sawit negara lain memberikan peluang meningkatkan suplai TBS tanpa perluasan lahan. 2. Optimalisasi lahan potensial seperti APL, hutan produksi yang dapat dikonversi (HPK), reklamasi tambang, dan bekas <i>food estate</i> untuk pengembangan “kebun energi”. 3. Potensi peningkatan <i>market</i> biodiesel nasional dan regional. 4. Pengembangan HVO sebagai biofuel lanjut yang diintegrasikan melalui <i>co-processing</i> di kilang eksisting. 5. Diversifikasi bahan baku (UCO, <i>Palm Oil Mill Effluent</i>/POME, tanaman non-sawit, biodiesel generasi 2-3) untuk mengurangi ketergantungan pada CPO. 6. Pengembangan industri metanol domestik. 7. Pengembangan inovasi mesin dan peningkatan kompatibilitas teknologi nasional. 8. Optimalisasi penggunaan solar domestik berpotensi menekan impor solar dan memperbaiki neraca energi. 9. Peran <i>biofuel</i> semakin meningkat untuk menjawab tantangan target NZE domestik dan internasional.
<i>Weaknesses</i> (Kelemahan)	<ol style="list-style-type: none"> 1. Produktivitas hulu sawit masih rendah akibat lambatnya PSR dan banyaknya kebun rakyat yang terdiri dari tanaman tua atau tidak produktif. 2. Ketergantungan tinggi pada kelapa sawit sebagai bahan baku utama biodiesel. 3. Ketergantungan pada metanol impor dalam produksi FAME.

Hasil Analisis	Deskripsi
	<ol style="list-style-type: none"> 4. Ketidakkonsistenan penegakan hukum dalam penerapan tata ruang, perizinan, dan ISPO menurunkan kepastian investasi serta memperlambat peningkatan pasokan bahan baku. 5. Kualitas solar domestik masih standar Euro 2 sehingga membatasi fleksibilitas <i>blending</i> dan peluang ekspor. 6. Ketidakseimbangan lokasi produksi CPO/biodiesel dengan pusat konsumsi meningkatkan biaya logistik dan tantangan distribusi antarwilayah. 7. Tantangan teknis pada <i>blending</i> tinggi seperti risiko pengendapan, pemisahan fasa, dan ketidakcocokan material mesin. 8. Program <i>mandatory</i> biodiesel sangat dipengaruhi oleh ketersediaan dana BPDP.
<p><i>Threats</i> (Ancaman)</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Fluktuasi harga CPO dan HIP BBN dapat mengganggu keekonomian biodiesel dan keberlanjutan skema insentif. 2. Persaingan alokasi CPO antara ekspor, pangan, oleokimia, dan biodiesel berpotensi menekan suplai untuk FAME. 3. Ketergantungan impor metanol menciptakan risiko ketahanan suplai jika terjadi gangguan pasar global. 4. Peningkatan <i>blending</i> berpotensi meningkatkan kompleksitas logistik dan kebutuhan infrastruktur <i>blending</i> dan terminal, terutama jika pemisahan PSO dan non-PSO diberlakukan, dapat menghambat implementasi B50. 5. Tekanan regulasi internasional terkait keberlanjutan (ISPO, <i>traceability</i>, deforestasi) dapat memengaruhi akses pasar dan citra minyak sawit. 6. Risiko turunnya pungutan ekspor akibat penurunan ekspor CPO yang menjadi sumber utama pendanaan BPDP. 7. Distribusi biodiesel rentan terhadap hambatan logistik antar pulau dan jarak suplai yang jauh. 8. Perkembangan kendaraan listrik dapat mengurangi permintaan jangka panjang terhadap bahan bakar berbasis diesel. 9. Potensi <i>excess</i> solar akibat peningkatan <i>mandatory</i> biodiesel dapat menekan operasi kilang dan memengaruhi neraca energi. 10. Perubahan iklim dan degradasi lingkungan dapat menurunkan produktivitas CPO.

