MENAKAR AMBISI DAN REALITAS

Masa Depan *Biofuel* Indonesia dalam Kerangka Transisi Energi yang Berkeadilan

MADANI

IESR Institute for Essential Services Reform

Coaction Indonesia

LANDSCAPE ALLIANCE CIFOR & ICRAF in action

MENAKAR AMBISI DAN REALITAS

Masa Depan *Biofuel* Indonesia dalam Kerangka Transisi Energi yang Berkeadilan

MENAKAR AMBISI DAN REALITAS: Masa Depan *Biofuel* Indonesia dalam Kerangka Transisi Energi yang Berkeadilan

Peneliti dan Penulis

Madani Berkelanjutan: Riza Egi Arizona, Giorgio Budi Indrarto, Riezca Cecilia Dewi

Institute for Essential Services Reform (IESR): Agus Adi Putra, Rahmi Puspita Sari, Rifki Pradityo, Shahnaz Nur Firdausi

Landscape Alliance: Heru Komarudin, Yustina Artati, Himlal Baral

Koaksi Indonesia: A Azis Kurniawan, Dwi Tamara, Indra Sari Wardhani

Penyelaras

Nadia Hadad, Wiko Saputra, Muhammad Ardiansyah Ma'rup, A. Hafizh Fadlan Izan

Penyunting Bahasa

Dini Pramita

Desain dan Tata Letak

Commcap

Penerbit

Madani Berkelanjutan

Buku ini berlisensi CC BY-NC-ND 4.0

Untuk persyaratan penggunaan dan atribusi lengkap, kunjungi

https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/

Buku ini diterbitkan khusus untuk keperluan internal/pendidikan/sosial

dan TIDAK UNTUK DIPERJUALBELIKAN secara umum.

Segala bentuk penggandaan, pendistribusian, atau penjualan kembali sebagian maupun seluruh isi buku ini tanpa izin tertulis dari penulis atau penerbit adalah dilarang keras.

Kajian ini berangkat dari inisiatif Yayasan Madani Berkelanjutan untuk membaca kembali arah perkembangan *biofuel* di Indonesia dan menimbang kesenjangan antara ambisi kebijakan dengan realitas sosial, ekonomi, teknis, dan ekologis dalam kerangka transisi energi yang berkeadilan.

Proses tersebut kemudian dikembangkan melalui kerja kolaboratif bersama **Institute for Essential Services Reform (IESR), Koaksi Indonesia, dan Landscape Alliance**. Kami berterima kasih atas pengetahuan, pengalaman, perspektif, dan kerja bersama yang telah memperkaya kajian ini dan memungkinkan pembacaan *biofuel* dari berbagai sudut, mulai dari kebijakan dan tata kelola, ekonomi dan rantai pasok, hingga keberlanjutan ekologis, keadilan sosial, dan pengembangan model *biofuel* yang lebih inklusif serta berbasis komunitas.

Terima kasih kami sampaikan kepada seluruh tim peneliti dan penulis, serta pihak-pihak yang telah berkontribusi dalam proses pengumpulan, pengolahan, penelaahan, dan pengujian berbagai data serta informasi yang menjadi dasar kajian ini. Kajian ini memadukan analisis dokumen kebijakan, literatur, data kuantitatif, serta pembacaan atas berbagai pengalaman dan praktik pengembangan *biofuel* di Indonesia maupun negara lain.

Terima kasih kepada semua pihak yang terus membuka ruang dialog dan mendorong agar transisi energi tidak hanya berbicara tentang target dan teknologi, tetapi juga tentang keadilan, keberlanjutan, distribusi manfaat, dan penghormatan terhadap batas ekologis.

Kajian ini kami persembahkan bagi upaya bersama untuk membangun sistem energi Indonesia yang lebih adil, inklusif, berkelanjutan, dan kontekstual.

[MADANI]

DAFTAR ISI

DAFTAR ISI 8

DAFTAR GAMBAR 10

DAFTAR TABEL 12

DAFTAR ISTILAH 14

BAB I PENDAHULUAN 31

1.1 Latar Belakang 32

1.2 Tujuan 34

1.3 Metodologi dan Pendekatan Penulisan 35

1.4 Hipotesis 36

BAB II PERKEMBANGAN *BIOFUEL* DI INDONESIA 41

2.1 Jejak Kebijakan *Biofuel* di Indonesia 43

2.1.1 Kebijakan dan Program Pencampuran *Biofuel* 43

2.1.2 Analisis Tata Kelola *Biofuel* di Indonesia 47

2.1.3 Analisis Kebijakan Insentif Fiskal dan Non Fiskal 52

2.1.4 Dinamika Politik dan Ekonomi dalam Pembentukan Kebijakan *Biofuel* 59

2.2 Dinamika Implementasi *Biofuel* di Indonesia 67

2.2.1 Transformasi Lanskap Kebijakan dan Produksi *Biofuel* 67

2.2.2 Skema Pembiayaan dan Insentif Ekonomi untuk Industri *Biofuel* 74

2.2.3 Kesenjangan antara Target Kebijakan Blending dan Realisasi implementasi 79

2.3 Tantangan Implementasi *Biofuel* di Indonesia 84

2.3.1 Tantangan Struktural: Akar Masalah dalam Kebijakan *Biofuel* 84

2.3.2 Tantangan dan Risiko terhadap Lingkungan 88

2.3.3 Tantangan dan Risiko Sosial 89

2.3.4 Tantangan dan Risiko Ekonomi 91

BAB III PEMBELAJARAN GLOBAL MENGENAI PRAKTIK PENGEMBANGAN *BIOFUEL* 97

3.1 Model Otoritas Publik dan Redistribusi Manfaat: Studi Kasus FELDA Malaysia 98

3.2 Integrasi Kebijakan Energi dan Pertanian di Brasil 107

3.3 *Biofuel* Skala Komunitas untuk Akses Energi Lokal: Praktik diAfrika Timur 116

3.4. Diversifikasi Bahan Baku dan Insentif Mikro dalam Kebijakan Energi di India 125

3.5. Integrasi *Biofuel* dan Restorasi Ekosistem: Praktik di Kawasan Uni Eropa 137

3.6. Skema Biodiesel Inklusif: Pelajaran dari Thailand 147

BAB IV MENIMBANG ARAH BARU KEBIJAKAN *BIOFUEL* 159

4.1 Transformasi Lanskap Kebijakan dan Produksi *Biofuel* 160

4.2 Menuju Arah Baru Pengembangan *Biofuel* untuk Sektor Transportasi 164

4.2.1 Menakar Ulang Supply dan Demand *Biofuel* di Sektor Transportasi 165

4.2.2 Mempersiapkan Teknologi *Biofuel* yang Tepat Guna 170

4.2.3 Transformasi Bahan Baku (*Feedstock*) 180

4.2.4 Pemanfaatan *Biofuel* pada Sektor Transportasi Non-darat 185

4.3 Menuju Kebijakan Bioenergi yang Transformatif 190

4.3.1 Mengintegrasikan Prinsip Inklusif, Efisien, dan Berpihak pada Kelestarian Ekologi 190

4.3.2 Prinsip keadilan sosial-ekologis 193

4.3.3. Integrasi Diversifikasi Bahan Baku dan Penguatan Kelestarian Alam 195

BAB V *BIOFUEL* UNTUK TRANSISI YANG ADIL DAN KONTEKSTUAL 207

5.1 Kebijakan *Biofuel* dan Narasi Dominan 208

5.2 Menjawab Tiga Hipotesis Strategis 210

5.3. Arah Baru dari Strategi Kebijakan *Biofuel* dalam Kerangka Transisi Energi yang Berkeadilan 213

5.3.1 Penguatan Kelembagaan dan Tata Kelola yang Terkoordinasi 214

5.3.2 Redistribusi Insentif dan Penguatan Petani Kecil 214

5.3.3 Diversifikasi Bahan Baku dan Desentralisasi Energi 216

5.3.4 Mengurangi Dominasi Sawit dan Penetapan Batas Atas Lahan Sawit Nasional (CAP Sawit) 217

5.3.5 Transparansi dan Akuntabilitas 218

5.4 Rekomendasi 221

BAB VI PENUTUP 229

DAFTAR PUSTAKA 232

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Jenis-jenis Bioenergi 42

Gambar 2.2 Target Tingkat Campuran Jenis-jenis *Biofuel* 44

Gambar 2.3 Tata Kelola Biodiesel di Indonesia 50

Gambar 2.4 Pembayaran Selisih HIP Biodiesel dan Volume Biodiesel Tahun 2016-2024 53

Gambar 2.5 Tren Penyaluran Dana oleh BPDP Tahun 2015-2024 55

Gambar 2.6 Proporsi Kontribusi Industri Sawit terhadap APBN 62

Gambar 2.7 Target Campuran SAF 65

Gambar 2.8 Proyeksi Permintaan Bahan Bakar Sektor Penerbangan 66

Gambar 2.9 Realisasi Perkembangan Campuran Biodiesel 68

Gambar 2.10 Rantai Pasok *Biofuel* 74

Gambar 2.11 Target dan Realisasi Campuran (Blending) Biodiesel, Bioetanol, dan Bioavtur 79

Gambar 2.12 Produksi Biodiesel Tahun 2015-2024 80

Gambar 2.13 Sebaran Sasaran Lokasi Pengembangan *Biofuel* 2023-2040 83

Gambar 2.14 Trend Harga CPO Tahun 2025 hingga Proyeksi Tahun 2028 85

Gambar 2.15 Trend Harga Fossil Oil Tahun 2025 hingga Proyeksi Tahun 2028 85

Gambar 2.16 HIP BBN dan BBM 86

Gambar 2.17 Jumlah Konflik Agraria di Indonesia Tahun 2014-2024 90

Gambar 2.18 Pemanfaatan Produksi CPO untuk Konsumsi Domestik Tahun 2018-2024 92

Gambar 2.19 Pemanfaatan Produksi CPO Tahun 2018-2024 93

Gambar 4.1 Proyeksi Supply dan Demand untuk BBN Ethanol dan sejenis 167

Gambar 4.2 Proyeksi Supply dan Demand untuk BBN Biodiesel dan sejenis 168

Gambar 4.3 Rantai Massa FAME 171

Gambar 4.4 Bagan alur sederhana hydroprocessing 173

Gambar 4.5 Rute produksi SAF 175

Gambar 4.6 Alur produksi Bioetanol 178

Gambar 4.7 Foto: Barino (49 tahun), seorang pengolah minyak nyamplung di Desa Patutrejo, Purworejo, Jawa Tengah 192

Gambar 4.8 Sebaran Lahan kritis di Kawasan Hutan 195

Gambar 4.9 Sebaran Lahan Kritis di 5 Provinsi Terluas 196

Gambar 4.10 Indikasi Sebaran lahan yang potensial untuk pengembangan Tanaman Jarak 198

Gambar 4.11 Potensi Lahan Pengembangan Tanaman Jarak Detail Kawasan Hutan (ha) 199

Gambar 4.12 Sebaran Potensi Lahan Pengembangan Tanaman Jarak Pagar Pada Radius 10 dan 40 Km dari Lokasi Eksisting 199

Gambar 4.13 Potensi Lahan Pengembangan Tanaman Jarak Pagar Detail Tiap Provinsi 200

Gambar 4.14 10 Provinsi dengan sebaran Perkebunan Karet Terluas (Ha) 201

Gambar 4.15 Sebaran Perkebunan Karet Dengan Detail Kawasan Hutan (Ha) 202

Gambar 5.1 Hipotesis Strategis *Biofuel* 210

Gambar 5.2 Tata Kelola Biodiesel Nasional 221

Gambar 5.3 Model Pengembangan Desa Mandiri Energi 221

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Analisis Kebijakan Insentif pada Biodiesel, Bioetanol, dan Bioavtur 52

Tabel 2.2 Proporsi Penyaluran Dana oleh BPDP 2015-202422 56

Tabel 2.3 Perusahaan dengan Penerimaan Insentif Biodiesel Terbesar Tahun 2015-2023 56

Tabel 2.4 Kapasitas Produksi dan Penggunaan CPO untuk Biodiesel 33 69

Tabel 2.5 Kapasitas Produksi dan Penggunaan Molase untuk Bioetanol 71

Tabel 2.6 Kapasitas Produksi Kilang Bioavtur milik Pertamina 72

Tabel 3.1 Perbandingan Ekosistem Pengembangan *Biofuel* antara Brasil dan Indonesia 115

Tabel 3.2 Tantangan Pengembangan *Biofuel* berbasis Komunitas di Afrika Timur 123

Tabel 3.3 Keunggulan Bioetanol Berbasis Limbah 130

Tabel 3.4 Kerangka Kebijakan Biodiesel di Thailand 151

Tabel 3.5 Perbedaan Kebijakan Pengembangan Biodiesel antara Thailand dan Indonesia 155

Tabel 4.1 Rangkuman Peran Alternatif Nabati di Sektor Transportasi dan Tantangannya 169

Tabel 4.2 Penilaian Teknis dan Kebijakan FAME, HVO, SAF, dan *Biofuel* Generasi Kedua 185

[Lucy McHugh/Landscape Alliance]

DAFTAR ISTILAH

3T	Terdepan, Terluar, Tertinggal	Wilayah dengan kondisi relatif kurang berkembang (tertinggal), berada di perbatasan negara (terdepan), dan/atau berlokasi di daerah paling luar secara geografis (terluar)
ADB	*Asian Development Bank*	Bank pembangunan untuk kawasan Asia dan Pasifik
AEDP	*Alternative Energy Development Plan*	Rencana pengembangan energi alternatif
APBN	Anggaran Pendapatan dan Belanja Negara	Rencana keuangan tahunan pemerintah Indonesia yang memuat pendapatan, belanja, dan pembiayaan negara
ASTM D1655	ASTM International Standard D1655	Standar untuk avtur konvensional (Jet A / Jet A-1)
ASTM D7566	ASTM International Standard D7566	Standar utama yang mengizinkan SAF dicampur dengan avtur konvensional
B0	Biodiesel 0%	Bahan bakar diesel murni tanpa campuran biodiesel, sepenuhnya berasal dari bahan bakar fosil
B2,5	Biodiesel 2,5%	Bahan bakar diesel yang secara volumetrik terdiri dari 2,5% biodiesel dan 97,5% solar

B7	Biodiesel 7%	Bahan bakar diesel yang secara volumetrik terdiri dari 7% biodiesel dan 93% solar
B7,5	Biodiesel 7,5%	Bahan bakar diesel yang secara volumetrik terdiri dari 7,5% biodiesel dan 92,5% solar
B10	Biodiesel 10%	Bahan bakar diesel yang secara volumetrik terdiri dari 10% biodiesel dan 90% solar
B20	Biodiesel 20%	Bahan bakar diesel yang secara volumetrik terdiri dari 20% biodiesel dan 80% solar
B30	Biodiesel 30%	Bahan bakar diesel yang secara volumetrik terdiri dari 30% biodiesel dan 70% solar
B35	Biodiesel 35%	Bahan bakar diesel yang secara volumetrik terdiri dari 35% biodiesel dan 65% solar
B40	Biodiesel 40%	Bahan bakar diesel yang secara volumetrik terdiri dari 40% biodiesel dan 60% solar
B50	Biodiesel 50%	Bahan bakar diesel yang secara volumetrik terdiri dari 50% biodiesel dan 50% solar
B100	Biodiesel 100%	Bahan bakar diesel yang secara volumetrik terdiri dari 100% biodiesel dan 0% solar

Bapanas	Badan Pangan Nasional	Lembaga pemerintah Indonesia yang bertugas mengoordinasikan kebijakan pangan nasional, termasuk ketersediaan, distribusi, dan stabilisasi harga pangan
BAU	*Business as Usual*	Skenario dasar yang menggambarkan kondisi tanpa adanya intervensi atau kebijakan tambahan, digunakan sebagai pembanding dalam analisis
BBN	Bahan Bakar Nabati	Bahan bakar yang berasal dari sumber hayati/biomassa, seperti biodiesel dan bioetanol, yang digunakan sebagai alternatif pengganti bahan bakar fosil
BNDES	*Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social*	Bank pembangunan nasional Brasil yang menyediakan pembiayaan untuk mendukung pembangunan ekonomi dan sosial
BPDP	Badan Pengelola Dana Perkebunan	Lembaga yang mengelola dana dari sektor perkebunan
BPDPKS	Badan Pengelola Dana Perkebunan Kelapa Sawit	Lembaga pengelola dana sawit

BUMDes	Badan Usaha Milik Desa	Badan usaha yang dimiliki dan dikelola oleh desa untuk mengelola potensi ekonomi lokal serta meningkatkan kesejahteraan masyarakat desa
BUMN	Badan Usaha Milik Negara	Badan usaha yang seluruhnya atau sebagian besar modalnya dimiliki oleh negara melalui penyertaan secara langsung yang berasal dari kekayaan negara yang dipisahkan
CBG	*Compressed Biogas*	Biogas yang telah dimurnikan dan dikompresi sehingga memiliki tekanan tinggi dan dapat digunakan sebagai bahan bakar, mirip dengan gas alam terkompresi
CBIO	*Decarbonization Credit*	Sertifikat atau kredit dekarbonisasi dalam program *biofuel* Brasil yang menunjukkan pengurangan emisi gas rumah kaca, dan dapat diperjualbelikan
CFD	*Contract for Difference*	Mekanisme kontrak finansial antara dua pihak (biasanya pemerintah dan pelaku usaha) untuk menstabilkan harga suatu komoditas
CIDE	*Contribution of Intervention to the Economic Domain*	Indikator yang digunakan untuk menilai sejauh mana suatu intervensi memberikan dampak atau kontribusi pada aspek ekonomi

CO	*Carbon Monoxide*	Gas beracun hasil pembakaran tidak sempurna
CO_2	Karbondioksida	Gas rumah kaca utama penyebab perubahan iklim
COFINS	*Contribuição para o Financiamento da Seguridade Social*	Kontribusi yang digunakan untuk membiayai sistem jaminan sosial (kesehatan, pensiun, dan bantuan sosial)
CORSIA	*Carbon Offsetting and Reduction Scheme for International Aviation*	Skema global yang ditetapkan oleh industri penerbangan internasional untuk mengimbangi dan mengurangi emisi karbon dari penerbangan internasional melalui mekanisme offset dan pengendalian emisi
CPO	*Crude Palm Oil*	Produk turunan kelapa sawit berupa minyak mentah
Ditjen EBTKE	*Direktorat Jenderal Energi Baru, Terbarukan, dan Konservasi Energi*	Direktorat jenderal yang menangani energi baru, terbarukan, dan konservasi energi
DME	Desa Mandiri Energi	Desa yang mandiri dalam pemenuhan energi
DOAE	*Department of Agricultural Extension*	Departemen penyuluhan pertanian
E5	Bioetanol 5%	Bahan bakar campuran yang terdiri dari 5% bioetanol dan 95% bensin
E10	Bioetanol 10%	Bahan bakar campuran yang terdiri dari 10% bioetanol dan 90% bensin

E20	Bioetanol 20%	Bahan bakar campuran yang terdiri dari 20% bioetanol dan 80% bensin
EBP	*Ethanol Blended Petrol*	Bahan bakar campuran antara bensin dan etanol (bioetanol) dengan persentase tertentu
ESG	*Environment, Social, and Governance*	Penilaian keberlanjutan berbasis lingkungan, sosial, dan tata kelola
ETS	*Emissions Trading System*	Mekanisme pasar untuk memberi harga pada emisi karbon
EUDR	*European Union Deforestation Regulation*	Regulasi Uni Eropa yang bertujuan mencegah impor produk yang terkait dengan deforestasi, dengan mewajibkan pelaku usaha memastikan rantai pasok bebas dari deforestasi
FAME	*Fatty Acid Methyl Ester*	Senyawa kimia yang menjadi komponen utama biodiesel, dihasilkan dari proses transesterifikasi minyak nabati atau lemak hewani
FELDA	*Federal Land Development Authority*	Lembaga pengembangan lahan dan perkebunan di Malaysia
FFV	*Flexible-Fuel*	Kendaraan yang dapat menggunakan berbagai jenis bahan bakar (bensin dan etanol)
FGV	*Felda Global Ventures*	Perusahaan perkebunan sawit dari Malaysia

FiT	*Feed-in Tariff*	Tarif khusus untuk pembelian listrik dari energi terbarukan
FOLU	*Forestry and Other Land Uses*	Sektor yang mencakup kegiatan kehutanan dan penggunaan lahan lainnya, termasuk perubahan penggunaan lahan, yang berkontribusi terhadap emisi dan penyerapan gas rumah kaca
FPIC	*Free, Prior, and Informed Consent*	Persetujuan bebas tanpa paksaan
FRP	*Fair and Remunerative Price*	Harga yang ditetapkan oleh pemerintah untuk memastikan produsen (terutama petani) menerima imbalan yang adil dan layak atas hasil produksinya
FSC	*Forest Stewardship Council*	Sertifikasi pengelolaan hutan berkelanjutan
FFA	*Free Fatty Acid*	Kandungan asam lemak bebas dalam minyak
FT-SPK	*Fischer–Tropsch Synthetic Paraffinic Kerosene*	Biojet fuel berbasis proses gasifikasi + sintesis kimia
GAPKI	Gabungan Pengusaha Kelapa Sawit Indonesia	Asosiasi pengusaha kelapa sawit Indonesia.
GGL	*Green Gold Label*	Sertifikasi keberlanjutan untuk biomassa/bioenergi
GRK	Gas Rumah Kaca	Gas yang menyebabkan efek rumah kaca
HAPOR	*High Acid Palm Oil Residue*	Limbah minyak sawit dengan tingkat keasaman tinggi