Appendix D

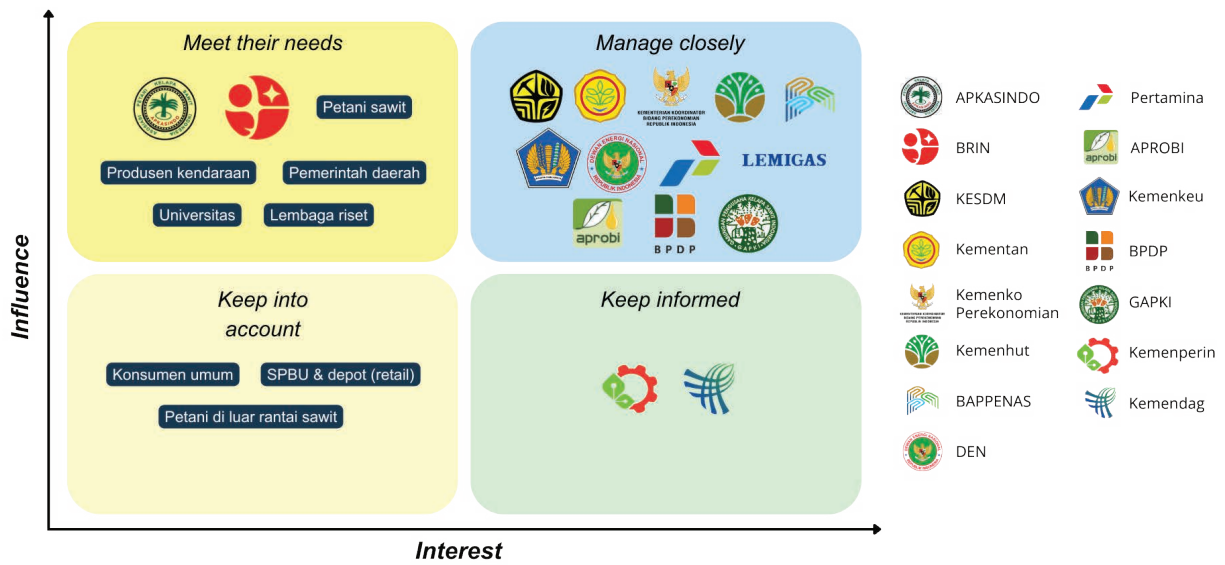
Analisis Pemangku Kebijakan dalam Rantai Pasok Biodiesel

Tabel D1

Pemangku Kepentingan dan Perannya dalam Pengembangan Biodiesel

Pemangku Kebijakan	Peran dan Kepentingan dalam Biodiesel
Kementerian Koordinator Bidang Perekonomian	Mengkoordinasikan perumusan dan implementasi kebijakan lintas kementerian terkait pengembangan biodiesel, termasuk kebijakan <i>mandatory</i> , insentif fiskal, perdagangan, dan industri, guna menjaga konsistensi kebijakan serta stabilitas ekonomi nasional.
Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral	Mengatur <i>mandatory</i> biodiesel, menetapkan HIP, dan menjaga stabilitas suplai serta mutu biofuel nasional.
Kementerian Kehutanan	Mengatur peruntukan dan pemanfaatan kawasan hutan, termasuk pemberian izin dan pengendalian penggunaan lahan untuk pengembangan bahan baku biodiesel, serta memastikan kepatuhan terhadap prinsip keberlanjutan dan pencegahan deforestasi.
Kementerian Keuangan	Melaksanakan pengawasan dan verifikasi ekspor-impor produk biodiesel dan bahan bakunya, termasuk penerapan ketentuan fiskal dan nonfiskal, untuk menjamin kepatuhan regulasi, penerimaan negara, serta mendukung tata niaga biodiesel yang tertib dan transparan.
Kementerian Perencanaan Pembangunan Nasional/ Badan Perencanaan Pembangunan Nasional	Mengintegrasikan pengembangan biodiesel ke dalam perencanaan pembangunan jangka menengah dan panjang (RPJMN/RPJPN), termasuk penetapan target kontribusi biodiesel terhadap transisi energi, ketahanan energi, dan pencapaian komitmen penurunan emisi nasional.
Kementerian Perindustrian	Mendorong pengembangan industri biodiesel, kebijakan DMO, dan investasi teknologi mesin diesel pengguna biodiesel.
Kementerian Pertanian	Mengelola produktivitas sawit menjaga ketersediaan bahan baku biodiesel.
Kementerian Perdagangan	Mengatur tata niaga biodiesel, termasuk ekspor, impor, dan DMO.
Dewan Energi Nasional	Mengarahkan strategi energi nasional dan memastikan kontribusi biodiesel terhadap target bauran EBT.

Pemangku Kebijakan	Peran dan Kepentingan dalam Biodiesel
Badan Pengelola Dana Perkebunan (BPDP)	Menyalurkan insentif biodiesel dari dana sawit untuk menjaga keekonomian program <i>mandatory</i> .
Gabungan Pengusaha Kelapa Sawit Indonesia (GAPKI)	Mewakili industri sawit dalam menjaga stabilitas pasokan CPO dan pemanfaatannya untuk biodiesel.
Asosiasi Petani Kelapa Sawit Indonesia (APKASINDO)	Mengorganisir petani sawit dalam meningkatkan produktivitas TBS serta menjaga harga dan akses pasar.
Asosiasi Produsen Biofuel Indonesia (APROBI)	Mengoordinasikan produsen biodiesel untuk pemenuhan kapasitas produksi, kepatuhan standar, dan realisasi alokasi pemerintah.
Pertamina (RU dan TBBM)	Mengoperasikan fasilitas penerimaan, pencampuran (<i>blending</i>), penyimpanan, dan distribusi biodiesel ke seluruh wilayah Indonesia, serta melakukan investasi sarana dan prasarana untuk meningkatkan kualitas BBM hingga standar Euro 5 melalui revitalisasi kilang dan penyiapan kilang berbasis bahan baku nabati (<i>biorefinery</i>).
BU BBM dan BU BBN	Melaksanakan pengadaan FAME serta penyaluran biodiesel sesuai alokasi <i>mandatory</i> .
LEMIGAS dan BRIN	Melaksanakan pengujian mutu, standardisasi teknis, dan penelitian inovasi biodiesel.
Pemerintah daerah	Mendukung penyediaan infrastruktur, fasilitasi investasi, dan implementasi kebijakan biodiesel di daerah.
Petani sawit	Menyediakan bahan baku utama biodiesel dan menjaga keberlanjutan pasokan di hulu.
Masyarakat/konsumen	Menggunakan biodiesel sebagai bagian dari layanan energi sehari-hari.



Gambar III-9 Matriks Analisis Pemangku Kebijakan (*Interest-Influence*)

Appendix E
Model Testing dalam Pemodelan System Dynamics

Pengetesan model atau secara umum dikenal sebagai proses validasi merupakan proses untuk membangun kredibilitas dan utilitas model. Validasi dimulai dengan keyakinan pemodel terhadap kemampuan model untuk merepresentasikan sistem dunia nyata secara akurat, baik dari segi struktur maupun perilakunya.

Tabel E1
Rencana Uji untuk Model System Dynamics³¹

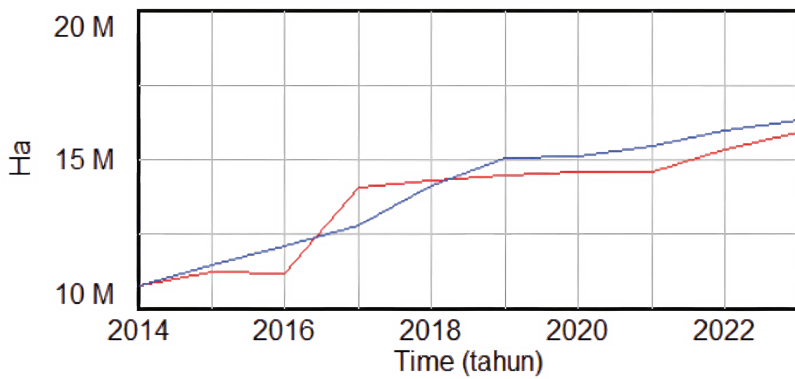
Tema Pengujian	Uji yang Dilakukan	Tujuan Pengujian	Prosedur Pengujian
Struktur	<i>Structure Assessment</i>	Relevansi model yang dikembangkan (CLD dan SFD) dengan dunia nyata	<ul style="list-style-type: none"> Menggunakan referensi dari penelitian/studi terdahulu dalam membangun CLD/SFD Menangkap fenomena transportasi melalui diskusi dengan <i>expert</i> dan <i>internal modeler</i>-klien Menemukanali padanan variabel model dengan fenomena/data dunia nyata Menggambarkan alternatif level agregasi untuk fenomena yang dimodelkan
	<i>Bounday Adequacy</i>	Menguji kecukupan batas model untuk bisa menjawab kebutuhan/pertanyaan penelitian	<ul style="list-style-type: none"> Menggunakan referensi dari penelitian/studi terdahulu dalam membangun CLD/SFD Penyepakatan tentang level agregasi model nasional dan regional berdasarkan kebutuhan, ketersediaan data dan sumber daya
	<i>Dimensional consistency</i>	Konsistensi unit dalam model	Dilakukan dengan bantuan <i>software</i> pemodelan
	<i>Extreme Condition</i>	Uji kondisi ekstrim dalam model untuk melihat apakah perilaku model masuk akal atau masih aneh	<ul style="list-style-type: none"> Pemberian input ekstrim pada beberapa variabel model Pengamatan perilaku yang dihasilkan, dan secara iteratif menyempurnakan struktur model

³¹Sterman, J. D. 2000. Business Dynamics: Systems Thinking and Modeling for a Complex World. Boston: Irwin/McGraw-Hill.