HC	*Hydrocarbons*	Emisi bahan bakar yang tidak terbakar
HEESI	*Handbook of Energy and Economic Statistics of Indonesia*	Buku statistik energi dan ekonomi Indonesia
HEFA-SPK	*Hydroprocessed Esters and Fatty Acids Synthetic Paraffinic Kerosene*	Hasil *biofuel* jet fuel berbasis minyak/lemak nabati atau limbah minyak
HEVA	*Hydroprocessed Esters and Fatty Acids*	Teknologi produksi *biofuel* dari minyak/ lemak melalui proses hidrogenasi
HIP	Harga Indeks Pasar	Harga acuan yang ditetapkan berdasarkan rata-rata harga pasar untuk komoditas atau produk tertentu
HVO	*Hydrotreated Vegetable Oil*	Bahan bakar diesel dari minyak nabati hasil proses hidrogenasi
IATA	*International Air Transport Association*	Asosiasi internasional maskapai penerbangan
IBSI	*Indonesian Bioenergy Sustainability Indicators*	Indikator keberlanjutan bioenergi Indonesia
ICAO	*International Civil Aviation Organization*	Lembaga PBB yang mengatur standar global penerbangan sipil, termasuk regulasi emisi dan SAF
ICMS	*Imposto sobre Circulação de Mercadorias e Serviços*	Pajak atas peredaran barang dan jasa, termasuk transaksi penjualan, transportasi, dan layanan komunikasi

ILUC	*Indirect Land Use Change*	Perubahan penggunaan lahan yang terjadi secara tidak langsung akibat suatu kegiatan, misalnya ketika produksi *biofuel* mendorong pembukaan lahan baru di tempat lain
ISCC	*International Sustainability and Carbon Certification*	Skema sertifikasi internasional yang memastikan produk dan rantai pasok memenuhi standar keberlanjutan serta pengurangan emisi karbon
ISPO	*Indonesian Sustainable Palm Oil*	Kebijakan yang diambil kementerian pertanian dengan tujuan untuk meningkatkan daya saing minyak sawit Indonesia di pasar dunia
IUP	Izin Usaha Perkebunan	Izin usaha di bidang perkebunan
J2,4	Bioavtur 2,4%	Bahan bakar campuran yang terdiri dari 2,4% bioavtur dan 97,6% kerosin
J5	Bioavtur 5%	Bahan bakar campuran yang terdiri dari 5% bioavtur dan 95% kerosin
KBLI	Klasifikasi Baku Lapangan Usaha Indonesia	Klasifikasi resmi bidang usaha di Indonesia.
Kementerian ESDM	Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral	Kementerian indonesia di bidang energi dan sumber daya mineral
KEN	Kebijakan Energi Nasional	Kebijakan utama pengelolaan energi nasional

KLHS	Kajian Lingkungan Hidup Strategis	Kajian lingkungan untuk perencanaan kebijakan dan pembangunan
KPF	Koperasi Permodalan FELDA	Koperasi permodalan dalam sistem FELDA di Malaysia
KPK	Komisi Pemberantasan Korupsi	Lembaga pemberantasan korupsi di Indonesia
KRI	Kapal Republik Indonesia	Kapal milik TNI Angkatan Laut Indonesia
LCA	*Life Cycle Assessment*	Suatu pendekatan yang digunakan untuk menganalisa dampak suatu produk lingkungan selama siklus hidup produk
MGO	*Marine Gas Oil*	Bahan bakar diesel untuk kapal
MOAC	*Ministry of Agriculture and Cooperatives*	Kementerian pertanian dan koperasi
MRV	*Measurement, Reporting and Verification*	Sistem pengukuran, pelaporan, dan verifikasi (umumnya untuk emisi)
MSPO	*Malaysian Sustainable Palm Oil*	Sertifikasi keberlanjutan kelapa sawit Malaysia
MSW	*Municipal Solid Waste*	Limbah padat yang dihasilkan dari aktivitas rumah tangga, komersial, dan perkotaan, seperti sampah organik, plastik, kertas, dan material lainnya
NDC	*Nationally Determined Contribution*	Komitmen nasional tiap negara untuk aksi iklim di bawah Paris Agreement

NDPE	*No Deforestation, No Peat, No Exploitation*	Komitmen tanpa deforestasi, tanpa gambut, dan tanpa eksploitasi
NOx	*Nitrogen Oxides*	Gas oksida nitrogen penyebab polusi udara
NZE	*Net Zero Emission*	Kondisi di mana jumlah emisi gas rumah kaca yang dihasilkan seimbang dengan jumlah emisi yang diserap atau dihilangkan, sehingga total emisi bersih menjadi nol
OECF	*Overseas Economic Cooperation Fund*	Dana kerja sama ekonomi luar negeri Jepang untuk pembiayaan pembangunan
OER	*Oil Extraction Rate*	Persentase minyak yang berhasil diekstraksi dari tandan buah segar (TBS) kelapa sawit
OSS	*Online Single Submission*	Sistem perizinan usaha online terintegrasi
PEFC	*Programme for the Endorsement of Forest Certification*	Sertifikasi pengelolaan hutan berkelanjutan berbasis sistem nasional
Permen ESDM	Peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral	Peraturan menteri di bidang energi dan sumber daya mineral
PEP	*Politically Exposed Persons*	Pejabat publik atau individu berisiko tinggi dalam konteks korupsi
PFAD	*Palm Fatty Acid Distillate*	Produk samping minyak sawit yang kaya asam lemak dan dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku *biofuel* dan industri oleokimia

PIS	*Programa de Integração Social*	Kontribusi sosial yang bertujuan mendukung integrasi sosial dan kesejahteraan pekerja
PKO	*Palm Kernel Oil*	Minyak yang diekstraksi dari inti (kernel) kelapa sawit
PMK	Peraturan Menteri Keuangan	Peraturan menteri di bidang keuangan
PNBP	Penerimaan Negara Bukan Pajak	Penerimaan pemerintah yang berasal dari sumber selain pajak
POME	*Palm Oil Mill Effluent*	Limbah cair sawit
PSN	Proyek Strategis Nasional	Proyek prioritas pemerintah untuk pembangunan nasional
PSO	*Public Service Obligation*	Kewajiban pelayanan publik yang diberikan oleh pemerintah kepada badan usaha
PSR	Peremajaan Sawit Rakyat	Program pemerintah untuk mengganti tanaman kelapa sawit rakyat yang sudah tua atau tidak produktif dengan tanaman baru yang lebih unggul guna meningkatkan produktivitas dan keberlanjutan
RED	*Renewable Energy Directive*	Kebijakan Uni Eropa yang menetapkan target dan aturan penggunaan energi terbarukan
RON	*Research Octane Number*	Angka oktan yang menunjukkan ketahanan bahan bakar (terutama bensin) terhadap knocking/detonasi pada mesin pembakaran

RPJMD	Rencana Pembangunan Jangka Menengah Daerah	Rencana pembangunan daerah jangka menengah (5 tahunan)
RPJMN	Rencana Pembangunan Jangka Menengah Nasional	Rencana pembangunan nasional jangka menengah (5 tahunan)
RSB	*Roundtable on Sustainable Biomaterials*	Standar global untuk memastikan biomaterial/ *biofuel* benar-benar berkelanjutan secara lingkungan, sosial, dan ekonomi
RSPO	*Roundtable on Sustainable Palm Oil*	Sertifikasi global untuk kelapa sawit berkelanjutan
RUED	Rencana Umum Energi Daerah	Rencana pengelolaan energi di tingkat daerah
RUEN	Rencana Umum Energi Nasional	Rencana pengelolaan energi nasional jangka panjang
SAF	*Sustainable Aviation Fuel*	Bahan bakar pesawat yang lebih ramah lingkungan
SATAT	*Sustainable Alternative Towards Affordable Transportation*	Program bahan bakar alternatif berkelanjutan untuk transportasi
SDM	Sumber Daya Manusia	Tenaga kerja atau manusia sebagai sumber daya dalam organisasi
SFS	*Social Fuel Seal*	Sertifikasi bahan bakar berbasis aspek sosial
SITE	Sistem Inovasi Teknologi Etanol	Sistem inovasi untuk pengembangan teknologi etanol
SKT	Surat Keterangan Tanah	Surat keterangan kepemilikan/ penguasaan tanah

SNDC	*Second Nationally Determined Contribution*	Komitmen iklim nasional versi terbaru, sebagai pembaruan dari NDC sebelumnya dalam kerangka Perjanjian Paris
SPBU	Stasiun Pengisian Bahan Bakar Umum	Fasilitas tempat penjualan dan pengisian bahan bakar kendaraan, seperti bensin, solar, dan bahan bakar lainnya kepada masyarakat
SPOC	*Sustainable Palm Oil Cluster*	Pendekatan pengelompokan wilayah atau pelaku usaha kelapa sawit yang berfokus pada penerapan praktik berkelanjutan secara terintegrasi dalam satu kawasan
SPV	*Special Purpose Vehicle*	Entitas khusus untuk tujuan/proyek tertentu.
SRN	Sistem Registri Nasional	Sistem resmi Indonesia untuk mencatat dan mengelola data aksi iklim dan karbon
TBS	Tandan Buah Segar	Buah sawit segar hasil panen
tCO2eq	*ton carbon dioxide equivalent*	Satuan untuk mengukur total emisi gas rumah kaca dalam bentuk setara karbon dioksida
UCO	*Used Cooking Oil*	Minyak jelantah
UCOF	*Used Cooking Oil Fund*	Dana pengelolaan minyak jelantah
VCM	*Voluntary Carbon Market*	Pasar karbon berbasis sukarela untuk kompensasi emisi dan dukungan proyek iklim

[Manuel Boissière/Landscape Alliance]

[Lucy McHugh/Landscape Alliance]

BAB 1

PENDAHULUAN

BAB I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia telah menyiapkan strategi transisi energi untuk mencapai target *net-zero emission* pada 2060. Salah satunya adalah dengan meningkatkan pemanfaatan bahan bakar nabati (*biofuel*) dalam bauran energi, yang terdiri dari biodiesel, bioetanol dan bioavtur (Kementerian Koordinator Bidang Perekonomian Republik Indonesia, 2022). Diharapkan ketiga jenis bahan bakar nabati ini dapat memenuhi kebutuhan bahan bakar yang bersumber dari energi terbarukan di Indonesia, terutama untuk sektor transportasi.

Pemanfaatan *biofuel* untuk bahan bakar di Indonesia telah berlangsung selama dua dekade terakhir. Pada 2006, untuk pertama kalinya, Indonesia memulai langkah baru memanfaatkan bahan bakar nabati melalui penerbitan Instruksi Presiden Nomor 1 Tahun 2006 Penyediaan dan Pemanfaatan Bahan Bakar Nabati (*Biofuel*) sebagai Bahan Bakar Lain. Kebijakan *blending* ini tak sekadar mendorong diversifikasi energi. Pemerintah memposisikan pengembangan *biofuel* ini dalam dua fungsi, yaitu mendukung ketahanan energi dan mendorong pembangunan perdesaan. Hal ini selanjutnya dituangkan dalam *Blueprint* Pengembangan *Biofuel* 2006-2025, sebagai panduan pemerintah dalam mencapai tujuan dari pemanfaatan *biofuel.*

Kebijakan pemanfaatan *biofuel* ini kemudian diikuti dengan terbitnya Peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral (ESDM) Nomor 32 Tahun 2008 tentang Penyediaan, Pemanfaatan, dan Tata Niaga Bahan Bakar Nabati (*Biofuel*) sebagai Bahan Bakar Lain. Permen ESDM yang diterbitkan pada 26 September 2008 tersebut menjadi tonggak perjalanan diversifikasi energi melalui penggunaan *biofuel* di Indonesia hingga saat ini.

Dua kebijakan tersebut dikeluarkan pemerintah saat itu untuk mengatasi lonjakan harga minyak mentah (crude oil) dunia. Seiring berjalan waktu, pengembangan *biofuel* tak hanya dilakukan untuk menjaga ketahanan energi saja, tetapi juga untuk mendorong pembangunan perdesaan.

Setelah dua dekade sejak terbitnya Instruksi Presiden Nomor 1 Tahun 2006, publik mengharapkan pertanggungjawaban pemerintah yang transparan dan akuntabel atas implementasi kebijakan pengembangan *biofuel* tersebut. Berbagai gejala menunjukkan alih-alih memperkuat ketahanan energi dan pembangunan perdesaan sebagaimana dijanjikan, pelaksanaan kebijakan

biofuel justru menunjukkan adanya dominasi kepentingan korporasi, minimnya transparansi, serta dampak sosial-ekologis yang kian menjauh dari tujuan awal kebijakan (Auriga Nusantara, n.d).

Gejala tersebut yang pertama, pengembangan *biofuel* mengalami penyempitan makna, yang dalam praktiknya hanya berfokus pada biodiesel. Padahal kebijakan awal secara jelas mencakup biodiesel, bioetanol, dan bioavtur. Dalam implementasinya, pemerintah cenderung mengabaikan pengembangan bioetanol dan bioavtur, bahkan membatasi biodiesel pada satu bahan baku, yakni minyak sawit.

Kedua, tujuan mendorong pembangunan perdesaan tidak tercapai yang ditunjukkan dengan tidak adanya program berbasis komunitas dan seluruh skema berjalan melalui mekanisme pasar. Meskipun pemanfaatan biodiesel telah mencapai 13,5 juta kiloliter pada 2025 (Kementerian ESDM, 2026), rantai pasok industri ini sepenuhnya dikuasai korporasi dan belum melibatkan petani sawit swadaya, sehingga manfaat ekonomi bagi perdesaan belum terwujud.

Selain dua poin tersebut, pengembangan *biofuel* juga menghadapi persoalan serius dalam tata kelola. Sejak 2015-2024, pemerintah menyalurkan subsidi biodiesel sebesar Rp 207,81 triliun (BPDPKS, 2024). Namun pengelolaannya bermasalah dari sisi transparansi dan akuntabilitas (KPK, 2016; Saputra dkk., 2021).

Di sisi lain, ketergantungan pada satu komoditas membawa implikasi ekologis dan ekonomi. Lonjakan permintaan minyak sawit untuk biodiesel berpotensi besar mengurangi alokasi bagi pangan dan ekspor, sementara perluasan lahan bukan pilihan logis dan layak karena luas perkebunan telah mencapai 18,15 juta ha, yang notabene mendekati ambang batas daya dukung ekologis (Yayasan Lokahita, 2024).

Selain keterbatasan bahan baku dan tata kelola, pengembangan *biofuel* juga menunjukkan ketidakseimbangan hulu-hilir (CIFOR, 2018). Kebijakan yang berlaku saat ini lebih menekankan pasokan dan target pencampuran, sementara distribusi ke wilayah 3T, diversifikasi bahan baku, dan pemanfaatan lintas sektor kurang diperhatikan, sehingga agenda pengembangan *biofuel* cenderung supply-driven dan belum terintegrasi dengan kebijakan transportasi, industri, maupun lingkungan, serta membatasi pemerataan manfaat.

Di tingkat global berbagai kebijakan turut mempengaruhi rona pengembangan *biofuel* di Indonesia. Pembatasan impor biodiesel sawit oleh Uni Eropa sejak 2019 (Renewable Energy Directive/RED) II dengan alasan risiko deforestasi (European Commission, 2019) dan adanya pergeseran menuju *biofuel* generasi kedua seperti Hydrotreated Vegetable Oil (HVO) dan Sustainable Aviation Fuel (SAF), menegaskan bahwa *biofuel* kini berada dalam arena politik-ekonomi, keberlanjutan ekologi, dan keadilan sosial, bukan sekadar ketahanan energi.

Dengan demikian, diperlukan pembacaan ulang kebijakan *biofuel* dan analisis kritis untuk menempatkan *biofuel* secara proporsional dalam kerangka transisi energi nasional yang berkeadilan.

1.2 Tujuan

Secara umum, laporan ini bertujuan untuk merumuskan bacaan ulang yang kritis dan konstruktif terhadap perkembangan kebijakan *biofuel* di Indonesia dalam dua dekade terakhir. Adapun tujuan khusus laporan ini adalah:

- Membangun bacaan kritis terhadap dinamika kebijakan *biofuel* dalam periode 2006-2025. Analisis ini menelusuri bagaimana kebijakan dirumuskan, siapa aktor yang terlibat, serta apa implikasinya terhadap ketahanan energi, keberlanjutan lingkungan, dan keadilan sosial.

- Melakukan analisis multidimensi seperti politik, ekonomi, dan teknis atas kebijakan *biofuel* nasional. Pada dimensi politik, penelitian menyoroti relasi kuasa dan kepentingan yang membentuk arah kebijakan. Pada dimensi ekonomi, penelitian menilai sejauh mana intervensi fiskal, mekanisme harga, dan dinamika pasar mampu mendukung transisi energi serta mengurangi risiko sosial dan ekologis. Sementara pada dimensi teknis, penelitian menelaah keterbatasan dan peluang dalam kualitas bahan bakar, infrastruktur distribusi, serta pengembangan *biofuel*

- Menghasilkan rekomendasi kebijakan yang rasional dan implementatif. Rekomendasi ini tidak berhenti pada gagasan ideal, tetapi berangkat dari kritik empiris yang dapat dijalankan oleh pemerintah pusat, pemerintah daerah, maupun pelaku usaha. Melalui pendekatan ini, laporan ini dapat mendorong penempatan *biofuel* secara lebih proporsional dalam agenda transisi energi nasional yang berkeadilan sosial dan berkelanjutan secara ekologis.

1.3 Metodologi dan Pendekatan Penulisan

Kajian ini menggunakan pendekatan mixed methods yang mengombinasikan metode kualitatif dan kuantitatif dalam satu studi. Pemilihan metode ini berangkat dari asumsi bahwa realitas kebijakan *biofuel* di Indonesia bersifat kompleks dan multidimensional, sehingga memerlukan pemahaman yang komprehensif. Studi kebijakan *biofuel* mencakup dimensi ekonomi (terukur), sosial (persepsi dan pengalaman), dan lingkungan (terukur atau deskriptif) (Creswell dan Creswell, 2023).

a. Pendekatan Kualitatif

Pendekatan ini menekankan analisis kualitatif yang tidak sekadar deskriptif, tetapi kritis, untuk membongkar proses, makna, dan relasi kuasa dalam kebijakan (Creswell dan Creswell, 2023). Dalam studi *biofuel*, pendekatan ini digunakan untuk menelusuri bagaimana kebijakan dibentuk, siapa yang diuntungkan atau dikecualikan, serta bagaimana isu berkembang dalam konteks sosial-politik yang lebih luas. Pendekatan kualitatif dalam penelitian ini meliputi:

1. Analisis naratif kritis dokumen kebijakan:

Analisis dilakukan dengan mengkaji arsip, berkas, dan laporan resmi tidak hanya sebagai data, tetapi sebagai produk politik, guna mengungkap bias, kepentingan, dan struktur kekuasaan yang membentuk arah kebijakan.

2. Studi literatur

Studi literatur dilakukan dengan menggunakan berbagai literatur secara selektif sebagai kerangka pembanding dan penguat analisis, bukan sebagai sumber utama, sehingga temuan tetap bertumpu pada pembacaan kritis terhadap realitas empiris.

3. Studi kasus lapangan

Studi ini dilakukan dengan menganalisis kasus secara mendalam, yang juga mencakup kasus ganda (multiple cases), untuk membandingkan pola, menguji konsistensi temuan, dan mengaitkannya dengan dinamika struktural yang lebih luas.

b. Pendekatan Kuantitatif

Pendekatan ini melibatkan angka, statistik, dan pengukuran untuk memahami fenomena yang diteliti. Pendekatan kuantitatif menghasilkan data yang objektif dan terukur, sehingga membantu meminimalkan bias subjektif dalam pengumpulan dan analisis data (Muslimin dkk., 2024). Melalui metode ini, peneliti dapat menguji hipotesis secara sistematis.

Kombinasi kedua metode ini memungkinkan analisis kebijakan *biofuel* yang lebih utuh, dengan menangkap data terukur sembari memaknai konteks sosial-kebijakan di dalamnya.

1.4 Hipotesis

Dalam kajian ini, hipotesis tidak diuji secara eksperimental, melainkan digunakan sebagai alat analitis-normatif untuk menilai konsistensi logis, kelayakan empiris, dan relevansi kebijakan *biofuel* dalam kerangka transisi energi berkeadilan. Pendekatan ini penting karena kebijakan *biofuel* di Indonesia cenderung dipengaruhi konfigurasi politik-ekonomi daripada logika teknis dan keberlanjutan ekologis (Papilo dkk., 2022), sehingga pembacaan kritis. Berikut tiga hipotesis dari kajian ini:

Hipotesis 1: Biofuel for Communities - Pendekatan Komunitas adalah Jalan Utama, bukan Tambahan

Hipotesis ini mengkritik dominasi pendekatan top-down dan berbasis pasar dalam pengembangan *biofuel*, sebagaimana tercermin dalam program mandatory blending (B40). Pemerintah mengklaim program ini berhasil menekan impor dan menghemat devisa hingga Rp 161 triliun (USD 10,75 miliar) pada 2023, menyerap 1,6 juta tenaga kerja, serta menurunkan emisi 34,9 juta ton CO_2e (Kementerian ESDM, 2023).