Tema Pengujian	Uji yang Dilakukan	Tujuan Pengujian	Prosedur Pengujian
Perilaku	<i>Behaviour reproduction</i>	Menguji apakah model mampu menghasilkan perilaku yang mirip/dekat dengan data historis dan <i>reference mode</i>	Melakukan uji statistik, seperti MAPE, RMSE, <i>t-test</i> sampel, atau <i>Theil Inequality Statistic</i>
	<i>Behaviour Anomaly</i>	Menguji apakah model menghasilkan perilaku aneh atau yang tidak muncul sebelumnya	<ul style="list-style-type: none"> Memperpanjang durasi simulasi dan mengamati perubahan perilaku Jika ada perilaku yang aneh atau tidak pernah muncul sebelumnya, dilakukan iterasi terhadap variabel maupun struktur model untuk masa depan
	<i>Surprise Behaviour</i>	Menguji apakah model menghasilkan perilaku yang belum pernah terjadi, akan tetapi memungkinkan terjadi di dunia nyata	Melakukan simulasi dan melakukan <i>recheck</i> terhadap struktur model. Jika secara struktur menghasilkan perilaku yang "berbeda/ <i>surprise</i> " dari sebelumnya, maka struktur dan perilakunya bisa diterima
	<i>Sensitivity test</i>	Menguji sensitivitas perilaku melalui perubahan variabel-variabel spesifik dalam model, kadang terkait dengan <i>entry point policy</i>	<ul style="list-style-type: none"> Melakukan beberapa kali simulasi dengan perubahan variabel-variabel tertentu dalam struktur untuk melihat respon model Jika ada perilaku yang aneh atau tidak pernah muncul sebelumnya, dilakukan iterasi terhadap struktur maupun besaran input pada variabel-variabel tersebut
Kebijakan	<i>Sensitivity test</i>	Menguji apakah pengujian kebijakan menghasilkan perilaku yang masuk akal atau tidak	<ul style="list-style-type: none"> Memperpanjang durasi simulasi dan mengamati perubahan perilaku Jika ada perilaku yang aneh atau tidak pernah muncul sebelumnya, dilakukan iterasi terhadap struktur kebijakan atau struktur lainnya dalam model

Seluruh proses dan tahapan pengujian tersebut dilakukan oleh *modeler* secara iteratif dan bersamaan dengan proses pengembangan model. Terkait dengan perilaku model, hasil simulasi umumnya ditunjukkan melalui grafik perilaku antar waktu (*behavior overtime*), untuk menilai apakah perilaku model telah mendekati perilaku historis, sebagaimana ditunjukkan pada Gambar E1.

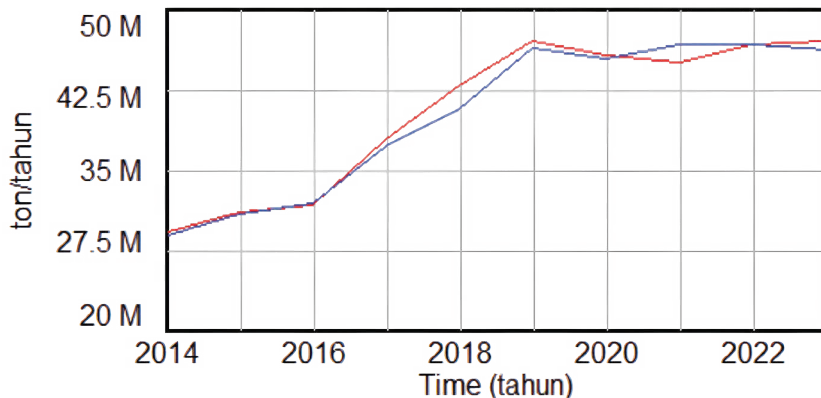
Validasi Lahan Sawit



Total Lahan Sawit : Validasi —————
 Total Lahan Sawit Hist : Validasi —————

(A)

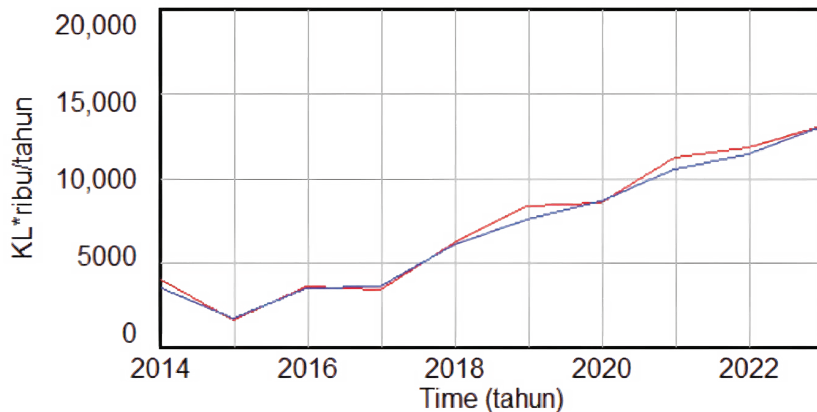
Validasi Produksi CPO



Total Produksi CPO : Validasi —————
 Total Produksi CPO Hist : Validasi —————

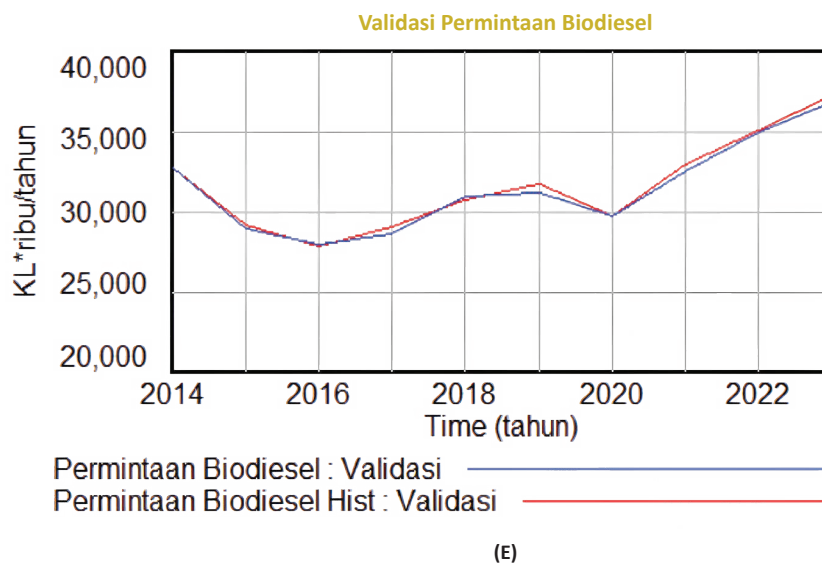
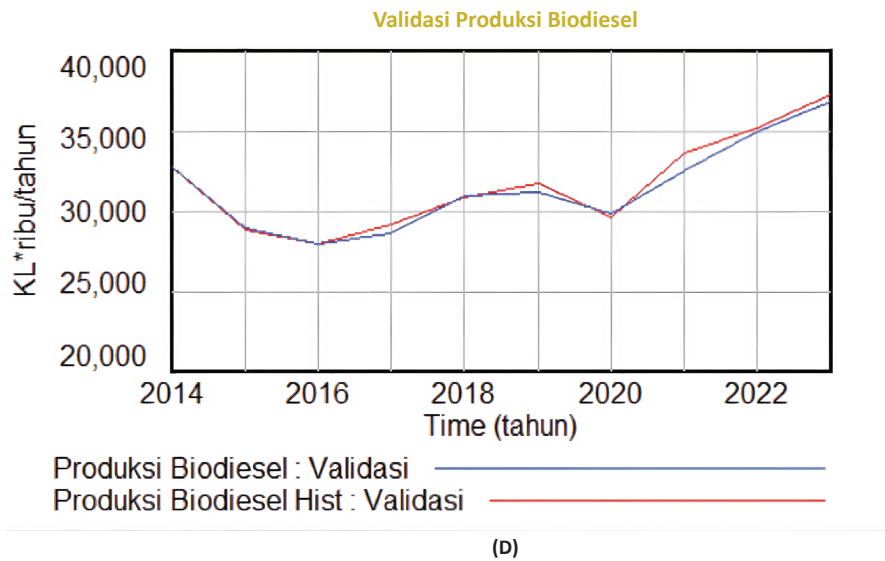
(B)

Validasi Produksi FAME



Produksi FAME : Validasi —————
 Produksi FAME Hist : Validasi —————

(C)



Gambar E1 Hasil Validasi Model Historis

Hasil validasi terhadap data historis menunjukkan bahwa perilaku model yang dikembangkan telah mendekati perilaku sistem di dunia nyata.

Appendix
Lesson Learned dari Berbagai Negara

Tabel F1 Perbandingan Kebijakan *Mandatory* Biodiesel di Berbagai Negara

Negara	Persentase <i>Blending</i> Biodiesel	Produksi Biodiesel pada 2024 (juta kL)	Bahan Baku
Indonesia	B 40	13,16	CPO
Brasil	2024: B 14 2025: B 15	8,90	CPO, kedelai, lemak hewani, biji kapas, kanola, UCO, dan jagung
Thailand	B 7, B 20 sebagai alternatif	3,32	CPO, stearin sawit, dan asam lemak bebas
Filipina	Okt 2025: B 3 Okt 2026: B 5	0,79	CPO
Malaysia	B 10, B 20 di Sarawak, Labuan, dan Langkawi	1,58	CPO, minyak kelapa sawit olahan, dan minyak inti sawit (pengembangan UCO, POME, dan lemak hewani)