Namun, di balik capaian tersebut, tata kelola program memperkuat dominasi korporasi, bersifat semu-pasar karena ditopang subsidi, dan justru mengorbankan petani sawit swadaya. Terlebih, sumber pendanaan berasal dari dana sawit (Sawit News, 2024). Sesuai mandat Undang-Undang Nomor 39 Tahun 2014 tentang Perkebunan, dana sawit seharusnya digunakan untuk program peremajaan sawit rakyat. Sementara itu, dalam rantai pasok industri biodiesel, peranan petani sawit swadaya ini tidak signifikan.

Karena itu, pengembangan *biofuel* perlu diarahkan pada pelibatan aktif

petani sawit swadaya melalui penguatan kelembagaan, tidak hanya sebagai pemasok bahan baku, tetapi juga sebagai bagian dari produsen. Pendekatan komunitas menjadi alternatif strategis karena berpotensi meningkatkan kemandirian energi lokal sekaligus memperluas pemerataan manfaat sosial-ekonomi (Zhao dkk., 2020), sebagaimana ditunjukkan praktik koperasi biodiesel di Brasil yang efektif meningkatkan kesejahteraan petani kecil (Grangeia dkk., 2022). Hipotesis ini menguji kelayakan model *biofuel* berbasis komunitas sebagai fondasi transisi energi yang lebih adil.

Hipotesis 2: Biofuel for Marine and Aviation Transport - Transportasi Darat bukan Segmen Utama, Fokus pada Transportasi Laut dan Udara

Hipotesis ini menyoroti keterbatasan biodiesel jenis Fatty Acid Methyl Ester (FAME) di sektor darat, seperti masalah kompatibilitas mesin, viskositas tinggi, kinerja suhu rendah, serta densitas tinggi yang berimplikasi pada nilai kalor lebih rendah (Hunicz dkk., 2021). Di saat yang sama, transportasi darat di Indonesia bergerak menuju elektrifikasi, meski masih menghadapi tantangan infrastruktur dan keterjangkauan (IEA, 2023).

Sebaliknya, sektor maritim dan penerbangan lebih potensial untuk *biofuel* jenis **Hydrotreated Vegetable Oil** (HVO) dan *Sustainable Aviation Fuel* (SAF). HVO lebih kompatibel dengan mesin modern, beremisi lebih rendah, dan tidak terlalu bergantung pada bahan baku (Hunicz dkk., 2021). SAF bahkan mampu menurunkan emisi CO_2 hingga 80% dibandingkan dengan bahan bakar konvensional. International Air Transport Association (IATA) memproyeksikan SAF mampu berkontribusi sekitar 65% atau 718 megaton pengurangan CO2 pada tahun 2050 untuk mewujudkan tujuan net zero emission. Sehingga, SAF diproyeksikan berkontribusi sekitar 65% (718 megaton) pengurangan emisi pada 2050, serta dapat digunakan sebagai bahan bakar "drop-in" tanpa modifikasi mesin.

Dengan demikian, hipotesis ini menguji *biofuel*, khususnya HVO dan SAF, lebih relevan diarahkan ke transportasi laut dan udara. Sehingga kebijakan bioenergi tidak lagi berfokus pada volume pencampuran solar, melainkan pada sektor strategis untuk dekarbonisasi.

Hipotesis 3: Biofuel for Land Restorations as Carbon Sink - Harus mengutamakan Konservasi Alam dan Penyerapan Karbon, bukan Sekadar Bauran Energi

Hipotesis ini mengkritik dikotomi antara produksi energi dan konservasi alam. Ekspansi sawit untuk biodiesel, meski dibungkus klaim ekonomi dan lingkungan, tetap berisiko memicu deforestasi tidak langsung melalui pergeseran aktivitas ke kawasan hutan (Ramadhan dkk., 2023). Padahal, Indonesia memiliki sekitar 14 juta hektare lahan terdegradasi dan menargetkan restorasi 12,7 juta hektare, yang membuka peluang pendekatan lanskap berbasis tanaman non-pangan untuk menghasilkan energi sekaligus memulihkan ekosistem (Leksono dkk., 2021). Pengembangan di lahan terdegradasi dengan model bisnis yang tepat dapat menciptakan sumber pendapatan baru, terutama bagi masyarakat lokal, sekaligus menekan ekspansi lahan (IRENA, 2022).

Dengan demikian, hipotesis ini menguji bahwa *biofuel* yang diarahkan pada restorasi ekosistem dan pemanfaatan lahan marginal dapat menjadi fondasi transisi energi yang adil, berkelanjutan, dan berbasis lokal.

[Photo by Icaro Cooke Vieira/Landscape Alliance]

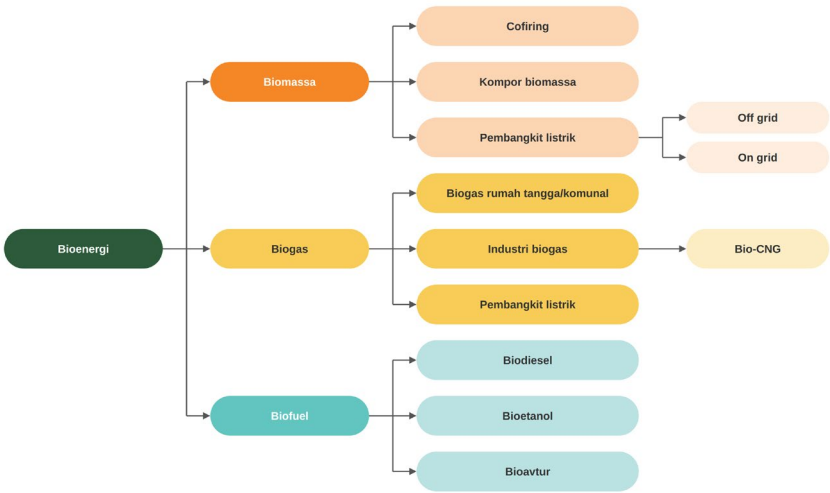
[Nanang Sujana/Landscape Alliance]

BAB 2

PERKEMBANGAN *BIOFUEL* DI INDONESIA

Selama dua dekade terakhir, perkembangan bioenergi menjadi isu strategis dalam agenda transisi energi di Indonesia. Dalam proyeksi jangka panjang, bioenergi dipandang berperan penting dalam pemenuhan kebutuhan energi nasional, terutama karena didukung oleh ketersediaan sumber bahan baku yang melimpah di dalam negeri.

Secara teknis, bioenergi bersumber dari organisme biologi atau bahan organik yang dihasilkan dari tumbuhan dan hewan. Dengan kekayaan keanekaragaman hayati yang besar, Indonesia memiliki potensi dalam pengembangan bioenergi, baik berupa biomassa (bioenergi padat), biogas (bioenergi gas), dan biofuel (bioenergi cair). Energi yang dihasilkan dari ketiga jenis bioenergi ini dapat digunakan sebagai bahan bakar untuk pembangkit listrik dan transportasi.



Gambar 2.1 Jenis-jenis Bioenergi
(Sumber: Kementerian ESDM, 2023)

Untuk jenis *biofuel*, Indonesia telah mengimplementasikan beberapa kebijakan dan program, seperti pencampuran biodiesel dengan solar, pencampuran bioetanol dengan bensin dan uji coba penggunaan bioavtur untuk penerbangan. Meski demikian, hanya kebijakan dan program pencampuran biodiesel dengan solar yang berjalan signifikan, sedangkan

kebijakan dan program lainnya jauh dari target yang ingin dicapai oleh pemerintah.

Kondisi ini disebabkan oleh beberapa faktor. Pertama, rantai pasok biodiesel sudah jauh lebih matang dibandingkan dua jenis *biofuel* lainnya (bioetanol dan bioavtur). Kondisi ini terjadi karena dukungan kuat dari industri sawit yang telah lama menjadi tulang punggung ekonomi. Kedua, dukungan kebijakan dan insentif fiskal maupun nonfiskal telah menciptakan iklim yang kondusif bagi pertumbuhan industri biodiesel. Ketiga, ketersediaan bahan baku domestik yang melimpah membuat biodiesel lebih mudah diimplementasikan secara luas dibandingkan bioetanol dan bioavtur yang masih menghadapi kendala dari sisi teknologi, infrastruktur, dan investasi.

2.1 Jejak Kebijakan *Biofuel* di Indonesia

2.1.1 Kebijakan dan Program Pencampuran *Biofuel*

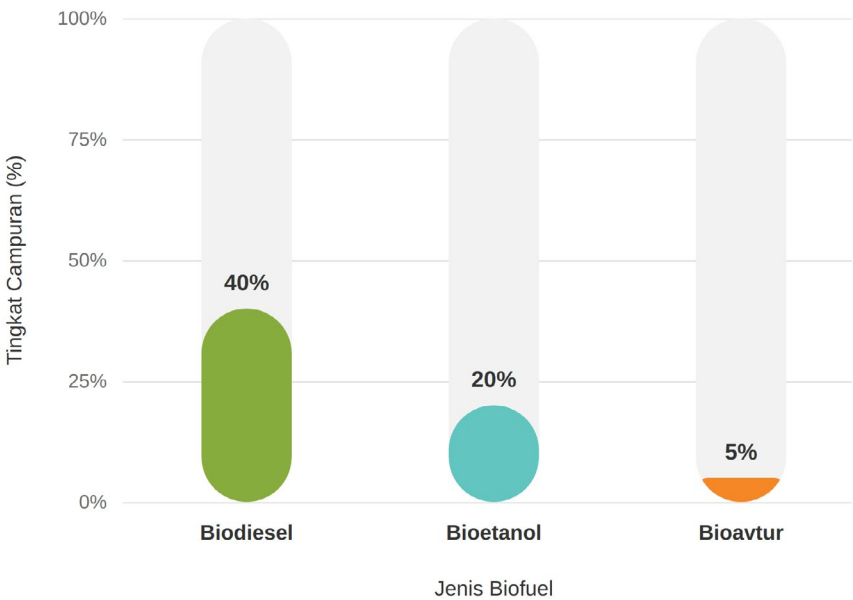
Landasan kebijakan *biofuel* di Indonesia lahir sebagai respons terhadap krisis energi dan tekanan makroekonomi pada 2006, ketika lonjakan harga minyak mentah meningkatkan beban subsidi, memperlebar defisit neraca perdagangan dan APBN, serta memperburuk inflasi, kemiskinan, dan pengangguran (Amir dkk., 2008). Dalam konteks guncangan ekonomi sosial tersebut, pemerintah mulai mengurangi ketergantungan pada energi fosil dengan mendorong *biofuel* sebagai alternatif strategis.

Langkah ini diformalkan melalui Instruksi Presiden Nomor 1 Tahun 2006 tentang Penyediaan dan Pemanfaatan Bahan Bakar Nabati (*Biofuel*) sebagai Bahan Bakar Lain yang ditandatangani oleh Presiden Susilo Bambang Yudhoyono pada 25 Januari 2006. Beleid ini mendorong adanya pencampuran bahan bakar jenis *biofuel* dengan BBM agar menurunkan konsumsi BBM dan impornya, sekaligus sebagai instrumen pengentasan kemiskinan (Romadhona dkk., 2024).

Namun, implementasinya menunjukkan ketimpangan. Meskipun pencampuran biodiesel dengan solar relatif dianggap lebih berhasil dibandingkan bioetanol dan bioavtur, pengembangan kedua jenis *biofuel* tersebut masih tertinggal jauh dari target. Kondisi Ini semakin menegaskan bahwa sejak awal arah kebijakan *biofuel* tidak berkembang secara seimbang.

Setelah dua dekade berlalu, pemerintah kembali menetapkan target pencampuran *biofuel* melalui Peraturan Menteri ESDM Nomor 4 Tahun 2025

tentang Pengusahaan dan Pemanfaatan Bahan Bakar Nabati. Beleid ini menargetkan program pencampuran biodiesel sebesar 40% (B40), bioetanol sebesar 20% (E20) dan bioavtur sebesar 5% (J5) pada 2025. Melalui kebijakan ini pemerintah juga menempatkan *biofuel* sebagai bagian integral dari strategi energi nasional. Akan tetapi, seiring berjalannya waktu rasionalisasi kebijakan *biofuel* mengalami pergeseran karena dinamika ekonomi domestik (US Department of Agriculture [USDA], 2024).



Gambar 2.2 Target Tingkat Campuran Jenis-jenis *Biofuel*
(Sumber: Peraturan Menteri ESDM Nomor 4 Tahun 2025)

Meski kerap diklaim sebagai keberhasilan transisi energi, pengembangan *biofuel* di Indonesia masih tertinggal dibanding Brasil, Amerika Serikat, dan Uni Eropa (Traction Energy Asia, 2020). Kebijakan mandatori pencampuran *biofuel* pun belum memenuhi prinsip transisi energi berkeadilan. Bagian ini menganalisis dinamika biodiesel, bioetanol, dan bioavtur untuk menunjukkan bahwa implementasinya belum maksimal.

A. Kebijakan dan Program Pencampuran Biodiesel

Biodiesel masih menjadi fokus utama kebijakan *biofuel* di Indonesia saat ini. Hingga 2025, pemerintah mengklaim keberhasilan pencampuran biodiesel

mencapai 13,5 juta kiloliter dengan kadar 40% (B40) dan ditargetkan meningkat hingga B100. Namun, seluruh skema ini bergantung pada satu bahan baku, yaitu minyak sawit monokultur yang diolah menjadi Fatty Acid Methyl Ester (FAME), lalu dicampurkan ke dalam bahan bakar minyak (BBM) sebelum didistribusikan ke konsumen.

Ketergantungan ini menimbulkan persoalan struktural baru. Kebijakan pencampuran biodiesel saat ini, justru secara bertahap bertransformasi menjadi instrumen rekayasa pasar untuk menyerap surplus Crude Palm Oil (CPO), sehingga fungsi utamanya bergeser menjadi stabilisator harga dan penopang industri sawit domestik (Madani Berkelanjutan, 2022; Badan Pengelola Dana Perkebunan (BPDP), 2023).

Pergeseran orientasi tersebut berdampak langsung pada cara evaluasi kebijakan. Fokus kebijakan kini lebih menitikberatkan pada capaian kuantitas, yakni volume minyak sawit yang terserap melalui program mandatori biodiesel, sementara aspek kualitas seperti keberlanjutan ekologis dan sosial cenderung terpinggirkan. Hal ini tercermin dari rendahnya skor keberlanjutan di wilayah penghasil utama seperti Riau dan Sumatera Utara, serta minimnya partisipasi petani, komunitas lokal, dan masyarakat adat dalam proses kebijakan, yang justru didominasi pemerintah dan korporasi besar (Dharmawan dkk., 2020; Djatmika dkk., 2024).

Orientasi berbasis target produksi ini juga memperkuat ketergantungan pada insentif fiskal. Program biodiesel ditopang subsidi yang menutup selisih harga biodiesel dan solar, dengan sumber dari dana perkebunan sawit, yang dikelola Badan Pengelola Dana Perkebunan (BPDP). Skema ini menimbulkan risiko fiskal akibat ketergantungan tersebut. Indikasi utama terlihat dari alokasi insentif yang mencapai Rp35,47 triliun untuk program B40. Artinya, keberlanjutan kebijakan ini menjadi sangat bergantung pada dukungan keuangan negara dan mengurangi efektivitas alokasi anggaran untuk sektor lain (Reuters, 2025).

Di sisi lain, meningkatnya permintaan domestik mendorong pelaku usaha berorientasi pada pasar dalam negeri (captive market), yang berpotensi menurunkan daya saing global, selain memicu kelebihan pasokan yang justru dapat menurunkan daya saing industri. Kompetisi dengan kebijakan kendaraan listrik yang juga didukung insentif fiskal semakin menambah tekanan. Pada saat yang sama, ekspansi produksi biodiesel meningkatkan permintaan minyak sawit yang berisiko mendorong perluasan lahan,

deforestasi, dan kerusakan ekosistem (Saputra dkk., 2021; LPEM FEB UI & Greenpeace Indonesia, 2020)

B. Kebijakan dan Program Pencampuran Bioetanol

Kebijakan pencampuran bioetanol awalnya dirancang untuk mengurangi ketergantungan impor bahan bakar fosil sekaligus menyediakan energi yang lebih ramah lingkungan. Namun, implementasinya belum mampu mencapai tujuan tersebut karena membutuhkan investasi besar untuk infrastruktur produksi.

Implementasi bioetanol sangat bergantung pada investasi besar untuk pembangunan infrastruktur produksi, seperti pabrik skala industri. Sebagai ilustrasi, pabrik berkapasitas 1,76 juta kiloliter membutuhkan investasi hingga USD 1,80 miliar (Kementerian Investasi dan Hilirisasi, 2022). Di tengah ekosistem bisnis yang belum matang dan risiko investasi yang tinggi, pelaku usaha menjadi cenderung menahan diri. Akibatnya, pengembangan produksi bioetanol berjalan lambat dan ketergantungan terhadap impor bensin tetap sulit ditekan.

Di sisi lain, kebijakan bioetanol sebagai bagian dari transisi energi juga menyimpan kontradiksi ekologis. Implementasinya membutuhkan lahan dalam skala besar untuk bahan baku produksi bioetanol E10 saja diperkirakan memerlukan sekitar satu juta hektare lahan tebu baru, sehingga memunculkan risiko perluasan deforestasi (Media Ekonomi Bisnis, 2025).

Kebijakan ini juga bukan inisiatif baru, melainkan berkelanjutan sejak era Presiden Susilo Bambang Yudhoyono hingga diperkuat melalui Peraturan Presiden Nomor 40 Tahun 2023 tentang Percepatan Swasembada Gula Nasional dan Penyediaan Bioetanol sebagai Bahan Bakar Nabati (*Biofuel*) pada masa Presiden Joko Widodo. Sebulan setelah aturan ini disahkan, Presiden Jokowi menanam tebu perdana di Kabupaten Merauke, Provinsi Papua Selatan, sebagai simbol dimulainya implementasi proyek tersebut.

Setahun kemudian, pemerintah membentuk Satuan Tugas Percepatan Swasembada Gula dan Bioetanol dengan target pengembangan satu juta hektare lahan tebu di Merauke sebagai Proyek Strategis Nasional (PSN). Namun, implementasinya menuai kritik karena disertai dengan penggusuran lahan, hutan, dan rawa. Kondisi tersebut kian menunjukkan kebijakan bioetanol, meski berangkat dari tujuan transisi energi, berpotensi memicu

kerusakan lingkungan jika dijalankan tanpa pengamanan yang memadai (BBC Indonesia, 2025).

C. Kebijakan dan Program Pencampuran Bioavtur

Berbeda dengan dua jenis *biofuel* lainnya, kebijakan pengembangan bioavtur di Indonesia masih berjalan lambat. Regulasi yang ada saat ini, seperti Peraturan Menteri ESDM Nomor 4 Tahun 2025 tentang Pengusahaan dan Pemanfaatan Bahan Bakar Nabati, hanya mengatur peningkatan campuran bioavtur secara bertahap hingga mencapai 5% (J5). Namun, implementasi program mandatori bioavtur belum terealisasi dan baru dijadwalkan mulai berjalan pada tahun 2026 (Kementerian ESDM, 2025).

Keterlambatan ini terutama disebabkan ketiadaan skema insentif untuk menutup selisih harga dengan avtur konvensional. Harga bioavtur yang cenderung lebih tinggi membuatnya belum kompetitif di pasar, sehingga pelaku industri belum memiliki dorongan ekonomi yang cukup kuat untuk beralih ke jenis *biofuel* ini (Republik Indonesia, 2024).

2.1.2 Analisis Tata Kelola *Biofuel* di Indonesia

Tata kelola merupakan aspek penting dalam upaya pengembangan *biofuel* sebagai bagian dari kebijakan transisi energi di Indonesia. Tata kelola yang baik tidak hanya meningkatkan efektivitas pencapaian program, tetapi dapat mencegah praktik korupsi, memperkuat daya saing usaha dan menciptakan keadilan dalam transisi energi. Oleh karena itu, menganalisis jejak tata kelola dalam program *biofuel* menjadi penting untuk melihat sejauh mana pengembangan *biofuel* tersebut dikelola dengan baik oleh semua stakeholder yang terlibat dalam program tersebut.

A. Tata Kelola Biodiesel

Perkembangan pesat kebijakan biodiesel telah membentuk tata kelola yang lebih mapan dibandingkan bioetanol dan bioavtur. Namun, kematangan ini tidak otomatis menghadirkan pemerataan manfaat ekonomi, sosial, dan lingkungan. Sebaliknya, berbagai persoalan tata kelola justru membatasi potensi manfaat kebijakan yang telah dirancang.

Pertama, aspek transparansi masih lemah. Idealnya, tata kelola yang transparan (transparent governance) memungkinkan publik dapat mengakses data dan informasi terkait kebijakan, proses pengambilan

keputusan, hingga hasil program secara jelas, akurat, dan terbuka. Secara normatif, regulasi telah mengamanatkan prinsip transparansi, misalnya dalam Peraturan Menteri ESDM Nomor 24 Tahun 2021 Pasal 5 ayat (5) yang mengatur prinsip transparansi dalam pengadaan biodiesel oleh badan usaha. Namun, implementasinya belum konsisten.