Tabel F2 Analisis Akar Masalah Peningkatan B40 Menuju B>40

Inti Masalah	Masalah	Akar Masalah
Belum optimalnya pemanfaatan biodiesel untuk sektor transportasi	1. Dinamika harga keekonomian CPO	<ul style="list-style-type: none"> • Harga pasar CPO bersifat fluktuatif • Tingkat keberterimaan CPO di pasar ekspor masih berfluktuasi (tergantung kebijakan negara tujuan dan isu keberlanjutan) • Alokasi insentif terbatas
	2. Kualitas biodiesel	<ul style="list-style-type: none"> • Solar domestik mayoritas masih berstandar Euro 2 • Proses pencampuran biodiesel masih menggunakan metode <i>blending</i> konvensional • Penyimpanan biodiesel pada tangki timbun SPBU yang kurang optimal dapat memicu kontaminasi
	3. Ketersediaan alokasi CPO untuk FAME	<ul style="list-style-type: none"> • Pasokan CPO terbagi antara kebutuhan rumah tangga, ekspor, dan produksi FAME • Belum adanya penentuan alokasi CPO untuk FAME
	4. Ketersediaan dan produktivitas lahan eksisting	<ul style="list-style-type: none"> • Sebagian petani sawit tidak terintegrasi dengan skema plasma untuk suplai FAME • Belum optimalnya perkebunan sawit dengan sekitar 26,22% areal masih belum menghasilkan atau tidak produktif (rusak/tua). • Produktivitas lahan per hektare masih rendah
	5. Kompatibilitas mesin kendaraan	<ul style="list-style-type: none"> • Batas <i>blending</i> biodiesel yang dapat digunakan pada kendaraan • Penambahan biaya <i>maintenance</i> • Penambahan biaya bahan bakar akibat penurunan efisiensi

Lampiran 1. Transkrip *Focus Group Discussion* (FGD)

“Analisis Rantai Pasok Biodiesel untuk Kesiapan Implementasi B50”

Kamis, 27 November 2025 pukul 09:00 - 14:00

Peserta FGD

Institusi	Nama
Hadir Offline	
Dewan Energi Nasional (DEN)	Agus Pramono Hilman Darus
Badan Riset dan Inovasi Nasional (BRIN)	Soni Solistia Wirawan Hari Setiapraja
Pertamina Energy Institute (PEI)	Aviandito
Pertamina Patra Niaga	Daniel M.H. M. Fatan A
PT Kilang Pertamina Internasional	Andi P.
Badan Kejuruan Kimia Persatuan Insinyur Indonesia (BKK PII)	Sripeni Inten Cahyani Arief Koeswanto Ganis Danandjati
PT Perkebunan Nusantara IV (PTPN)	Setyo Dwi Wijayanto Banson Utomo Andika N.
Direktorat Jenderal Energi Baru, Terbarukan, dan Konservasi Energi (Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral)	Sona Erlangga Efendi Manurung Amri Hidayat
Lembaga Minyak dan Gas Bumi (LEMIGAS)	Riesta Anggarani Tri Purnami
Direktorat Industri Kemurgi, Oleokimia, dan Pakan (Kementerian Perindustrian)	Lisa S.F. Sri M. Windy Dwi Noviyanti

Institusi	Nama
Hadir Offline	
Gabungan Pengusaha Kelapa Sawit Indonesia (GAPKI)	Manumpak Manurung Limas Agung
Asosiasi Produsen Biofuel Indonesia (APROBI)	Jummy Bismar Martua Sinaga
Centre for Policy Development (CPD)	Ruddy Gobel
Asia PR	R. Edi Sewandono Arista S. Ilham R.
PKP	Stanley Dale
Hadir Online via Zoom Meeting	
Asosiasi Petani Kelapa Sawit Indonesia (APKASINDO)	Rino Afrino
Badan Pengelola Dana Perkebunan (BPDP)	Robert
Direktorat Jenderal Energi Baru, Terbarukan, dan Konservasi Energi (Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral)	Edi Wibowo
Pusat Pengelolaan Transportasi Berkelanjutan (Kementerian Perhubungan)	Danawirya Silaksanti

Ringkasan FGD

- A. Perkebunan Rakyat
- Perlunya percepatan replanting perkebunan rakyat
 - Peningkatan luas lahan rakyat karena tidak terdampak moratorium
 - Perlunya peningkatan tata kelola perkebunan rakyat
 - Luas lahan PR berpotensi menurun dari proses APH
- B. *Refinery Unit* dan Lahan Perkebunan Korporasi
- Penambahan kapasitas kilang Balikpapan
 - *Excess solar* yang sulit diekspor
 - Potensi pemanfaatan lahan marginal, APL, HPK, reklamasi pasca tambang, dan *food estate* yang tidak optimal untuk kebun energi