Bentuk inkonsistensi tersebut terlihat dalam penetapan Harga Indeks Pasar (HIP) biodiesel sebagai dasar insentif yang tidak dilakukan secara terbuka, sehingga rentan disalahgunakan dan membuka peluang korupsi (Saputra dkk., 2022). Indikasi masalah ini terlihat dari dugaan manipulasi HIP yang melibatkan sejumlah perusahaan besar seperti Wilmar Group, Permata Hijau Group, dan Musim Mas Group (Kompas, 2023).

Selain itu, tata kelola dana oleh Badan Pengelola Dana Perkebunan (BPDP) juga belum transparan dan minim pengawasan publik (Abidin, 2023). Hal ini diperparah oleh kekosongan pengaturan yang jelas terkait penggunaan dana perkebunan sawit untuk insentif biodiesel. Undang-Undang Nomor 39 Tahun 2014 tentang Perkebunan pada pasal 93 memang mengatur penghimpunan dana dari pungutan ekspor CPO, namun penggunaannya masih diprioritaskan untuk pengembangan Sumber Daya Manusia (SDM), riset, peremajaan, promosi, serta sarana prasarana. Belum ada pengaturan secara eksplisit diprioritaskan untuk subsidi biodiesel. Kondisi ini menegaskan adanya celah tata kelola yang signifikan dalam implementasi kebijakan biodiesel.

Kedua, tata kelola biodiesel belum menjamin ruang partisipasi bermakna bagi petani, komunitas lokal, dan masyarakat adat. Idealnya, tata kelola yang partisipatif (participatory governance) memungkinkan masyarakat dapat berpartisipasi secara bermakna dalam proses pengambilan keputusan. Secara normatif, Undang-Undang Nomor 13 Tahun 2022 tentang Pembentukan Peraturan Perundang-undangan menegaskan bahwa partisipasi bermakna hanya bisa tercapai jika memenuhi tiga syarat. Ketiganya yaitu (1) masyarakat punya hak untuk menyampaikan pendapat (right to be heard), (2) pendapat masyarakat benar-benar dipertimbangkan (right to be considered), dan (3) masyarakat mendapat penjelasan atau jawaban atas pendapat yang disampaikan (right to be explained).

Namun, prinsip ini belum terintegrasi dalam regulasi biodiesel. Sebagaicontoh, Peraturan Menteri ESDM Nomor 4 Tahun 2025 tentang Pengusahaan dan Pemanfaatan Bahan Bakar Nabati, pada pasal 11 hanya

mewajibkan badan usaha membantu pengembangan masyarakat, yang lebih menyerupai skema tanggung jawab sosial perusahaan (corporate social responsibility/CSR) daripada mekanisme partisipasi substantif dalam pengambilan keputusan. Kondisi ini menunjukkan tata kelola biodiesel masih bersifat eksklusif dan belum membuka ruang keterlibatan publik secara bermakna.

Dalam implementasinya, ketiadaan regulasi partisipatif menimbulkan persoalan struktural dalam tata kelola biodiesel. Di tingkat pusat, keputusan strategis masih bersifat sentralistik tanpa konsultasi bermakna dengan kelompok terdampak, sehingga kebijakan kerap mengabaikan kebutuhan lokal dan risiko sosial-ekologis. Hal ini tercermin dari alokasi dana BPDP yang didominasi insentif untuk perusahaan, sementara dukungan bagi petani relatif kecil (Ikbal dkk., 2025).

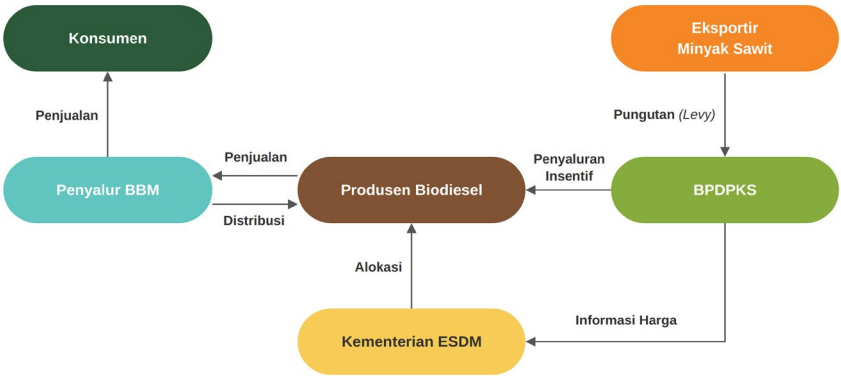
Di tingkat daerah, ketimpangan juga terlihat dalam penetapan harga tandan buah segar (TBS). Petani tidak dilibatkan dalam proses penentuan harga dan memiliki posisi tawar lemah, bahkan dibatasi menjual langsung hanya dalam radius 5 km. Di luar itu, mereka bergantung pada tengkulak dengan harga lebih rendah (Djatmika dkk., 2024).

Ketiga, tata kelola biodiesel belum sepenuhnya berbasis bukti (evidence-based policy). Meski program B40 telah diuji coba dan didukung insentif sekitar Rp 35,47 triliun (Reuters, 2025), manfaatnya secara historis lebih banyak dinikmati perusahaan dibanding petani (Djatmika dkk., 2024). Hal ini menunjukkan bahwa arah kebijakan lebih dipengaruhi pertimbangan politik-ekonomi daripada evaluasi berbasis dampak.

Kebijakan biodiesel juga dibangun atas asumsi pasokan yang terlalu optimistis tanpa didukung kajian kelayakan yang komprehensif. Proyeksi ekspansi sawit hingga 20 juta hektare cenderung mengabaikan batas daya dukung lingkungan (Transparency International Indonesia [TII], 2025). Akibatnya, pencapaian target produksi berpotensi mendorong ekspansi ke lahan gambut dan kawasan hutan, dengan risiko kerusakan ekosistem, peningkatan emisi, dan hilangnya fungsi ekologis (Madani Berkelanjutan, 2024).

Keempat, tata kelola biodiesel masih bersifat sentralistik dan didominasi pemerintah pusat serta korporasi. Kebijakan strategis seperti B40 ditentukan secara top-down oleh Kementerian ESDM, Pertamina, dan BPDP, sehingga

lebih berorientasi pada pertumbuhan ekonomi dan kemandirian energi, namun kurang mempertimbangkan dampak sosial dan lingkungan di tingkat lokal (Gambar 2.3). Kondisi ini berisiko menempatkan petani sebagai pihak yang dirugikan, padahal seharusnya menjadi penerima manfaat utama (Firdaus dan Apriliyanti, 2024).



Gambar 2.3 Tata Kelola Biodiesel di Indonesia
(Sumber: USDA, 2024)

Kelima, tata kelola biodiesel masih lemah dalam integrasi lintas sektor. Industri ini melibatkan banyak kementerian dan lembaga dengan mandat berbeda, seperti Kementerian Pertanian, Kementerian Lingkungan Hidup, dan Kementerian Kehutanan, serta bertambah kompleks ketika aspek energi ikut diperhitungkan. Namun, alih-alih terkoordinasi, kebijakan kerap tumpang tindih atau bahkan saling bertentangan karena belum adanya desain tata kelola yang terintegrasi, termasuk dengan pemerintah daerah. Akibatnya, implementasi program mandatori biodiesel tidak hanya tidak efisien, tetapi juga menghasilkan distribusi manfaat yang tidak merata (Suprehatin & Ramadhan, 2025).

B. Tata Kelola Bioetanol

Berbeda dengan biodiesel yang digerakkan oleh urgensi penyerapan surplus sawit, pengembangan bioetanol belum mendapatkan prioritas kebijakan yang setara. Kondisi ini menyebabkan tata kelolanya belum mapan dan belum terintegrasi dalam ekosistem bisnis yang utuh, yang mencerminkan adanya hambatan struktural yang belum teratasi.

Pertama, keterbatasan bahan baku dan kapasitas produksi. Meski telah ada implementasi campuran 5% (E5), sifatnya masih sukarela dan belum menjadi

mandatori. Target E10 pada 2027 membutuhkan pasokan 4 juta kiloliter, sementara kapasitas produksi saat ini hanya sekitar 60 ribu kiloliter, yang bahkan belum cukup untuk E5. Artinya, diperlukan peningkatan kapasitas lebih dari 60 kali dalam waktu singkat, yang secara realistis sulit dicapai (Kementerian ESDM, 2025; Kementerian Investasi dan Hilirisasi, 2025; Kementerian ESDM, 2025).

Kedua, konflik antara kebutuhan energi dan pangan. Target bioetanol berbasis tebu beririsan dengan ambisi swasembada gula pada 2026-2028, yang diperkirakan meningkatkan kebutuhan hingga lebih dari 6 juta ton, jauh di atas produksi saat ini yang hanya 2,2-2,5 juta ton per tahun. Kondisi ini membuat pemenuhan target E10 dari sumber domestik semakin tidak realistis (Kementerian ESDM, 2025; Kementerian Pertanian, 2025).

Ketiga, ketiadaan skema pendanaan khusus untuk pengembangan bioetanol. Tidak adanya lembaga seperti BPDP membuat pengembangan industri bioetanol bergantung pada APBN untuk insentif, berbeda dengan biodiesel yang ditopang pungutan ekspor. Ketergantungan ini justru meningkatkan kerentanan fiskal dan memperlemah keberlanjutan program mandatori bioetanol.

C. Tata Kelola Bioavtur

Dalam konteks perbandingan antar-jenis *biofuel*, bioavtur menempati posisi yang paling tertinggal. Tata kelola bioavtur masih belum berkembang karena pemanfaatannya baru berada pada tahap uji coba, sehingga sistemnya belum terbentuk. Hingga kini, implementasinya baru sebatas uji coba penerbangan oleh Garuda Indonesia pada 2023 dengan campuran 2,4% (J2,4) berbasis palm kernel oil (PKO) (Kementerian Perhubungan, 2023).

Meski demikian, pemerintah mulai membangun kerangka awal melalui Peta Jalan Pengembangan Industri Sustainable Aviation Fuel (SAF) Indonesia. SAF merupakan bahan bakar penerbangan berbasis sumber terbarukan, seperti minyak nabati, limbah pertanian, atau biomassa, yang dirancang memiliki karakteristik serupa dengan bahan bakar jet konvensional. Secara lebih spesifik, bioavtur merupakan salah satu bentuk SAF yang diproduksi dari minyak nabati melalui proses seperti hydroprocessed esters and fatty acids (HEFA).

Peta jalan tersebut menargetkan pembentukan tata kelola dan ekosistem

industri SAF pada 2026, yang menandakan pengembangan bioavtur masih berada pada fase persiapan menuju sistem yang lebih matang (Kementerian Koordinator Bidang Kemaritiman dan Investasi, 2024).

2.1.3 Analisis Kebijakan Insentif Fiskal dan Non Fiskal

Kebijakan insentif merupakan instrumen kunci dalam pengembangan energi terbarukan, mengingat risiko bisnisnya lebih tinggi dibanding energi konvensional. Karena itu, hampir semua negara menerapkan insentif, baik fiskal maupun nonfiskal, untuk menjaga daya saing dan keberlanjutan *biofuel*.

Di Indonesia, insentif menjadi penopang utama keberlangsungan program biodiesel. Dapat dipastikan, program ini berisiko tidak berjalan optimal tanpa adanya insentif. Namun, kebijakan insentif biodiesel itu sendiri masih menghadapi persoalan mendasar terkait tata kelola, keberlanjutan fiskal, dan distribusi manfaat. Perbandingan karakter insentif pada biodiesel, bioetanol, dan bioavtur dirangkum dalam Tabel 2.1 di bawah ini.

Tabel 2.1 Analisis Kebijakan Insentif pada Biodiesel, Bioetanol, dan Bioavtur

Parameter	Biodiesel	Bioetanol	Bioavtur
Sumber Insentif	Dana yang dikelola oleh BPDP, seperti pungutan ekspor CPO	Belum tersedia	Belum tersedia
Skema Insentif	Insentif untuk selisih HIP antara biodiesel dan solar	Belum tersedia	Belum tersedia
Status Implementasi	Terinstitusion-alisasi melalui BPDB dan regu-lasi terkait	Dalam tahap perencanaan dengan target implementasi pada tahun 2027	Dalam tahap perencanaan awal dengan target implementasi pada tahun 2029-2030

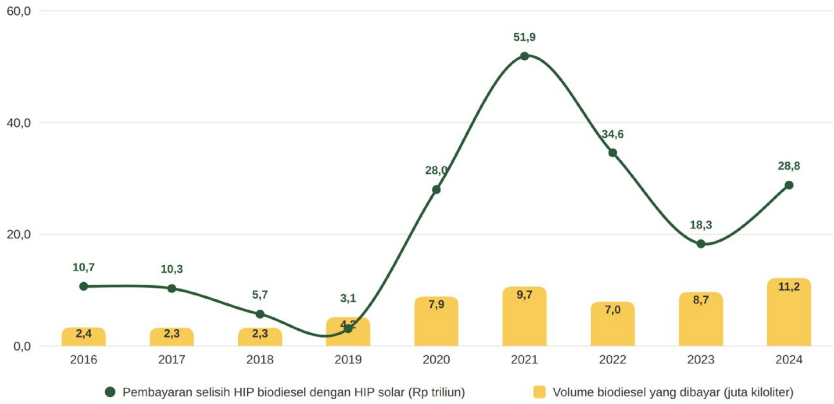
(Sumber: diolah dari Peraturan Presiden Nomor 132 Tahun 2024 tentang Pengelolaan Dana Perkebunan, Antara News, 2025, Kementerian Koordinator Bidang Kemaritiman dan Investasi, 2024)

A. Kebijakan Insentif untuk Biodiesel

Dalam implementasinya, insentif untuk biodiesel bukan lagi sekadar instrumen pelengkap, melainkan telah menjadi fondasi utama yang menentukan keberlangsungan program. Ketergantungan yang tinggi ini justru mengindikasikan adanya kelemahan struktural dalam desain kebijakan, yang rapuh dan rentan terhadap tekanan fiskal maupun dinamika pasar.

Pertama, implementasi mandatori biodiesel sangat bergantung pada insentif untuk menutup selisih harga (price gap) antara Harga Indeks Pasar (HIP) biodiesel dan solar. Ketergantungan ini berpotensi menimbulkan beban fiskal jangka menengah-panjang, terutama saat harga CPO naik atau pasokan menurun (Sahara dkk., 2022). Pada 2025, pemerintah bahkan menambah Rp16 triliun di luar alokasi awal Rp35 triliun, sehingga total insentif mencapai Rp51 triliun hanya untuk menopang program B40 (Kementerian ESDM, 2025).

Kedua, skema insentif bergantung pada pungutan ekspor CPO dan turunannya yang dikelola BPDP, bukan APBN. Meskipun inovatif, model ini menciptakan kerentanan ekonomi dan menghambat diversifikasi bahan baku. Pada 2024, insentif mencapai Rp28,8 triliun untuk 11,2 juta kiloliter biodiesel (BPDP, 2024; lihat gambar 2.4). Ketergantungan ini membentuk path dependency, yaitu semakin besar ekspor CPO, semakin besar pula insentif yang tersedia, sehingga keberlanjutan program terikat pada fluktuasi pasar ekspor. Ketika harga atau volume ekspor turun, kapasitas pendanaan ikut melemah (Sahara dkk., 2022).



Gambar 2.4 Pembayaran Selisih HIP Biodiesel dan Volume Biodiesel Tahun 2016-2024 (Sumber: BPDP, 2022; BPDP, 2023; BPDP, 2024)

Pada titik ini, skema pendanaan melalui pungutan ekspor CPO justru menciptakan insentif negatif, dimana dana yang dihimpun dari industri sawit kembali disalurkan ke industri yang sama, sehingga memperkuat ketergantungan pada satu komoditas dan menghambat diversifikasi bahan baku. Akibatnya, produsen dan investor tidak terdorong beralih ke alternatif karena ketiadaan dukungan finansial serupa, sekaligus membuat sistem rentan terhadap volatilitas pasar global (Sahara dkk., 2022).

Ketiga, ketergantungan ini juga menciptakan kerentanan terhadap dinamika pasar global dan regulasi internasional. Peningkatan konsumsi domestik melalui program seperti B50 diproyeksikan menekan ekspor -- dari US$ 36 miliar (2024) menjadi US$ 27 miliar (2029) -- serta menurunkan penerimaan pungutan ekspor dari US$ 3 miliar menjadi US$ 2,8 miliar, yang merupakan sumber utama insentif biodiesel (Madani Berkelanjutan, 2025). Tekanan ini diperkuat oleh regulasi seperti European Union Deforestation Regulation (EUDR) yang membatasi impor produk berbasis sawit, sehingga berpotensi mengganggu kapasitas pendanaan insentif (Awaliyah dkk., 2023).

Kerentanan struktural ini juga tercermin dalam proyeksi pasokan dan kebutuhan bahan baku. Dengan asumsi implementasi B30 (2023), B35 (2024), B40 (2025-2028), dan B50 (2029-2045), kebutuhan domestik diproyeksikan mencapai 80,50 juta ton CPO pada 2045, sementara produksi hanya sekitar 65,53 juta ton. Defisit 14,97 juta ton ini berimplikasi langsung pada tekanan fiskal, karena pemerintah harus meningkatkan insentif untuk menjaga harga biodiesel tetap kompetitif terhadap solar (Traction Energy Asia, 2024).

Keempat, konflik antara kebutuhan pangan dan energi semakin memperumit skema insentif. Sebagai komoditas multiguna, alokasi CPO saat ini terkesan berfluktuasi mengikuti dinamika pasar. Pada periode tertentu seperti menjelang hari raya, konsumsi sawit untuk pangan akan cenderung meningkat sehingga alokasi untuk biodiesel berkurang. Namun ketika stok CPO berlimpah, akan segera dialihkan untuk biodiesel agar terserap. Tanpa desain kebijakan yang komprehensif, tarik-menarik ini berisiko mengganggu pasokan baik untuk pangan maupun energi (Hakim dkk., 2025).

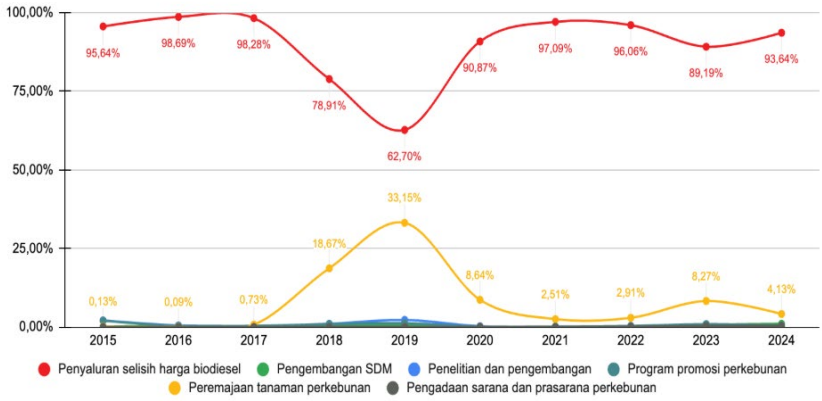
Kelima, skema insentif belum disertai verifikasi manfaat sosial dan lingkungan. Peraturan Presiden Nomor 132 Tahun 2024 tentang Pengelolaan Dana Perkebunan, pada pasal 18 menetapkan perhitungan insentif semata berdasarkan selisih HIP biodiesel dan solar, lalu diverifikasi oleh Kementerian ESDM, untuk kemudian disalurkan ke badan usaha. Artinya, formula insentif

sepenuhnya ekonomis, tanpa kewajiban mempertimbangkan indikator sosial seperti kesejahteraan petani maupun perlindungan lingkungan.

Hal ini diperburuk dengan tidak adanya kewajiban sertifikasi keberlanjutan seperti Indonesian Sustainable Palm Oil (ISPO) atau Roundtable on Sustainable Palm Oil (RSPO) bagi penerima insentif. Dengan begitu, dana publik tetap dapat mengalir tanpa jaminan praktik berkelanjutan yang kuat (Rahutomo dkk., 2025).

Keenam, distribusi insentif masih cenderung timpang. Dalam satu dekade terakhir, BPDP mengelola rata-rata Rp21 triliun per tahun, dengan 62,7-98,7% dialokasikan untuk menutup selisih harga biodiesel. Sementara program penguatan sektor hulu hanya mendapat 0,1-1,0% (BPDP, 2020; BPDP, 2024). Akibatnya, ruang peningkatan kapasitas petani tetap terbatas, meski menjadi mandat awal pembentukan BPDP.

Di atas kertas, skema ini seolah-olah memang dirancang untuk lebih mudah diakses oleh perusahaan yang memiliki sumber daya cukup besar untuk memenuhi seluruh persyaratan administratif. Sementara itu, petani umumnya terkendala legalitas lahan karena seringkali hanya memiliki Surat Keterangan Tanah (SKT) yang lemah secara hukum, sehingga sulit mengakses dukungan insentif (Utami dan Halimatussadiah, 2021).