- C. *Crude Palm Oil* (CPO)
 - Proyeksi produksi CPO cenderung stagnan
 - Volatilitas harga ekspor akan menjadi tantangan DMO CPO untuk FAME
 - *Demand* biofuel global berpotensi meningkat
- D. FAME dan Metanol
 - Ketergantungan impor metanol, potensi produksi metanol dari bahan bakar fosil (DME batubara)
 - Alternatif bahan baku lain untuk FAME (POME, UCO, alga)
- E. *Blending* dan Sarana Pengolahan Biodiesel
 - Kendala *dual mode blending*
 - Penyesuaian infrastruktur (kilang dan terminal BBM) untuk PSO dan Non PSO
 - HIP: ~70% biaya bahan baku, ~30% biaya produksi dan distribusi
 - Kendala logistik karena penambahan titik pengantaran dan perubahan jalur transportasi
 - Telah beroperasi Green Refinery Unit IV untuk D100
- F. Penggunaan Biodiesel
 - Uji coba B50 selama 1 tahun, mulai 9 Desember 2025
 - Perlunya *Cost and Benefit Analysis* (CBA)/*Regulatory Impact Assessment* (RIA) peningkatan biodiesel
 - Potensi peningkatan biaya operasional dan *maintenance*
 - Tantangan proses pengujian penetapan standar nasional biodiesel seiring peningkatan pencampuran biodiesel
 - Industri otomotif menyesuaikan rencana mereka dengan *roadmap* penerapan biodiesel
 - Mekanisme *pricing* untuk akselerasi biodiesel

Lampiran 2. Daftar Referensi

- Adamides, E. D. 2008. *System Dynamics Modelling in the Development of Management and Organisational Theory. Conference: The 2008 International Conference of the System Dynamics Society.*
- Akkermans dan Uriona, et al, 2017
- Akkermans, H. A. and Oorschot, K. E. 2005. *Relevance assumed: a case study of balanced scorecard development using system dynamics. Journal of the Operational Research Society*, 56(8): 931-941.
- APROBI. 2022. Indonesia Surga Jelantah untuk Biodiesel. <https://www.aprobi.or.id/id/indonesia-surga-jelantah-untuk-biodiesel/>. Diakses pada 29 Desember 2025.
- APROBI. 2025. Perjalanan *Mandatory* Biodiesel: Dari Implementasi hingga Dampaknya. <https://www.aprobi.or.id/id/perjalanan-mandatory-biodiesel-dari-implementasi-hingga-dampaknya/>. Diakses pada 4 Desember 2025.
- APROBI. 2025. Realisasi Implementasi Biodiesel. <https://www.aprobi.or.id/id/data/realisasi-implementasi-biodiesel/>. Diakses pada 17 Oktober 2025.
- Badan Pusat Statistik. 2025. Data Ekspor Impor Nasional. <https://www.bps.go.id/id/exim>. Diakses pada 6 November 2025.
- Badan Pusat Statistik. 2025. Produksi Tanaman Perkebunan (Ribuan Ton), 2024. <https://www.bps.go.id/id/statistics-table/2/MTMylzl=/produksi-tanaman-perkebunan.html>. Diakses pada 9 Oktober 2025.
- BP. 2023. *BP Energy Outlook 2023*. London: BP plc.
- BPDPKS. 2020. BPDPKS dan Produsen Biodiesel Tandatangani Perjanjian Pembiayaan Insentif Biodiesel untuk 2020. <https://www.bpdp.or.id/bpdpks-dan-produsen-biodiesel-tandatangani-perjanjian-pembiayaan-insentif-biodiesel-untuk-2020>. Diakses pada 8 Desember 2025.
- CNBC Indonesia. 2025. Peluang Strategis Industri Hilir Metanol untuk Kemandirian Energi. <https://www.cnbcindonesia.com/opini/20250428110051-14-629247/peluang-strategis-industri-hilir-metanol-untuk-kemandirian-energi>. Diakses pada 6 November 2025.
- DEN. 2024. Proyeksi Indeks Ketahanan Energi dalam Mendukung RPJMN 2025-2029
- Direktorat Jenderal EBTKE. 2023. Pedoman Umum Penanganan dan Penyimpanan Bahan Bakar Nabati dan Campurannya dengan Kandungan Maksimum 40% untuk Mesin Diesel.
- Direktorat Jenderal Minyak dan Gas Bumi. 2024. Statistik Minyak dan Gas Bumi Semester I 2024.
- Direktorat Jenderal Perkebunan. 2025. Buku Statistik Perkebunan 2023-2025.
- Forrester, J. W. 1961. *Industrial Dynamics*. Cambridge: MIT Press.
- Forrester, J. W. 1979. *An alternative approach to economic policy: macrobehavior from microstructure. In Economic Issues of the Eighties*, Kamrany NM, Day RH (eds). Johns Hopkins University Press: Baltimore, MD.
- FRED. 2025. *Global Price of Palm Oil*. <https://fred.stlouisfed.org/series/PPOILUSDM>. Diakses pada 4 November 2025.
- IEA Bioenergy 2024. *Implementation of bioenergy in the IEA Bioenergy member countries*. https://www.ieabioenergy.com/wp-content/uploads/2025/01/CountriesReport2024_final.pdf
- Instruksi Presiden (Inpres) Nomor 8 Tahun 2018 tentang Penundaan dan Evaluasi Perizinan Perkebunan Kelapa Sawit serta Peningkatan Produktivitas Perkebunan Kelapa Sawit
- KESDM 2024. *Handbook Of Energy and Economic Statistics Of Indonesia* (HEESI)
- KESDM. 2021. Peluang dan Tantangan Pemanfaatan Biodiesel Berbasis Minyak Jelantah. <https://www.esdm.go.id/id/berita-unit/direktorat-jenderal-ebtke/peluang-dan-tantangan-pemanfaatan-biodiesel-berbasis-minyak-jelantah>. Diakses pada 29 Desember 2025.
- KESDM. 2022. Laporan Kinerja Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral 2022.