Gambar 2.5 Tren Penyaluran Dana oleh BPDP Tahun 2015-2024 (Sumber: BPDP, 2016; BPDP, 2018; BPDP, 2020; BPDP, 2024)

Tabel 2.2 Proporsi Penyaluran Dana oleh BPDP 2015-2024

Program/ kegiatan	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
Penyaluran selisih harga biodiesel	95,641%	98,688%	98,282%	78,906%	62,698%	90,868%	97,095%	96,062%	89,186%	93,643%
Pengembangan SDM	0,138%	0,412%	0,270%	0,478%	0,680%	0,150%	0,121%	0,267%	0,722%	1,002%
Penelitian dan pengembangan	2,099%	0,487%	0,347%	1,008%	2,242%	0,235%	0,104%	0,327%	0,588%	0,366%
Program promosi perkebunan	1,995%	0,327%	0,372%	0,925%	1,222%	0,111%	0,156%	0,334%	0,906%	0,457%
Peremajaan tanaman perkebunan	0,128%	0,086%	0,728%	18,668%	33,149%	8,635%	2,508%	2,914%	8,270%	4,129%
Pengadaan sarana dan prasarana perkebunan	0,000%	0,000%	0,000%	0,014%	0,009%	0,001%	0,017%	0,097%	0,328%	0,402%
Total (%)	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
Total (Rp triliun)	Rp0,5	Rp10,8	Rp10,8	Rp6,1	Rp5,5	Rp30,9	Rp53,5	Rp36,2	Rp20,7	Rp31,4

(Sumber: BPDP, 2016; BPDP, 2018; BPDP, 2020; BPDP, 2024)

Ironisnya, manfaat insentif biodiesel terkonsentrasi pada segelintir perusahaan yang menguasai hampir separuh pangsa pasar nasional. Ketimpangan ini diduga terkait dengan keterlibatan politically exposed persons (PEP), di mana terdapat 17 PEP yang berafiliasi dengan tiga dari 12 grup penerima insentif pada 2023. Kondisi ini menimbulkan indikasi kuat adanya pengaruh politik dalam penentuan besaran insentif, yang diperparah oleh ketiadaan kategorisasi atau panduan alokasi dana BPDP yang transparan (Auriga, 2024).

Tabel 2.3 Perusahaan dengan Penerimaan Insentif Biodiesel Terbesar Tahun 2015-2023

No	Nama Perusahaan	Dana Insentif Biodiesel yang Diterima (Rp miliar)
1	Wilmar	56.610
2	Musim Mas	26.469
3	Royal Golden Eagle	21.314
4	Permata Hijau	14.918
5	Sinar Mas	14.036
6	Darmex Agro	10.714

7	KPN Agro	7.552
8	Louis Dreyfus	6.824
9	Sungai Budi	6.447
10	Best Grup	5.382

(Sumber: Auriga, 2024)

Di sisi nonfiskal, kemudahan perizinan juga lebih berpihak pada perusahaan dibanding petani, komunitas lokal, dan masyarakat adat. Secara formal, Peraturan Menteri Pertanian Nomor 45 Tahun 2019 tentang Pelayanan Perizinan Berusaha Terintegrasi secara Elektronik di Bidang Pertanian, pada pasal 5 mewajibkan pelaku usaha memiliki Izin Usaha Perkebunan (IUP) yang hanya dapat diajukan setelah memperoleh izin prasarana melalui sistem Online Single Submission (OSS) (pasal 23 dan 24). Permohonan ini dilengkapi pula dengan berbagai dokumen administratif seperti rencana kerja, fasilitasi kebun masyarakat, dan persetujuan masyarakat adat.

Namun, kompleksitas persyaratan ini justru menciptakan hambatan struktural baru. Perusahaan akan jauh relatif mudah untuk memenuhi kompleksitas persyaratan tersebut, sementara petani dengan keterbatasan sumber daya dan akses hukum semakin terpinggirkan dari akses legal dan manfaat kebijakan.

B. Kebijakan Insentif untuk Bioetanol

Berbeda dengan biodiesel yang telah memiliki skema insentif terinstitusionalisasi melalui BPDP, pengembangan bioetanol belum didukung mekanisme serupa. Akibatnya, pertumbuhannya tertahan oleh hambatan fiskal yang signifikan.

Pertama, bioetanol menghadapi disinsentif fiskal berupa pengenaan cukai. Berdasarkan Peraturan Menteri Keuangan Nomor 160 Tahun 2023 tentang Tarif Cukai Etil Alkohol, Minuman yang Mengandung Etil Alkohol dan Konsentrat yang Mengandung Etil Alkohol, etanol termasuk barang kena cukai. Hal ini secara efektif menciptakan regulatory price floor dan membuat harga bioetanol saat ini sekitar Rp13.000-Rp14.000 per liter menjadi kurang kompetitif dibandingkan bensin.

Meski regulasi tersebut membuka ruang pembebasan cukai untuk etanol non-minuman, implementasinya terhambat oleh tumpang tindih Klasifikasi Baku Lapangan Usaha Indonesia (KBLI) antara etanol bahan bakar dan industri makanan-minuman. Tanpa pemisahan klasifikasi ini, kebijakan pembebasan cukai sulit dijalankan secara efektif (Kementerian ESDM, 2025). Dengan kondisi tersebut, jika kebijakan cukai tetap diberlakukan maka harga bioetanol akan menjadi lebih mahal dibandingkan bensin. Akibatnya, program pencampuran bioetanol berpotensi gagal meskipun bahan bakunya tersedia.

Kedua, dukungan insentif saat ini masih berfokus pada sisi produksi (supply side). Pemerintah cukup loyal memberikan kemudahan perizinan dan fasilitas tax holiday untuk mendorong pembangunan pabrik etanol, termasuk proyek berbasis tebu di Merauke (Kementerian ESDM, 2025; (BBC Indonesia, 2025). Namun, pendekatan ini belum diimbangi insentif pada sisi permintaan dan distribusi, sehingga berisiko menciptakan ketimpangan, di mana kapasitas produksi meningkat tanpa diiringi dengan jaminan penyerapan pasar. Tanpa dorongan konsumsi, pengembangan bioetanol berpotensi stagnan (Wirawan dkk., 2024).

Ketiga, belum terdapat skema stabilisasi harga bioetanol. Berbeda dengan biodiesel yang didukung mekanisme gap funding terinstitusionalisasi, program mandatori bioetanol belum memiliki instrumen untuk menjaga kestabilan harga di tengah fluktuasi minyak dan etanol (Rifa'i dkk., 2022). Ketiadaan skema stabilisasi harga ini cenderung melemahkan sisi permintaan.

Dengan kata lain, harga bioetanol yang lebih tinggi dan cenderung sensitif terhadap fluktuasi harga minyak maupun etanol, membuatnya sulit bersaing dengan bensin. Selisih harga bahkan diproyeksikan mencapai sekitar Rp4.160 per liter pada 2030. Sehingga tanpa intervensi harga, permintaan bioetanol tidak akan terbentuk secara signifikan (Purwanto & Utama, 2024).

C. Kebijakan Insentif untuk Bioavtur

Ketimpangan desain insentif antar-jenis *biofuel* semakin terlihat pada jenis bioavtur, yang hingga kini masih berada pada tahap pengembangan paling awal, dengan skema insentif yang belum dirancang secara jelas. Karena itu, hambatan ekonomi dalam pengembangan bioavtur lebih kompleks dibanding bioetanol yang menyebabkan pengembangannya berjalan lambat

(Kementerian Koordinator Bidang Kemaritiman dan Investasi, 2024).

Tantangan utama pengembangan bioavtur terletak pada biaya produksi yang jauh lebih tinggi dibandingkan avtur. Berbeda dengan biodiesel yang telah memiliki skema insentif terinstitusionalisasi, bioavtur masih berada pada tahap uji coba sehingga insentifnya terbatas pada riset dan pengembangan, belum mencapai skala komersial (Kementerian ESDM, 2024). Untuk mengatasi masalah ini, pengembangan bioavtur memerlukan intervensi kebijakan yang kuat, baik dalam bentuk program mandatori maupun skema insentif.

Namun, perancangan insentif bioavtur tidak dapat disederhanakan. Struktur biayanya dipengaruhi teknologi mahal dan kewajiban standar global seperti Carbon Offsetting and Reduction Scheme for International Aviation (CORSIA), sehingga memerlukan kepastian permintaan jangka panjang (demand certainty) bagi investor (International Renewable Energy Agency [IRENA], 2024). Selain itu, skema insentif bioavtur menuntut koordinasi lintas kementerian. Desain yang diperlukan bersifat ganda, yaitu insentif adopsi untuk maskapai (Kementerian Perhubungan) dan insentif produksi untuk meningkatkan kelayakan ekonomi kilang (Kementerian ESDM), sebagaimana dirumuskan dalam kerangka kebijakan yang ada (Kementerian Koordinator Bidang Kemaritiman dan Investasi, 2024).

2.1.4 Dinamika Politik dan Ekonomi dalam Pembentukan Kebijakan *Biofuel*

Kebijakan *biofuel* di Indonesia kerap dipromosikan sebagai pilar transisi energi, namun pada praktiknya belum menjadi instrumen teknokratis yang benar-benar berorientasi pada lingkungan. Kebijakan ini merupakan produk politik yang dibentuk oleh konfigurasi kekuatan ekonomi dan kekuasaan, sehingga alih-alih mendorong transisi energi berkeadilan, justru berpotensi melanggengkan model pembangunan yang tidak berkelanjutan akibat berbagai tantangan mendasar.

A. Dinamika Politik dan Ekonomi dalam Pembentukan Kebijakan Biodiesel

Berbagai persoalan dalam tata kelola dan insentif biodiesel menunjukkan bahwa kebijakan ini tidak datang ujug-ujug dari ruang hampa. Kebijakan ini lahir melalui tarik-menarik kepentingan politik dan ekonomi yang membentuk arah dan implementasinya.

Penyusunan kebijakan biodiesel tidak lahir dari netralitas teknokratik, melainkan dari konfigurasi kekuatan politik dan ekonomi. Sejak awal, kebijakan ini cenderung diarahkan untuk menyerap surplus dan menjaga stabilitas harga CPO melalui penciptaan "permintaan buatan" lewat program mandatori biodiesel, sehingga melindungi industri sawit sekaligus menopang devisa (IESR, 2021).

Relasi ini membentuk dinamika relasi simbiosis pemerintah-industri. Pemerintah secara lugas menempatkan sawit sebagai aset strategis, sementara industri memperoleh jaminan pasar melalui kebijakan. Dukungan politik tingkat tinggi, termasuk percepatan B40, semakin menegaskan bahwa arah kebijakan biodiesel saat ini lebih mencerminkan stabilisasi pasar CPO dibandingkan kepentingan publik dan ketahanan energi. (TII, 2024).

Skema pendanaan berbasis pungutan ekspor CPO memperlihatkan siklus kebijakan yang problematis tersebut. Skema saat ini cenderung merespons surplus CPO melalui kebijakan mandatori yang diikuti insentif besar-besaran, sehingga dalam satu kesatuan rantai nilai ini, rantai manfaat kembali terkonsentrasi pada industri. Dalam konteks ini, biodiesel lebih berfungsi sebagai instrumen intervensi pasar, dengan prioritas pada stabilisasi devisa dan perlindungan industri, dibanding reformasi hulu dan penguatan standar keberlanjutan (Basri dan Putra, 2020).

Dominasi politik-ekonomi ini juga melemahkan peran teknokrasi. Meski tersedia kajian seperti *life cycle assessment* (LCA) dan proyeksi pasokan, arah pengambilan kebijakan tetap didorong oleh kompromi politik-ekonomi, sebagaimana terlihat dari percepatan target *blending* meski risiko pasokan dan dampak lingkungan belum terjawab (Wirawan dkk., 2024).

Di sisi lain, pengaruh industri sawit semakin menguat melalui kapasitas lobi, sumber daya, dan legitimasi teknis, misalnya melalui asosiasi seperti Gabungan Pengusaha Kelapa Sawit Indonesia (GAPKI), yang tercermin dalam penetapan target B35 hingga B50 serta formula HIP yang cenderung selaras dengan kepentingan industri (Halimatussadiah dkk., 2021). Bahkan, hampir seluruh desain kebijakan, mulai dari target *blending*, formula harga dan insentif, hingga alokasi dana, bertumpu pada kapasitas produksi sawit, menunjukkan arah kebijakan yang pragmatis namun bias (Halimatussadiah dkk., 2021).

Ketimpangan ini diperkuat oleh akses politik dan kapasitas administratif.

Perusahaan mampu memenuhi persyaratan teknis dan legal, sementara petani terkendala legalitas dan kelembagaan, sehingga manfaat kebijakan terkonsentrasi pada korporasi. Akibatnya, biodiesel yang diposisikan sebagai instrumen transisi energi pada praktiknya lebih berfungsi sebagai mekanisme stabilisasi harga CPO melalui penciptaan "permintaan buatan" (Wirawan dkk., 2024).

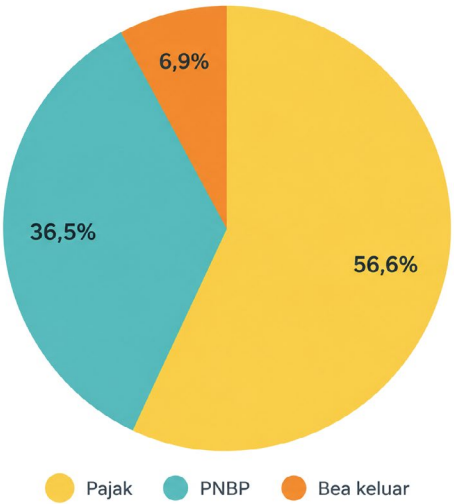
Formula Harga Indeks Pasar (HIP) biodiesel semakin menegaskan bias tersebut karena secara langsung diturunkan dari harga CPO global, yang kemudian menjadi dasar dalam penentuan harga dan insentif biodiesel. Simak perhitungannya sebagai berikut:

HIP = (Harga CPO KPB Rata-rata + 85 USD/ton) x 870 kg/m3 + ongkos angkut

Formula harga ini membuat biodiesel sepenuhnya mengikuti dinamika harga CPO. Ketika harga CPO naik, harga biodiesel ikut meningkat, sehingga kebutuhan insentif semakin besar agar tetap kompetitif dengan solar. Sejak 2015, beban insentif tidak lagi ditopang APBN, melainkan pungutan ekspor CPO yang dikelola BPDP ya Dalam periode 2015 hingga 2023, total insentif mencapai sekitar Rp179 triliun dalam periode 2015-2023. (Auriga, 2024).

Konsentrasi ini menunjukkan terbentuknya sirkuit kekuasaan yang tertutup, di mana industri sawit memiliki kontrol kuat atas kebijakan yang menguntungkan mereka. Dana yang dihimpun dari seluruh rantai industri, termasuk kontribusi petani, pada akhirnya kembali terkonsentrasi pada korporasi. Kondisi ini menegaskan bahwa kebijakan biodiesel lebih berfungsi sebagai instrumen politik ekonomi untuk mengelola komoditas dibanding strategi transisi energi yang berkeadilan.

Ketergantungan fiskal negara pada devisa sawit semakin memperkuat pola ini. Pada 2023, kontribusi industri sawit terhadap APBN mencapai Rp88,7 triliun, terdiri dari pajak Rp50,2 triliun, PNBP Rp32,4 triliun, serta bea keluar Rp6,1 triliun (Kementerian Keuangan, 2024). Selain itu, pada 2024 ekspor sawit menyumbang sekitar US$28,3 miliar atau 55 persen dari ekspor nonmigas dan menjadi penopang utama neraca perdagangan. Nilai neraca perdagangan nonmigas dengan sawit mencapai US$51,4 miliar, sedangkan tanpa sawit hanya sekitar US$23,1 miliar pada periode yang sama (BPDP, 2025). Ketergantungan ini berisiko mendorong tata kelola yang eksklusif sekaligus menurunkan standar keberlanjutan.



Gambar 2.6 Proporsi Kontribusi Industri Sawit terhadap APBN (Sumber: Kementerian Keuangan, 2024)

Besarnya kontribusi industri sawit terhadap APBN seolah-olah menjadi faktor pendorong pemerintah menjaga stabilitas sektor ini. Hal tersebut tercermin dalam kebijakan biodiesel yang dirancang untuk menyerap surplus CPO sekaligus menahan gejolak harga. Namun, alokasi insentif lebih banyak digunakan untuk menutup selisih Harga Indeks Pasar biodiesel dengan solar, sementara dukungan pada sektor hulu seperti peremajaan kebun rakyat, penguatan kapasitas petani, dan infrastruktur desa tetap terbatas. Skema ini memperkuat posisi perusahaan, sementara petani tetap termarjinalkan akibat minimnya dukungan struktural (Nurfatriani dkk., 2022).

Ketergantungan ini juga membentuk tata kelola yang eksklusif dan sentralistik. Kebijakan biodiesel disusun secara *top-down* dengan keterlibatan terbatas dari masyarakat sipil, akademisi, dan aktor lokal. Program Peremajaan Sawit Rakyat yang didanai BPDP menunjukkan hal tersebut. Hingga 2022, realisasi baru mencapai 54,7 persen dari target 500 ribu hektare, dengan hambatan utama berupa prosedur administratif yang kompleks, termasuk kewajiban sertifikat lahan dan Surat Tanda Daftar Usaha Perkebunan yang sulit dipenuhi petani. Akibatnya, akses terhadap insentif tetap didominasi oleh pihak yang memiliki kapasitas administratif lebih kuat (Siregar dkk., 2024).

Pada saat yang sama, ketergantungan fiskal pada devisa sawit mengunci

arah pembangunan pada jalur yang kurang berkelanjutan. Fokus pada peningkatan volume produksi mendorong ekspansi lahan baru, terutama jika insentif tidak disertai verifikasi keberlanjutan. Untuk mencapai target peningkatan dari B30 menuju B50, Indonesia diperkirakan membutuhkan tambahan lahan sawit seluas 5 hingga 9 juta hektare, dengan konsekuensi risiko deforestasi dan peningkatan emisi karbon (LPEM FEB UI & Greenpeace Indonesia, 2020).

B. Dinamika Politik dan Ekonomi dalam Pembentukan Kebijakan Bioetanol

Dinamika politik-ekonomi yang membentuk kebijakan *biofuel* tidak berhenti pada biodiesel. Dalam konteks bioetanol, pola tersebut tetap hadir, namun dengan konfigurasi aktor dan kepentingan yang lebih kompleks. Meskipun biodiesel, bioetanol, dan bioavtur sama-sama dikategorikan sebagai *biofuel*, proses pembentukan kebijakan bioetanol menunjukkan karakter yang berbeda.

Berbeda dengan biodiesel, bioetanol diposisikan sebagai solusi *dual-purpose* yang menghubungkan transisi energi dan ketahanan pangan. Program E10 mencerminkan persimpangan ini, dengan keterlibatan sektor energi dan aktor industri seperti Pertamina dalam pengembangan bahan baku, termasuk molase tebu (Kementerian ESDM, 2025; Pertamina, 2024). Di sisi lain, Badan Pangan Nasional berperan menjaga agar produksi bioetanol tidak mengganggu target swasembada gula, sehingga kebijakan ini bergantung pada koordinasi lintas sektor.

Selain itu, kebijakan bioetanol masih didominasi pendekatan *top-down* dan lebih berpihak pada kepentingan industri, dengan peran kuat kementerian teknis seperti Kementerian ESDM dan BUMN seperti Pertamina yang berfokus pada aspek produksi dan pasokan. Sementara itu, kepentingan petani dan isu keadilan harga belum menjadi prioritas, sehingga program seperti pencampuran bioetanol E10 berpotensi lebih menguntungkan industri dibanding petani (Asosiasi Petani Tebu Rakyat Indonesia [APTRI], 2025).

Dalam konteks ketahanan pangan, keunikan program E10 terletak pada keterlibatan Badan Pangan Nasional (Bapanas) yang berperan memastikan

agar produksi bioetanol dari molase tebu tidak mengganggu target swasembada gula nasional. Namun, sinergi antar lembaga tersebut belum berujung pada manfaat nyata bagi petani. Keterlibatan petani masih terbatas, dengan masalah utama berupa lemahnya jaminan penyerapan molase dan ketidakjelasan skema harga yang adil APTRI (2025).

Dalam lima tahun terakhir, dari produksi molase sekitar 1,6 juta ton, hanya 1,1 juta ton terserap industri non-energi, sementara sekitar 500 ribu ton tidak terserap. Kondisi serupa terjadi pada produksi etanol yang hanya mencapai 160 ribu kiloliter dari kapasitas 300 ribu kiloliter, menunjukkan adanya *idle capacity* akibat lemahnya pasar energi (APTRI, 2025).

Ketidakpastian pasar ini diperparah oleh ketidakjelasan harga. Pada 2025, harga gula berada di bawah Harga Patokan Petani, yang mendorong petani menahan ekspansi dan menurunkan produksi. Tanpa kepastian pasar dan harga yang layak, kepercayaan petani terhadap kebijakan bioetanol terus melemah. Akibatnya, kebijakan yang seharusnya mengintegrasikan energi dan pangan justru berisiko tetap bias terhadap industri dan gagal memberikan manfaat langsung bagi petani sebagai aktor utama di sektor hulu (APTRI, 2025).

C. Dinamika Politik dan Ekonomi dalam Pembentukan Kebijakan Bioavtur

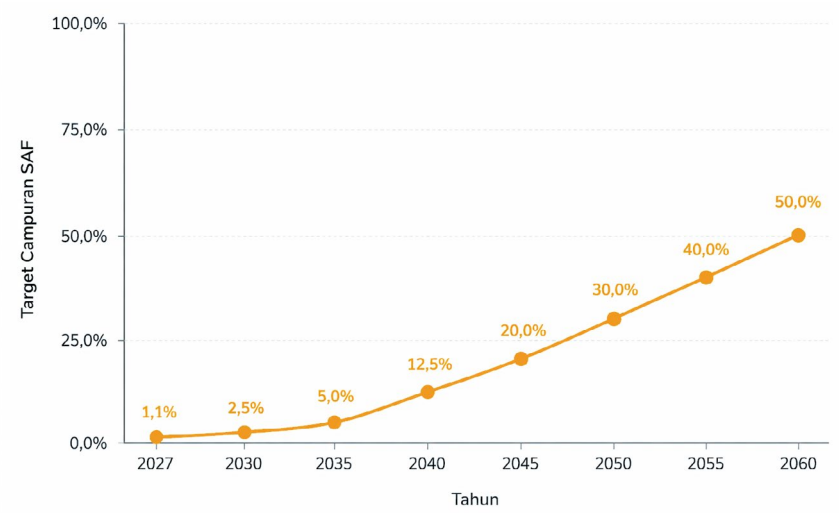
Berbeda dengan biodiesel dan bioetanol yang telah menunjukkan dinamika politik-ekonomi yang kuat, pembentukan kebijakan bioavtur di Indonesia masih didominasi oleh pendekatan teknis dan masih berada pada tahap awal pengembangan. Proses pembentukan kebijakan bioavtur saat ini berfokus pada aspek teknis dan inovasi. Jika pada biodiesel aspek teknologi telah mapan, maka bioavtur masih berada pada fase pengembangan awal yang dipimpin oleh lembaga penelitian dan BUMN seperti Pertamina, dengan penekanan pada riset dan inovasi teknologi.

Dalam proses ini, aktor seperti Badan Riset dan Inovasi Nasional dan Institut Teknologi Bandung berperan dalam mengembangkan teknologi pengolahan PKO menjadi *green avtur*, mulai dari skala laboratorium hingga uji terbang komersial (BRIN, 2023). Pengembangan juga mulai diarahkan pada bahan baku alternatif seperti limbah minyak jelantah yang lebih berkelanjutan,

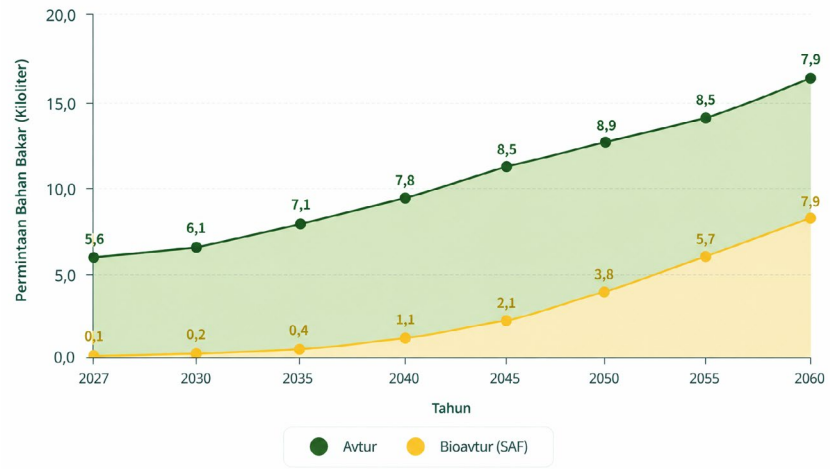
dengan dukungan maskapai seperti Pelita Air dalam uji coba penggunaannya (Kementerian ESDM, 2025).

Pertamina juga memegang peran kunci melalui uji coba *co-processing* di kilang Dumai dan Cilacap yang menghasilkan bioavtur campuran 2,4 persen (J2,4) (Pertamina, 2021). Meskipun capaian ini menunjukkan kemajuan teknis, hal ini sekaligus menegaskan bahwa penguatan kebijakan bioavtur masih tertinggal pada aspek regulasi dan kelembagaan yang diperlukan untuk menuju tahap komersialisasi.

Sebagai langkah lanjutan, pemerintah meluncurkan Peta Jalan Pengembangan Industri *Sustainable Aviation Fuel* (SAF) Indonesia dengan target campuran hingga 50 persen pada 2060 atau sekitar 15,8 juta kiloliter yang terdiri dari 7,9 juta kiloliter SAF dan 7,9 juta kiloliter avtur. Target ini mencerminkan komitmen jangka panjang, sekaligus menunjukkan bahwa pengembangan bioavtur masih berada pada fase transisi dari eksperimen teknis menuju pembentukan kebijakan yang lebih matang.



Gambar 2.7 Target Campuran SAF
(Sumber: Kementerian Koordinator Bidang Kemaritiman dan Investasi, 2024)



Gambar 2.8 Proyeksi Permintaan Bahan Bakar Sektor Penerbangan (Sumber: Kementerian Koordinator Bidang Kemaritiman dan Investasi, 2024)

Meskipun pengembangan bioavtur menunjukkan kemajuan dari sisi teknis, dimensi sosial-ekonomi dalam pembentukan kebijakannya masih tertinggal. Minimnya keterlibatan pelaku kecil menjadi persoalan utama. Petani dan pengumpul minyak jelantah masih berada di posisi tidak langsung dalam rantai nilai dan belum memperoleh ruang partisipasi yang bermakna, padahal keterlibatan mereka penting untuk memastikan pengembangan bioavtur tidak hanya berorientasi pada teknologi, tetapi juga menghasilkan manfaat ekonomi yang inklusif.

Dalam konteks pemanfaatan bahan baku PKO, keterlibatan petani memang difasilitasi melalui sertifikasi keberlanjutan seperti Roundtable on Sustainable Palm Oil dan Indonesian Sustainable Palm Oil yang mensyaratkan prinsip Free, Prior, and Informed Consent serta pengelolaan lingkungan. Namun, akses terhadap sertifikasi ini terbatas karena membutuhkan biaya, waktu, dan kapasitas teknis yang besar, sehingga lebih mudah dipenuhi oleh perusahaan. Akibatnya, petani tetap berada di pinggiran rantai pasok dan tidak memperoleh manfaat ekonomi secara langsung (Utami dan Halimatussadiah, 2021).

Sementara itu, pemanfaatan minyak jelantah membuka peluang ekonomi baru, tetapi rantai pasoknya masih lemah. Kegiatan pengumpulan didominasi sektor informal tanpa sistem verifikasi kualitas dan jaminan kontinuitas pasokan. Di sisi lain, ketiadaan regulasi harga membuat pelaku

berisiko tidak memperoleh keuntungan yang layak (International Council on Clean Transportation [ICCT], 2025). Kondisi ini menunjukkan bahwa pengembangan bioavtur masih bias pada aspek teknologi dan belum diimbangi dengan desain kebijakan yang memastikan inklusi dan keadilan dalam distribusi manfaat.

2.2 Dinamika Implementasi *Biofuel* di Indonesia

2.2.1 Transformasi Lanskap Kebijakan dan Produksi *Biofuel*

Perkembangan implementasi *biofuel* di Indonesia tidak dapat dilepaskan dari konteks awal pembentukannya sebagai respons terhadap tekanan energi dan ekonomi global. Secara teknokratik, strategi pemanfaatan *biofuel* disusun ketika terjadi lonjakan harga minyak mentah dunia yang memperlihatkan tingginya ketergantungan Indonesia pada energi fosil dan impor BBM. Kondisi ini meningkatkan risiko terhadap ketahanan energi nasional, sehingga mendorong pemerintah untuk memperluas pemanfaatan *biofuel* dalam bauran energi sebagai langkah mitigasi.

Seperti sudah dijelaskan di awal, Indonesia secara teknokratik menyusun strategi pemanfaatan *biofuel* sebagai sumber energi terbarukan ketika terjadi lonjakan harga minyak mentah dunia. Ketergantungan yang tinggi terhadap energi fosil dan impor BBM menyebabkan risiko tinggi terhadap ketahanan energi nasional. Karena itu, Indonesia perlu mengurangi risiko tersebut dengan meningkatkan pemanfaatan *biofuel* dalam bauran energi nasional.

Kerangka kebijakan tersebut diformalkan melalui Instruksi Presiden Nomor 1 Tahun 2006 tentang Penyediaan dan Pemanfaatan Bahan Bakar Nabati (*Biofuel*) dan diperkuat oleh Keputusan Presiden Nomor 10 Tahun 2006 tentang Tim Nasional Pengembangan Bahan Bakar Nabati untuk percepatan pengurangan kemiskinan dan pengangguran. Dalam perkembangannya, implementasi kebijakan ini mencakup tiga jenis utama *biofuel*, yaitu biodiesel, bioetanol, dan bioavtur, yang masing-masing menunjukkan dinamika produksi dan kebijakan yang berbeda.

Dinamika tersebut akan diuraikan lebih lanjut pada bagian pembahasan berikut:

A. Lanskap Kebijakan dan Produksi Biodiesel

Perkembangan implementasi *biofuel* yang telah diuraikan sebelumnya menemukan bentuk paling konkret dalam kebijakan dan produksi biodiesel, yang menjadi tulang punggung program *biofuel* nasional.

Dalam konteks kebijakan, program mandatori biodiesel pertama kali diatur melalui Peraturan Menteri ESDM Nomor 32 Tahun 2008 tentang Penyediaan, Pemanfaatan dan Tata Niaga Bahan Bakar Nabati (*Biofuel*) sebagai Bahan Bakar Lain. Regulasi ini kemudian mengalami beberapa kali revisi, termasuk melalui Peraturan Menteri ESDM Nomor 12 Tahun 2015 yang mereformasi struktur penyediaan, pemanfaatan, dan tata niaga *biofuel*, khususnya terkait mandatori pencampuran dan skema insentif melalui dana perkebunan. Pada periode berikutnya, pemerintah kembali memperbarui kerangka ini melalui Peraturan Menteri ESDM Nomor 4 Tahun 2025 tentang Pengusahaan dan Pemanfaatan Bahan Bakar Nabati.

Seiring dengan penguatan regulasi, tingkat pencampuran biodiesel meningkat secara signifikan. Dimulai dari B2,5 pada 2008, meningkat menjadi B7,5 pada 2010, dan mencapai B10 pada 2013. Percepatan terjadi melalui implementasi program mandatori B30 pada 2020 yang mencakup sektor *public service obligation* dan non-PSO, kemudian berlanjut ke B35 pada 2023. Terbaru, pemerintah menetapkan mandatori B40 mulai 1 Januari 2025 melalui Keputusan Menteri ESDM Nomor 341.K/EK.01/MEM.E/2024 tentang Pemanfaatan Bahan Bakar Nabati Jenis Biodiesel sebagai Campuran Bahan Bakar Minyak Jenis Minyak Solar dalam Rangka Pembiayaan oleh Badan Pengelola Dana Perkebunan Kelapa Sawit Sebesar 40 Persen.

Perkembangan ini menunjukkan bahwa biodiesel tidak hanya menjadi fokus utama kebijakan, tetapi juga mengalami akselerasi produksi dan konsumsi yang paling konsisten dibanding jenis *biofuel* lainnya.

Gambar 2.9 Realisasi Perkembangan Campuran Biodiesel (Kementerian ESDM, 2023; Kementerian ESDM, 2025)

Pada 2015, jumlah kilang biodiesel tercatat 27 unit dengan kapasitas sekitar 6,9 juta kiloliter. Angka ini meningkat menjadi 34 kilang dengan kapasitas

18,5 juta kiloliter pada 2024, atau hampir tiga kali lipat. Tingkat utilisasi juga menunjukkan tren positif, dari 17,4 persen pada 2015 menjadi sekitar 70 persen pada 2024, mencerminkan peningkatan efisiensi sekaligus dorongan permintaan dari kebijakan mandatori. Dari sisi bahan baku, penggunaan CPO meningkat tajam dari 1,1 juta ton pada 2015 menjadi sekitar 12 juta ton pada 2024. Kenaikan ini menegaskan semakin kuatnya ketergantungan industri biodiesel terhadap pasokan CPO (USDA, 2024).

Namun, di balik pertumbuhan kapasitas dan produksi tersebut, pengembangan biodiesel masih menghadapi tantangan mendasar yang perlu diatasi agar keberlanjutannya tidak hanya ditopang oleh ekspansi volume, tetapi juga mampu menghasilkan manfaat ekonomi, sosial, dan lingkungan yang lebih merata.

Tabel 2.4 Kapasitas Produksi dan Penggunaan CPO untuk Biodiesel

Program/ kegiatan	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
Jumlah Kilang Biodiesel	27	30	32	31	31	31	32	33	34	34
Kapasitas Produksi (juta kiloliter)	6.887	10.898	11.547	11.357	11.357	11.357	14.415	16.656	18.548	18.548
Pemanfaatan Kapasitas (%)	17,40%	32,10%	24,20%	49,30%	67,80%	74,80%	66,30%	65,40%	67,90%	70,10%
Penggunaan CPO (ribu ton metrik)	1.104	3.220	2.576	5.152	7.084	7.820	8.786	10.028	11.592	11.960

(Sumber: USDA, 2024)

Di balik peningkatan kapasitas dan produksi, struktur pengembangan biodiesel masih menyimpan sejumlah keterbatasan mendasar yang menghambat keberlanjutannya.

Pertama, diversifikasi bahan baku masih sangat terbatas. Produksi biodiesel hingga kini didominasi minyak sawit, sementara potensi bahan baku lain seperti padi, karet, limbah, dan kayu belum dikembangkan optimal. Kondisi ini mencerminkan lemahnya dukungan riset dan pengembangan serta minimnya kolaborasi lintas aktor antara pemerintah, perguruan tinggi, dan swasta, sehingga ketergantungan pada sawit terus berlanjut (Purnomo Yusgiantoro Center, 2021).

Kedua, pengembangan biodiesel generasi kedua masih tertinggal. Daya saing biodiesel saat ini sangat bergantung pada insentif yang menutup selisih

Harga Indeks Pasar biodiesel dan solar, dengan formula yang berbasis harga CPO sebagaimana diatur dalam Keputusan Menteri ESDM Nomor 6034K/12/MEM/2016 tentang Harga Indeks Pasar Bahan Bakar Nabati (*Biofuel*) yang Dicampuri ke Dalam Bahan Bakar Minyak. Hal ini menunjukkan fokus kebijakan masih pada biodiesel generasi pertama berbasis tanaman pangan. Padahal, biodiesel generasi kedua yang bersumber dari bahan non-pangan seperti limbah pertanian, peternakan, dan perkotaan memiliki potensi lebih berkelanjutan. Indonesia bahkan diperkirakan mampu memproduksi hingga 1,36 miliar liter biodiesel dari berbagai jenis limbah, termasuk lemak hewani, limbah minyak ikan, sludge palm oil, dan tall oil (ICCT 2021; Paminto dkk, 2022).

Ketiga, keterbatasan infrastruktur yang memperparah hambatan tersebut. Potensi biodiesel dari minyak jelantah yang mencapai 3,2 miliar liter belum termanfaatkan optimal karena sistem pengumpulan di tingkat daerah masih terfragmentasi dan belum terintegrasi dengan rantai pasok nasional. Ketiadaan sistem logistik dan fasilitas penampungan yang memadai menyebabkan sebagian besar limbah ini terbuang, bukan dimanfaatkan sebagai sumber energi (ICCT, 2021).

B. Lanskap Kebijakan dan Produksi Bioetanol

Perbedaan arah pengembangan *biofuel* semakin terlihat dalam kebijakan bioetanol, yang tidak mengalami akselerasi seperti biodiesel. Berbeda dengan biodiesel yang menunjukkan pertumbuhan kapasitas dan utilisasi, perkembangan bioetanol cenderung stagnan dalam satu dekade terakhir.

Indikasi hal tersebut dapat dilihat dari jumlah kilang tidak berubah sejak 2015 hingga 2024, tetap tiga unit dengan kapasitas sekitar 100 ribu kiloliter. Namun, tingkat pemanfaatannya sangat rendah dan tidak konsisten, bahkan sempat mencapai 0 persen pada sebagian besar tahun, dengan peningkatan terbatas menjadi sekitar 6 persen pada 2024. Rendahnya utilisasi ini juga tercermin dari penggunaan bahan baku molase yang fluktuatif dan sering kali tidak dimanfaatkan sama sekali. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa industri bioetanol belum berkembang secara signifikan dan masih menghadapi tantangan struktural yang menghambat pertumbuhannya (US Department of Agriculture [USDA], 2024).

Tabel 2.5 Kapasitas Produksi dan Penggunaan Molase untuk Bioetanol

Program/ kegiatan	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
Jumlah Kilang Bioetanol	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Kapasitas Produksi (ribu kiloliter)	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Pemanfaatan Kapasitas (%)	1,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	1,20%	0,00%	0,00%	0,50%	6,00%
Penggunaan Molase (ribu ton metrik)	4	0	0	0	0	5	0	0	2	24

(Sumber: USDA, 2024)

Di balik stagnasi produksi, lemahnya kerangka kebijakan menjadi faktor utama yang menahan perkembangan bioetanol.

Pertama, dukungan kebijakan masih belum setara dengan biodiesel. Percepatan biodiesel didorong oleh program mandatori yang mengikat dan membuka akses terhadap pendanaan serta infrastruktur, sebagaimana terlihat pada implementasi biodiesel campuran 40 persen (B40) melalui Keputusan Menteri ESDM No. 341.K/EK.01/MEM.E/2024 tentang Pemanfaatan Bahan Bakar Nabati Jenis Biodiesel Sebagai Campuran Bahan Bakar Minyak Jenis Minyak Solar Dalam Rangka Pembiayaan oleh Badan Pengelola Dana Perkebunan Kelapa Sawit Sebesar 40 Persen, yang berlaku mulai Januari 2025 (Kementerian ESDM, 2025).

Sebaliknya, bioetanol belum memiliki instrumen serupa. Meskipun bioetanol campuran 5 persen (E5) telah tersedia dalam produk seperti Pertamax Green 95, penggunaannya belum bersifat wajib, dan rencana mandatori baru akan diterapkan pada 2026 yang masih dalam tahap finalisasi (Kementerian ESDM, 2025).

Kedua, arah pengembangan bahan baku masih terbatas pada komoditas pangan. Sebagai contoh, rencana implementasi program mandatori bioetanol campuran 10 persen (E10) yang masih bergantung pada tebu dan singkong (Kementerian ESDM, 2025),sehingga berpotensi menimbulkan tekanan pada sektor pangan. Padahal, bahan baku non-pangan seperti sampah organik memiliki potensi besar. Dengan timbulan 1.035.889,2 ton, dapat dihasilkan sekitar 72.511,2 kiloliter bioetanol, dan jika mengacu pada timbulan nasional 18.041.514,5 ton pada 2024, potensi produksinya dapat

mencapai 1.262.887,8 kiloliter (Susmiati, 2018; Sistem Informasi Pengelolaan Sampah Nasional [SIPSN], 2024; Wirawan dkk., 2025).

Kondisi ini menunjukkan bahwa pengembangan bioetanol masih terhambat oleh keterbatasan desain kebijakan dan kurangnya diversifikasi bahan baku yang lebih berkelanjutan.

C. Lanskap Kebijakan dan Produksi Bioavtur

Perbedaan tingkat kematangan pengembangan *biofuel* semakin terlihat dalam pengembangan bioavtur, yang masih berada pada tahap paling awal dibanding biodiesel dan bioetanol. Kapasitas produksi bioavtur hingga kini masih terbatas dan belum mencapai skala komersial. Produksinya hanya dilakukan di beberapa kilang milik Pertamina dengan kapasitas kecil dan status operasional yang beragam.

Kilang Cilacap menjadi yang paling maju karena telah beroperasi dan direncanakan memasuki fase kedua pada 2026 dengan kapasitas 477 kiloliter per hari. Sementara itu, Kilang Plaju dengan kapasitas 3.180 kiloliter per hari masih dalam tahap pengembangan dan ditargetkan selesai pada 2027, sedangkan Kilang Dumai dengan kapasitas 159 kiloliter per hari masih berada pada tahap uji coba (USDA 2024).

Kondisi ini menunjukkan bahwa meskipun terdapat kemajuan pada aspek riset dan pengujian, pengembangan bioavtur masih tertahan pada tahap awal dan belum mampu bertransformasi menuju komersialisasi secara luas.

Tabel 2.6 Kapasitas Produksi Kilang Bioavtur milik Pertamina

Program/ kegiatan	2015	2016	2017
Pertamina	Cilacap, Jawa Tengah	477	Beroperasi, direncanakan mulai berproduksi pada tahun 2026
Pertamina	Plaju, Sumatera Selatan	3.180	Pengembangan, ditargetkan selesai pada tahun 2027
Pertamina	Dumai, Riau	159	Uji coba

(Sumber: USDA, 2024)

Di balik keterbatasan kapasitas produksi, lemahnya dukungan kebijakan menjadi faktor utama yang menahan akselerasi bioavtur.

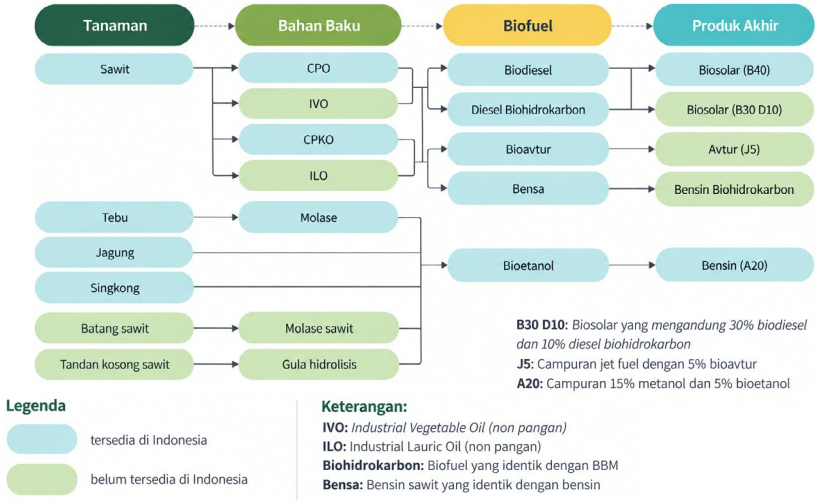
Pertama, prioritas kebijakan terhadap bioavtur masih rendah. Hal ini terlihat dari target mandatori *biofuel* pada 2026, di mana biodiesel ditetapkan 50 persen, bioetanol 5 persen, dan bioavtur hanya 3 persen (Kementerian ESDM, 2025).