- KESDM. 2024. Ini Strategi Pemerintah Tekan Impor Migas. <https://www.esdm.go.id/en/media-center/news-archives/-ini-strategi-pemerintah-tekan-impor-migas->. Diakses pada 10 Februari 2025.
- KESDM. 2024. Laporan Kinerja Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral 2024.
- KESDM. 2025. Wujudkan Ketahanan Energi dan Kurangi Impor, Menteri ESDM: Mandatori B40 Berlaku 1 Januari 2025. <https://www.esdm.go.id/id/media-center/arsip-berita/wujudkan-ketahanan-energi-dan-kurangi-imp-or-menteri-esdm-mandatori-b40-berlaku-1-januari-2025>. Diakses pada 4 Desember 2025.
- KESDM. 2026. Konferensi Pers Capaian Kinerja Kementerian ESDM Tahun 2025 (8 Januari 2026).
- Kirkwood, C. W. 1998. *System Dynamics Methods: A Quick Introduction*. College of Business Arizona State University USA.
- Maani, 2012
- Pertamina Patra Niaga. 2025. *Preliminary Data Potensi Implementasi B50 PSO dan B40 NPSO*.
- Pertamina. 2025. Jaringan Pemasaran. <https://onesolution.pertamina.com/Network/>. Diakses pada 14 Oktober 2025.
- Pusat Data dan Sistem Informasi Pertanian. 2023. Analisis Kinerja Perdagangan Kelapa Sawit 2023.
- Pusat Data dan Sistem Informasi Pertanian. 2024. Outlook Kelapa Sawit Tahun 2024.
- Pusat Data dan Sistem Informasi Pertanian. 2025. Analisis Kinerja Perdagangan Kelapa Sawit 2025.
- Sharma, A.M., S. Jaryal, S. Sharma, A. Dhyani, B.S. Tewari, N. Mahato. 2025. *Biofuels from Microalgae: A Review on Microalgae Cultivation, Biodiesel Production Techniques and Storage Stability*. Processes, 13(2): 488. <https://doi.org/10.3390/pr13020488>
- Sterman, J. D. 2000. *Business Dynamics: Systems Thinking and Modeling for a Complex World*. Boston: Irwin/McGraw-Hill.
- Tasrif, M., 2006. Analisis Kebijakan Menggunakan System Dynamics. Program Studi Pembangunan ITB.
- USDA Foreign Agricultural Services. 2024. *Brazil: Biofuels Annual*. https://apps.fas.usda.gov/newgainapi/api/Report/DownloadReportByFileName?fileName=Biofuels%20Annual_Brasilia_Brazil_BR2024-0022.pdf. Diakses pada 15 Oktober 2025.
- USDA Foreign Agricultural Services. 2024. *Malaysia: Biofuels Annual*. https://apps.fas.usda.gov/newgainapi/api/Report/DownloadReportByFileName?fileName=Biofuels%20Annual_Kuala%20Lumpur_Malaysia_MY2024-0010.pdf. Diakses pada 15 Oktober 2025.
- USDA Foreign Agricultural Services. 2024. *Thailand: Biofuels Annual*. https://apps.fas.usda.gov/newgainapi/api/Report/DownloadReportByFileName?fileName=Biofuels%20Annual_Bangkok_Thailand_TH2024-0032.pdf. Diakses pada 15 Oktober 2025.
- USDA Foreign Agricultural Services. 2025. *Philippines: Biofuels Annual*. https://apps.fas.usda.gov/newgainapi/api/Report/DownloadReportByFileName?fileName=Biofuels%20Annual_Manila_Philippines_RP2025-0025.pdf. Diakses pada 15 Oktober 2025
- Zulqarnain, M. Ayoub, M.H.M. Yusoff, M.H. Nazir, I. Zahid, M. Ameen, F. Sher, D. Floresyona, E.B. Nursanto. 2021. *A Comprehensive Review on Oil Extraction and Biodiesel Production Technologies*. Sustainability, 13(2): 788. <https://doi.org/10.3390/su13020788>



PURNOMO YUSGIANTORO CENTER

Jl. Bulungan No. 22
Jakarta 12130, Indonesia
Tel +62 21 720 3917
Fax +62 21 22 77 5786
Website: www.purnomoyusgiantorocenter.org