Kesenjangan ini menunjukkan bahwa sektor penerbangan berbasis bioavtur belum menjadi fokus utama, dengan tingkat campuran yang jauh tertinggal dibanding biodiesel.

Kedua, belum tersedia skema pendanaan yang memadai untuk mendorong komersialisasi. Perbedaan harga antara bioavtur dan avtur konvensional mencapai Rp25.738 per liter, sehingga peningkatan campuran akan langsung menaikkan biaya. Pada campuran 5 persen, tambahan biaya mencapai Rp1.284 per liter, bahkan berpotensi menaikkan harga tiket sekitar 6,4 persen. Tanpa intervensi kebijakan untuk menutup selisih harga, bioavtur sulit bersaing di pasar dan berisiko membebani konsumen (Kementerian Investasi dan Hilirisasi, 2022).

Ketiga, keterbatasan infrastruktur memperlambat transisi menuju skala komersial. Fasilitas produksi masih didominasi tahap uji coba, sementara infrastruktur pendukung seperti penyimpanan, pengujian kualitas, dan distribusi ke bandara belum siap. Kondisi ini menunjukkan bahwa pengembangan bioavtur masih menghadapi hambatan sistemik yang belum teratasi (Kementerian Investasi dan Hilirisasi, 2022).

[Wicak Baskoro/Landscape Alliance]



Gambar 2.10 Rantai pasok *Biofuel*
(Sumber: Kementerian Investasi dan Hilirisasi, 2022)

2.2.2 Skema Pembiayaan dan Insentif Ekonomi untuk Industri *Biofuel*

Perbedaan tingkat kematangan kebijakan *biofuel* juga tercermin dalam skema pembiayaan dan insentif ekonomi yang menopang masing-masing industri. Dari perspektif ekonomi, biodiesel, bioetanol, dan bioavtur memiliki karakteristik pembiayaan yang berbeda. Biodiesel telah memiliki skema insentif yang lebih mapan dan terinstitusionalisasi, sedangkan bioetanol dan bioavtur masih menghadapi keterbatasan dalam ketersediaan maupun kepastian insentif.

Hal ini menunjukkan bahwa keberhasilan pengembangan *biofuel* tidak hanya ditentukan oleh aspek teknologi dan regulasi, tetapi juga oleh desain pembiayaan yang mampu menjamin keberlanjutan industri.

A. Skema Pembiayaan dan Insentif Ekonomi untuk Industri Biodiesel

Dalam konteks pengembangan biodiesel, Badan Pengelola Dana Perkebunan Sawit memiliki peran sentral sebagai lembaga pembiayaan utama. Awalnya, lembaga ini dirancang untuk mendukung pengembangan industri sawit berkelanjutan sebagaimana diatur dalam Peraturan Menteri Keuangan Nomor 113/PMK.01/2015, namun dalam praktiknya lebih berfungsi menjaga stabilitas industri sawit (Cahyono, 2022).

Pembentukannya tidak terlepas dari krisis kelebihan pasokan CPO pada 2015 yang menekan harga global. Pemerintah merespons kondisi ini dengan

mendorong kebijakan biodiesel untuk menyerap surplus domestik (Madani Berkelanjutan, 2022). Kebijakan tersebut diperkuat melalui mandat Undang-Undang Nomor 39 Tahun 2014 serta Peraturan Presiden Nomor 61 Tahun 2015 yang mengatur penghimpunan dan penggunaan dana sawit untuk menutup selisih harga biodiesel dan solar

Untuk menjalankan fungsi tersebut, BPDP dibentuk dengan mandat menghimpun, mengelola, dan menyalurkan dana, serta diberikan status Badan Layanan Umum melalui Peraturan Menteri Keuangan Nomor 650/KMK.05/2015 agar memiliki fleksibilitas operasional. Namun, fleksibilitas ini justru memunculkan persoalan tata kelola yang signifikan.

Pertama, transparansi pengelolaan dana masih lemah karena dana BPDP tidak sepenuhnya masuk dalam sistem anggaran negara, sehingga pengelolaannya relatif tertutup dan rentan penyalahgunaan. Dampaknya, distribusi manfaat ekonomi menjadi tidak merata (Serikat Petani Kelapa Sawit [SPKS], 2020).

Selain itu, sebagian besar dana digunakan untuk menutup selisih harga melalui skema insentif berbasis volume produksi. Skema ini secara struktural lebih menguntungkan perusahaan besar yang memiliki kapasitas produksi tinggi, sementara petani tidak memiliki akses setara karena keterbatasan lahan, modal, dan produktivitas (Nurfatriani dkk., 2022; Siregar dkk., 2024).

Kedua, desain insentif ini menghambat pengembangan biodiesel berbasis komunitas. Standar teknis dan skala ekonomi yang tinggi membuat inisiatif lokal sulit berkembang, meskipun terdapat praktik seperti yang dilakukan Badan Usaha Milik Desa (BUMDes) Panggung Lestari di Yogyakarta dengan mengolah biji nyamplung menjadi minyak tamanu dan biodiesel, dan GenOil yang memanfaatkan minyak jelantah untuk memproduksi biodiesel bagi kebutuhan nelayan di Makassar. Hambatan utama terletak pada keterbatasan akses bahan baku, kebijakan yang tidak inklusif, serta minimnya pembiayaan alternatif (Green Network Asia, 2023).

Ketiga, skema pembiayaan biodiesel juga menimbulkan dampak sosial yang signifikan bagi petani, terutama melalui praktik pertanian kontrak. Dalam beberapa tahun terakhir, meningkatnya resistensi terhadap ekspansi perkebunan sawit skala besar mendorong perusahaan mengadopsi skema ini sebagai strategi alternatif. Melalui pertanian kontrak, perusahaan tetap dapat mengamankan pasokan bahan baku dan akses pendanaan tanpa

harus tercatat sebagai pemilik lahan skala besar. Dalam skema ini, petani diwajibkan menanam komoditas sesuai standar perusahaan dan menjual seluruh hasilnya kepada perusahaan dengan harga yang telah ditentukan (Cotula, 2010).

Meskipun kerap dipromosikan sebagai model kemitraan, praktik di lapangan menunjukkan bahwa skema ini justru cenderung merugikan petani dalam beberapa aspek utama. Yaitu:

1. Ketidaksetaraan kekuasaan antara petani dan perusahaan

Kontrak umumnya disusun sepihak oleh perusahaan, sehingga petani hanya dihadapkan pada pilihan menerima atau menolak tanpa ruang negosiasi yang memadai. Petani diwajibkan mengikuti standar teknis perusahaan dan menjual TBS dengan harga yang ditentukan sepihak. Relasi yang terbentuk lebih mencerminkan subordinasi dibanding kemitraan yang setara (Nugroho dkk., 2024).

2. Meningkatnya beban utang sejak awal masa kontrak

Dukungan finansial yang diberikan perusahaan berbentuk pinjaman, bukan hibah, dan umumnya hanya mencakup periode awal ketika tanaman belum produktif. Ketika hasil panen tidak sesuai harapan, petani terpaksa menambah pinjaman untuk menutup biaya operasional. Situasi ini menciptakan ketergantungan struktural dan menjebak petani dalam siklus utang (Muzaki dan Kurniati, 2024).

3. Hilangnya kendali atas hasil produksi

Petani diwajibkan menjual seluruh hasil panen kepada perusahaan, sehingga kehilangan kebebasan untuk memilih pembeli atau menentukan harga yang lebih menguntungkan. Pelanggaran terhadap ketentuan ini dapat berujung pada sanksi, mulai dari pemutusan kontrak hingga penagihan kembali dana yang telah diberikan (World Rainforest Movement, 2021).

4. Penurunan pendapatan petani

Meskipun harga mengacu pada pasar, perusahaan memiliki ruang untuk menurunkan harga dengan alasan kualitas atau standar teknis. Ditambah dengan berbagai potongan biaya seperti transportasi, pendapatan bersih petani menjadi sangat terbatas dan sering kali tidak sebanding dengan biaya

produksi (Dewi dkk., 2024).

5. Pembatasan dalam pengelolaan lahan

Petani dibatasi dalam menentukan jenis tanaman di lahannya. Praktik diversifikasi hanya diperbolehkan pada fase awal dan bersifat sementara. Setelah tanaman sawit tumbuh, petani dilarang menanam komoditas lain, sehingga mengurangi fleksibilitas dan keberlanjutan pengelolaan lahan (Nugroho dkk., 2024).

Kondisi ini menunjukkan bahwa skema pertanian kontrak bukan sekadar mekanisme produksi, tetapi juga membentuk relasi kuasa yang memperkuat posisi perusahaan dan membatasi ruang ekonomi petani.

B. Skema Pembiayaan dan Insentif Ekonomi untuk Industri Bioetanol

Berbeda dengan biodiesel yang mengandalkan pungutan ekspor CPO, pengembangan bioetanol menggunakan pendekatan insentif yang lebih berorientasi pada investasi dan produksi. Skema ini menitikberatkan pada dua sisi, yaitu penarikan investasi di sektor hilir dan dukungan pembiayaan di sektor hulu, dengan pergeseran dari subsidi harga menuju insentif produktif.

Di sektor hilir, pemerintah menawarkan insentif fiskal seperti tax holiday untuk mendorong pembangunan pabrik etanol, serta memberikan jaminan pasar melalui rencana implementasi program mandatori E10. Pendekatan ini dinilai lebih berkelanjutan secara fiskal karena tidak membebani anggaran negara secara terus-menerus, sekaligus mengalihkan sebagian risiko kepada investor (Kementerian ESDM, 2025).

Di sektor hulu, dukungan pembiayaan bagi petani tebu difasilitasi melalui skema Kredit Usaha Rakyat. Skema ini dilonggarkan tanpa agunan tambahan dengan melibatkan offtaker seperti pabrik gula atau etanol sebagai penjamin pembelian hasil panen. Mekanisme ini diharapkan dapat memberikan kepastian pasar sekaligus memperluas akses pembiayaan bagi petani (Kementerian Pertanian, 2025).

Namun, pendekatan ini masih menghadapi keterbatasan karena belum diimbangi dengan instrumen yang menjamin stabilitas harga dan penyerapan pasar secara konsisten, sehingga risiko tetap besar di tingkat petani dan pelaku usaha.

C. Skema Pembiayaan dan Insentif Ekonomi untuk Industri Bioavtur

Berbeda dengan biodiesel dan bioetanol, skema insentif bioavtur masih berada pada tahap awal dan belum terdefinisi secara matang. Tantangan utamanya terletak pada aspek keekonomian, di mana biaya produksi bioavtur seperti Sustainable Aviation Fuel diperkirakan dua kali lebih tinggi dibanding avtur, sehingga sulit diadopsi tanpa dukungan insentif yang kuat (Kementerian Koordinator Bidang Kemaritiman dan Investasi, 2024).

Sebagai langkah awal, pemerintah mengkaji pembentukan Used Cooking Oil Fund (UCOF), yaitu skema pembiayaan berbasis minyak jelantah. Model ini dirancang menyerupai BPDP, namun berisiko menghadapi persoalan serupa seperti konsentrasi manfaat pada industri dan potensi regulatory capture. Untuk mengurangi risiko tersebut, diperlukan tata kelola pengumpulan minyak jelantah yang transparan dan terpusat. Saat ini sistem pengumpulan masih terdesentralisasi dengan tingkat pengumpulan kurang dari 50 persen (ICCT, 2022). Pemerintah perlu menetapkan kewajiban bagi penghasil limbah untuk menyalurkan minyak jelantah melalui sistem resmi yang dapat dilacak dan diawasi.

Pembentukan UCOF juga berpotensi mendukung produksi UCO-HEFA sebagai bagian dari program SAF nasional. Insentif dapat disalurkan baik kepada pengumpul maupun produsen untuk menurunkan biaya produksi dan meningkatkan daya saing harga terhadap avtur (ICCT, 2025).

Selain itu, optimalisasi pungutan ekspor minyak jelantah dapat menjadi sumber pendanaan, sebagai contoh dengan mengganti pungutan jasa ekspor sebesar 9,5 persen menjadi tarif yang lebih tinggi (misalnya, di atas USD 150 per ton). Peningkatan tarif ini berpotensi mendukung subsidi produksi SAF domestik, membantu pencapaian target campuran 1 persen, serta menciptakan ruang fiskal untuk peningkatan target di masa depan (ICCT, 2025).

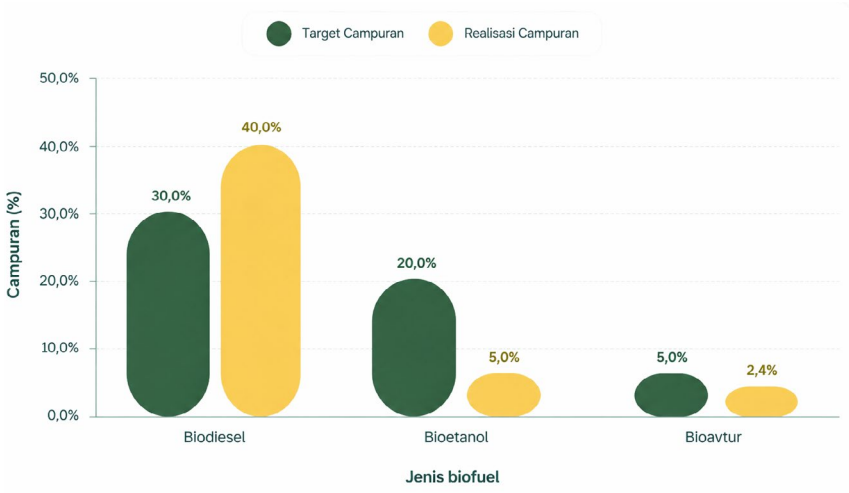
Kondisi ini menunjukkan bahwa pengembangan bioavtur masih membutuhkan desain pembiayaan yang lebih komprehensif agar tidak mengulangi kelemahan tata kelola yang terjadi pada biodiesel, sekaligus mampu mendorong transisi menuju industri yang berkelanjutan.

2.2.3 Kesenjangan antara Target Kebijakan *Blending* dan Realisasi Implementasi

Perbedaan tingkat kematangan pengembangan *biofuel* tidak hanya tercermin pada aspek kebijakan dan pembiayaan, tetapi juga pada capaian target pencampuran yang menjadi indikator utama implementasi di lapangan. Berdasarkan Peraturan Menteri ESDM Nomor 4 Tahun 2025 tentang Pengusahaan dan Pemanfaatan Bahan Bakar Nabati, pemerintah menargetkan pencampuran biodiesel sebesar 30 persen, bioetanol 20 persen (E20), dan bioavtur 5 persen (J5) pada 2025.

Namun, realisasi menunjukkan ketimpangan yang cukup tajam antar jenis *biofuel*. Dari ketiga jenis tersebut, hanya biodiesel yang berhasil melampaui target. Pada 2025, campuran biodiesel mencapai 40 persen, melebihi target awal 30 persen (Kementerian ESDM, 2025). Sebaliknya, bioetanol baru mencapai 5 persen dan bioavtur masih berada pada 2,4 persen (Kementerian ESDM, 2025;Kementerian Koordinator Bidang Kemaritiman dan Investasi, 2024).

Kesenjangan ini menunjukkan bahwa keberhasilan implementasi *biofuel* sangat bergantung pada dukungan kebijakan, kesiapan industri, dan desain insentif, yang hingga kini masih terkonsentrasi pada biodiesel.



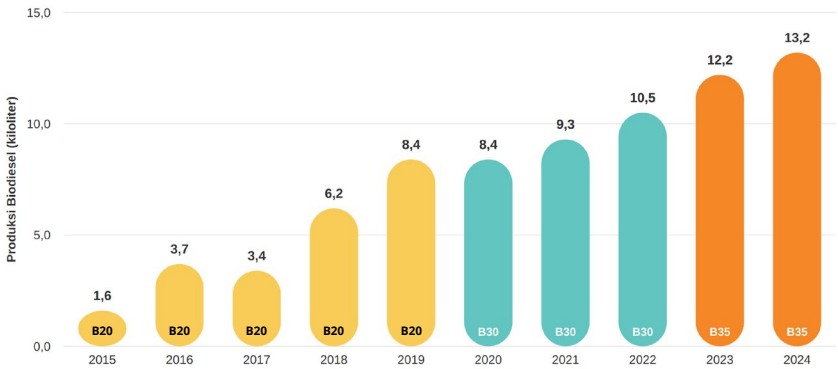
Gambar 2.11 Target dan Realisasi Campuran (Blending) Biodiesel, Bioetanol, dan Bioavtur
(Sumber: Kementerian ESDM, 2025;Kementerian Koordinator Bidang Kemaritiman dan Investasi, 2024)

Perbandingan antara target dan realisasi tersebut menunjukkan adanya kesenjangan yang cukup besar. Pencapaian campuran bioetanol baru mencapai seperempat dari target, sedangkan campuran bioavtur belum mencapai setengahnya. Kondisi ini menegaskan bahwa kemajuan pengembangan *biofuel* masih timpang. Ketertinggalan pengembangan bioetanol dan bioavtur dibandingkan biodiesel disebabkan oleh berbagai tantangan mendasar.

A. Kesenjangan antara Target Kebijakan *Blending* dan Realisasi Implementasi Biodiesel

Di antara tiga jenis *biofuel*, biodiesel menunjukkan capaian implementasi yang paling konsisten dan terakselerasi dalam memenuhi target kebijakan blending. Program mandatori biodiesel dimulai pada 2008 dengan campuran 2,5 persen dan terus meningkat secara bertahap hingga mencapai 40 persen setelah hampir dua dekade (Kementerian ESDM, 2025). Peningkatan ini tidak hanya mencerminkan konsistensi kebijakan, tetapi juga kemampuan industri dalam merespons target yang ditetapkan.

Dalam satu dekade terakhir, tren produksi biodiesel bergerak sejalan dengan kenaikan target campuran. Pada periode 2015 hingga 2019, saat kebijakan B20 diterapkan, produksi meningkat dari 1,6 juta kiloliter pada 2015 menjadi 8,4 juta kiloliter pada 2019 (Kementerian ESDM, 2021). Kenaikan ini berlanjut pada periode B30 tahun 2020 hingga 2022 dengan produksi mencapai 10,5 juta kiloliter pada 2022. Selanjutnya, implementasi B35 pada periode 2023 hingga 2024 mendorong produksi hingga 13,2 juta kiloliter pada 2024 (Kementerian ESDM, 2024).



Gambar 2.12 Produksi Biodiesel Tahun 2015-2024
(Sumber: Kementerian ESDM, 2021; Kementerian ESDM, 2024)

Korelasi yang kuat antara target kebijakan dan realisasi produksi ini menunjukkan bahwa biodiesel memiliki ekosistem kebijakan, pembiayaan, dan industri yang relatif matang, sehingga mampu tidak hanya memenuhi, tetapi juga melampaui target yang ditetapkan.

Ke depan, pemerintah menargetkan implementasi program mandatori B50 pada semester II tahun 2026 (Kompas, 2025). Meskipun capaian biodiesel terlihat progresif, pengembangannya masih dihadapkan pada sejumlah tantangan mendasar yang berpotensi menghambat keberlanjutan implementasi.

Pertama, kualitas bahan bakar yang menurun. Peningkatan campuran hingga B40 berdampak pada penurunan nilai kalor. Solar murni memiliki nilai kalor sekitar 43 megajoule per kilogram, sementara B35 sebesar 40,9 megajoule per kilogram dan B40 turun menjadi 40,6 megajoule per kilogram (Kementerian ESDM, 2023). Penurunan ini berarti energi yang dihasilkan per satuan bahan bakar lebih rendah, sehingga konsumsi menjadi lebih boros, terutama pada sektor industri dan transportasi (Tempo, 2024).

Kedua, keterbatasan infrastruktur. Rencana peningkatan ke B50 memerlukan penyesuaian teknis yang tidak sederhana karena perbedaan karakteristik bahan bakar antara B40 dengan B50. Karena itu, infrastruktur logistik dan penyimpanan harus ditingkatkan, termasuk kapasitas tangki dan sistem pencampuran yang lebih presisi. Tanpa kesiapan infrastruktur, implementasi B50 berisiko menghadapi hambatan operasional (Kementerian ESDM, 2025;Kementerian ESDM, 2025).

Ketiga, infrastruktur distribusi yang belum merata. Tantangan ini terutama dirasakan di wilayah terpencil dengan akses logistik terbatas. Keterbatasan sarana transportasi dan fasilitas penyimpanan menyebabkan distribusi biodiesel tidak stabil. Keterlambatan pengiriman sering terjadi karena kendala akses kapal atau kapasitas tangki yang belum menyesuaikan dengan peningkatan campuran (Tempo, 2025).

Kondisi ini menunjukkan bahwa meskipun biodiesel berhasil melampaui target blending, keberlanjutan implementasinya tetap bergantung pada perbaikan kualitas, kesiapan infrastruktur, dan pemerataan distribusi.

B. Kesenjangan antara Target Kebijakan *Blending* dan Realisasi Implementasi Bioetanol

Berbeda dengan biodiesel, keterlambatan implementasi bioetanol tidak hanya dipengaruhi oleh aspek kebijakan, tetapi juga oleh berbagai kendala teknis yang membatasi kinerjanya di lapangan.

Pertama, kualitas bahan bakar yang relatif lebih rendah. Sejumlah pengguna melaporkan penurunan performa mesin, konsumsi bahan bakar yang lebih boros, serta munculnya gejala *knocking* (suara ketukan pada mesin). Secara teknis, hal ini dipengaruhi oleh perbedaan densitas energi, di mana bensin memiliki sekitar 32 megajoule per liter, sedangkan bioetanol hanya 21,1 megajoule per liter. Perbedaan ini menyebabkan kebutuhan bahan bakar meningkat untuk menghasilkan energi yang sama (Kompas, 2025). Selain itu, perbedaan karakteristik pembakaran juga dapat memicu *knocking* akibat perubahan angka oktan dan ritme pembakaran mesin (Calvin dkk., 2022).

Kedua, keterbatasan kapasitas dan teknologi produksi. Meskipun terdapat 13 industri bioetanol, hanya dua yang mampu memproduksi bioetanol berstandar fuel-grade dengan kemurnian minimal 99 persen. Kapasitas terpasang baru sekitar 60 ribu kiloliter dengan produksi aktual sekitar 40 ribu kiloliter (Kementerian ESDM, 2024; Khabibulloh dkk., 2024). Produksi *fuel-grade* juga membutuhkan teknologi pemurnian canggih seperti *molecular sieve* atau *azeotropic distillation* yang belum banyak dikuasai industri domestik, sehingga sebagian besar produksi masih diarahkan untuk sektor non-energi seperti farmasi dan kosmetik (Wirawan dkk., 2024).

Ketiga, keterbatasan infrastruktur penunjang. Pengembangan bioetanol masih terkendala oleh minimnya fasilitas pendukung seperti kawasan industri, akses transportasi, pelabuhan, jaringan listrik, dan air bersih. Kondisi ini meningkatkan biaya logistik dan distribusi, terutama untuk wilayah di luar pusat produksi utama (Kementerian Investasi dan Hilirisasi, 2022).

Kombinasi faktor tersebut menunjukkan bahwa kesenjangan antara target dan realisasi bioetanol tidak hanya bersifat kebijakan, tetapi juga mencerminkan keterbatasan teknis dan infrastruktur yang belum teratasi secara sistemik.

C. Kesenjangan antara Target Kebijakan *Blending* dan Realisasi Implementasi Bioavtur

Keterlambatan implementasi bioavtur mencerminkan tantangan teknis yang lebih kompleks dibandingkan dua jenis *biofuel* lainnya.

Pertama, keterbatasan teknologi dan infrastruktur produksi. Saat ini produksi *Sustainable Aviation Fuel* (SAF) di Indonesia masih bergantung pada satu metode, yaitu *hydroprocessed esters* and *fatty acids*. Ketiadaan diversifikasi teknologi menimbulkan ketidakpastian bagi pelaku industri dan mengurangi minat investasi, sehingga pengembangan SAF berjalan lambat (Kementerian Koordinator Bidang Kemaritiman dan Investasi, 2024).

Kedua, ketimpangan spasial dalam pengembangan infrastruktur. Perencanaan pembangunan fasilitas bioavtur masih terkonsentrasi di Pulau Sumatera dan Jawa, sebagaimana tercermin dalam rencana pembangunan pabrik di Sumatera Selatan, Jawa Barat, dan Jawa Tengah. Konsentrasi ini berpotensi memperlebar kesenjangan antarwilayah, karena daerah lain seperti Kalimantan, Sulawesi, dan Papua belum memperoleh perhatian yang seimbang (Kementerian Investasi dan Hilirisasi, 2022).

Gambar 2.13 Sebaran Sasaran Lokasi Pengembangan Biofuel 2023-2040 (Sumber: Kementerian Investasi dan Hilirisasi, 2022)

2.3 Tantangan Implementasi *Biofuel* di Indonesia

Perkembangan kebijakan dan implementasi *biofuel* menunjukkan capaian yang tidak merata sekaligus mengungkap berbagai persoalan mendasar yang masih membayangi keberlanjutannya.

2.3.1 Tantangan Struktural: Akar Masalah dalam Kebijakan *Biofuel*

Di balik capaian yang terlihat progresif, kebijakan *biofuel* di Indonesia menghadapi persoalan struktural yang membuat fondasi implementasinya rapuh. Akar utamanya terletak pada orientasi kebijakan yang bersifat supply driven, di mana pengembangan *biofuel* lebih didorong oleh keberlimpahan pasokan CPO dan kebutuhan untuk menyerapnya melalui kebijakan bauran energi (Pradana dkk., 2024).

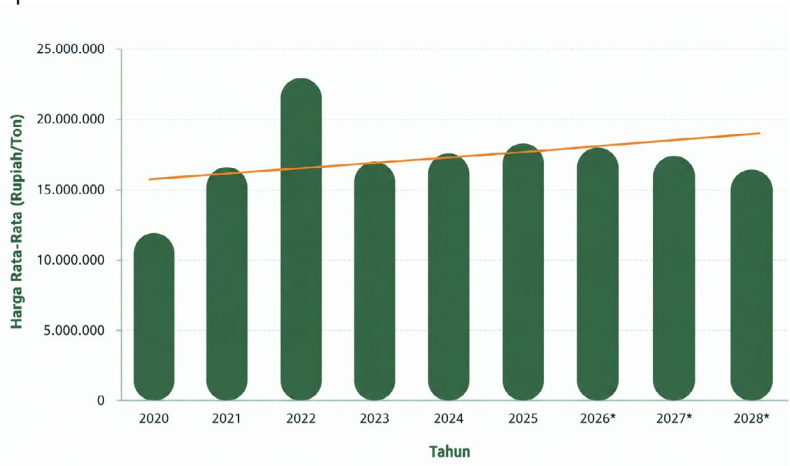
Orientasi ini menjadikan kebijakan *biofuel* tidak sepenuhnya dirancang sebagai strategi transisi energi, melainkan sebagai instrumen untuk menjaga stabilitas industri sawit. Selama logika penyerapan surplus produksi tetap dominan, kontribusi *biofuel* terhadap dekarbonisasi akan terbatas dan berisiko memperkuat pola industrialisasi berbasis komoditas, bukan transformasi menuju energi bersih yang berkelanjutan.

Dalam praktiknya, kebijakan biodiesel lebih menekankan pada target pencampuran seperti B20 hingga B40 dan penyerapan CPO sebagai bahan baku, dibandingkan efektivitas distribusi energi ke sektor atau wilayah yang membutuhkan (Kharina dkk., 2018). Akibatnya, seluruh mekanisme insentif dan pembiayaan, terutama melalui BPDP, lebih diarahkan untuk menjaga harga dan volume produksi daripada mendorong diversifikasi energi atau efisiensi (IESR, 2021).

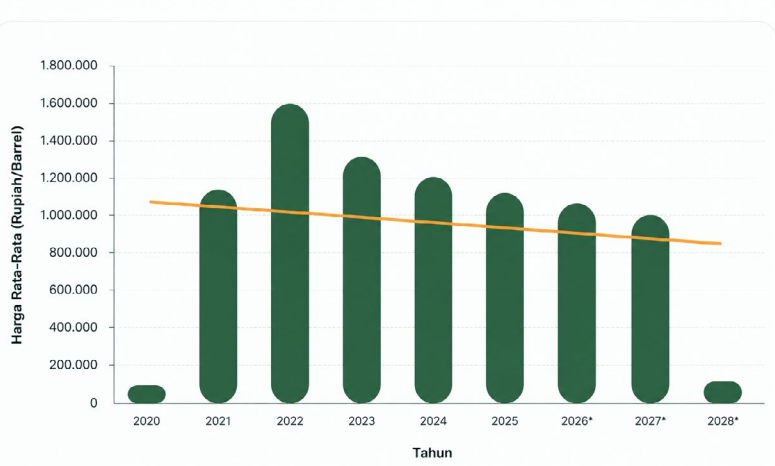
Pendekatan ini memperkuat ketergantungan industri biodiesel terhadap komoditas sawit, sehingga arah kebijakan sangat dipengaruhi oleh dinamika harga CPO di pasar global. Hal ini terlihat pada implementasi B40 yang telah melalui uji teknis sejak 2020, namun baru direncanakan berjalan pada 2025 dengan skema pembiayaan untuk sektor PSO dan non-PSO (Tempo, 2020; 2025).

Dalam implementasinya, program ini juga menghadapi tantangan keekonomian. Harga biodiesel cenderung lebih tinggi dibandingkan bahan bakar fosil karena harga CPO sebagai bahan baku relatif tinggi dalam periode 2020 hingga proyeksi 2028, sementara harga BBM menunjukkan tren menurun (Gambar 2.15) (Hasan dkk., 2025).

Kondisi ini menunjukkan bahwa selama kebijakan *biofuel* masih bergantung pada dinamika komoditas dan tidak berorientasi pada kebutuhan energi yang lebih luas, maka efektivitasnya sebagai instrumen transisi energi akan tetap terbatas.



Gambar 2.14 Trend Harga CPO Tahun 2025 hingga Proyeksi Tahun 2028 (Sumber: Hasan dkk., 2025; data diolah Madani Berkelanjutan)



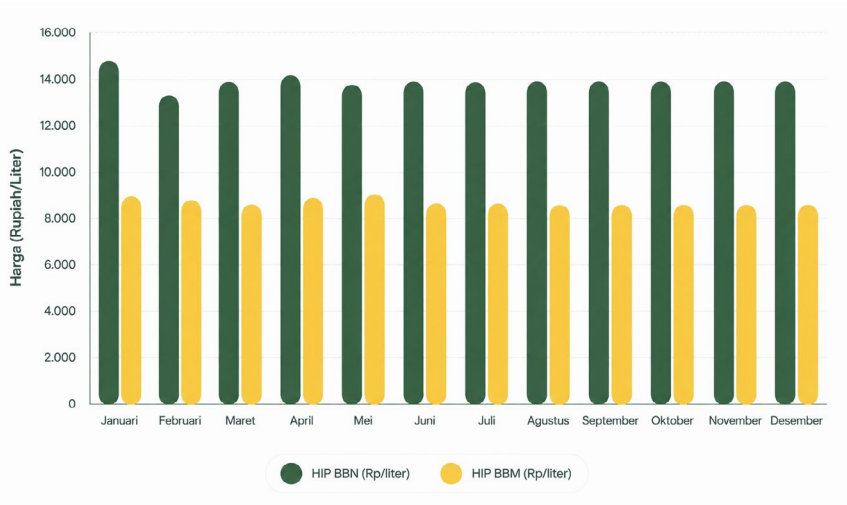
Gambar 2.15 Trend Harga Minyak Fosil Tahun 2025 hingga Proyeksi Tahun 2028 (Sumber: Hasan dkk., 2025; data diolah Madani Berkelanjutan)

Permasalahan struktural juga muncul dari tata kelola kebijakan *biofuel* dari hulu hingga hilir yang tidak terintegrasi, sehingga memperumit arah pengembangannya. Fragmentasi kelembagaan menjadi persoalan mendasar, di mana kebijakan yang berada di Kementerian ESDM,

Kementerian Pertanian, Kementerian Kehutanan, dan BPDP berjalan tanpa koordinasi yang kuat. Akibatnya, kebijakan hulu terkait bahan baku tidak selaras dengan kebijakan hilir terkait distribusi dan konsumsi energi.

Ketidaksinkronan ini tercermin dalam perencanaan lintas dokumen, seperti Rencana Umum Energi Nasional, Rencana Pembangunan Jangka Menengah Nasional, dan *Grand Energy Strategy* yang sering tidak koheren. Kondisi ini menciptakan ketidakjelasan arah dan prioritas kebijakan *biofuel* secara keseluruhan (IESR, 2021).

Di sisi lain, program mandatori biodiesel sangat bergantung pada skema insentif. Ketika selisih harga antara biodiesel dan solar melebar, beban pembiayaan yang ditanggung BPDP ikut meningkat. Desain insentif yang bertumpu pada dana sawit ini justru memperkuat ketimpangan, karena sebagian besar dana digunakan untuk menopang margin industri besar, bukan untuk memperkuat petani kecil atau mendorong riset bahan baku alternatif.



Gambar 2.16 Harga Indeks Pasar BBN dan BBM pada Tahun 2025 (Sumber: Hasan dkk., 2025; data diolah Madani Berkelanjutan)

Dampaknya terlihat di tingkat hulu, yaitu produktivitas petani cenderung stagnan akibat keterbatasan akses terhadap bibit unggul, pembiayaan, dan perlindungan harga. Sementara itu, nilai tambah industri tetap terkonsentrasi pada korporasi besar dan eksportir. Kondisi ini menunjukkan

bahwa tata kelola *biofuel* tidak hanya menghadapi persoalan teknis, tetapi juga persoalan struktural yang memperlemah distribusi manfaat secara adil.

Dampak dari persoalan struktural juga terlihat pada tekanan terhadap lingkungan dan ketimpangan pembangunan energi. Peningkatan permintaan biodiesel melalui target blending, tanpa diimbangi peningkatan produktivitas hulu, mendorong ekspansi lahan sawit yang mengancam hutan dan gambut. Kondisi ini diperparah oleh lemahnya pengawasan moratorium sawit dan implementasi ISPO.

Masalah juga muncul pada sistem pemantauan dan verifikasi emisi yang belum solid. Analisis siklus hidup (Life Cycle Analysis-LCA) yang digunakan pemerintah kerap mengabaikan emisi dari perubahan tata guna lahan, sehingga klaim keberlanjutan *biofuel* kehilangan dasar ilmiah yang kuat. Ketika transparansi data lemah, maka ruang konflik kepentingan semakin terbuka, dan arah kebijakan menjadi cenderung didominasi oleh industri sawit. Sementara itu, pengembangan teknologi *biofuel* generasi kedua seperti minyak jelantah, limbah lignoselulosa, atau mikroalga belum berkembang karena minimnya dukungan fiskal dan riset negara.

Keterputusan dengan agenda energi daerah yang terekam dalam Rencana Umum Energi Daerah (RUED) memperkuat jurang antara kebijakan pusat dan kebutuhan lokal. Program biofuel berjalan terpisah dari kebijakan efisiensi energi, transportasi listrik, maupun pengembangan energi berbasis potensi daerah. Akibatnya, *biofuel* belum berfungsi sebagai bagian integral dari transisi energi yang inklusif.

Secara keseluruhan, persoalan *biofuel* di Indonesia tidak hanya bersifat teknis, tetapi mencerminkan masalah tata kelola dan arah kebijakan. Selama orientasi supply driven dan kepentingan industri besar tetap dominan, kebijakan *biofuel* hanya akan tampak berhasil secara statistik, tetapi rapuh secara struktural. Tantangan utamanya adalah menggeser kebijakan dari sekadar penyerapan komoditas menuju strategi transisi energi yang berkeadilan, terdiversifikasi, dan berdampak nyata bagi masyarakat dan lingkungan.

2.3.2 Tantangan dan Risiko terhadap Lingkungan

Tantangan lingkungan dalam kebijakan *biofuel* semakin kompleks karena strategi diversifikasi komoditas masih didorong oleh paradigma ekstraktif

dan tersentralistik. Alih-alih mendorong inovasi bahan baku berkelanjutan, kebijakan justru diarahkan pada ekspansi komoditas monokultur seperti tebu melalui skema *food and energy estate.*

Dari sebuah studi yang dilakukan oleh Yayasan Lokahita, Madani, Satya Bumi, dan Sawit Watch terlihat bahwa luasan maksimal tutupan sawit Indonesia adalah 18,15 juta hektar, dan saat ini luas tutupan sawit sudah mencapai 17-18 juta hektar (Yayasan Lokahita, 2024). Perluasan lahan dalam skala besar ini akan meningkatkan risiko bencana ekologis yang tidak dapat diperbaiki (*irreversible*), termasuk hilangnya keanekaragaman hayati, meningkatnya emisi karbon, dan terganggunya keseimbangan ekosistem.

Di satu sisi, penggunaan biodiesel berbasis sawit memang berkontribusi terhadap penurunan emisi, misalnya sebesar 6,89 juta tCO2eq dari konsumsi 2,57 juta kiloliter pada 2017. Namun, di sisi lain, sektor sawit juga terkait erat dengan deforestasi dan perubahan tata guna lahan yang menjadi sumber emisi signifikan. Oleh karena itu, perhitungan emisi harus dilakukan secara menyeluruh untuk memastikan manfaat bersihnya (Traction Energy Asia, 2020).

Analisis spasial Madani menunjukkan bahwa dari 20 juta hektare lahan yang diusulkan untuk food and energy estate, sekitar 3,4 juta hektare merupakan lahan kritis dan 2,1 juta hektare berada di kawasan keanekaragaman hayati tinggi (Madani Insight, 2025). Konversi kawasan ini berpotensi merusak fungsi ekologis penting seperti penyimpanan karbon dan pengaturan siklus air.

Risiko juga muncul dari potensi alokasi lahan di kawasan hutan lindung dan hutan produksi. Sebagian besar kawasan tersebut masih memiliki tutupan hutan alam dan ekosistem gambut yang berfungsi sebagai penyerap karbon utama. Mengabaikan kondisi tutupan aktual dan hanya mengacu pada status administratif berpotensi mempercepat deforestasi (Madani Insight, 2025). Kebijakan ini juga berpotensi bertentangan dengan target FOLU Net Sink 2030. Data menunjukkan bahwa pada 2022 deforestasi Indonesia telah mencapai minus 577 hektare, sehingga ruang deforestasi praktis tidak tersedia jika komitmen iklim ingin dipenuhi (Madani Insight, 2025).

Pembangunan perkebunan yang memicu deforestasi, degradasi lahan, serta hilangnya keanekaragaman hayati bertentangan dengan narasi “solusi hijau” *biofuel* dan menimbulkan pertanyaan mendasar tentang keberlanjutan jangka panjang dari kebijakan yang ada. Di tingkat global, pembatasan

impor biodiesel sawit oleh Uni Eropa melalui Renewable Energy Directive II menegaskan bahwa praktik produksi *biofuel* Indonesia masih dipertanyakan dari sisi keberlanjutan (European Commission, 2019). Hal ini diperkuat oleh lemahnya sistem MRV dan penggunaan LCA yang belum memperhitungkan seluruh sumber emisi.

Perhitungan emisi GRK seharusnya dilakukan hingga ke tahapan penggunaan biodiesel di level konsumen dengan mempertimbangkan faktor emisi yang meliputi pembukaan lahan, pemakaian pupuk, pemakaian bahan bakar fosil, dan emisi dari limbah sawit yang diperkirakan turut serta memberikan kontribusi emisi secara akumulatif (Traction Energy Asia, 2020).

Tanpa reformasi kebijakan dan penguatan standar keberlanjutan, ekspansi *biofuel* berisiko memperburuk kerusakan lingkungan dan melemahkan kredibilitas Indonesia dalam komitmen iklim global.

2.3.3 Tantangan dan Risiko Sosial

Selain dampak lingkungan, kebijakan *biofuel* juga menimbulkan konsekuensi sosial yang signifikan akibat paradigma pembangunan yang masih ekstraktif dan ekspansif.

Di sektor hulu, perkebunan monokultur memicu konflik lahan dan persoalan ketenagakerjaan. Pada saat yang sama, manfaat ekonomi dari program *biofuel*, terutama subsidi biodiesel, lebih banyak dinikmati oleh korporasi besar dibandingkan petani kecil (Palupi dkk., 2021; SPKS, 2023).

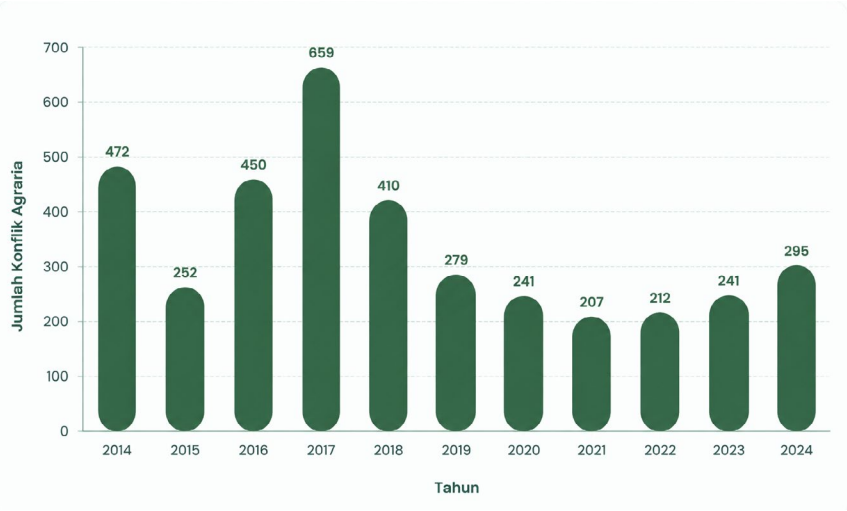
Ketimpangan juga terlihat jelas dalam implementasi program Peremajaan Sawit Rakyat yang masih menghadapi berbagai hambatan, seperti persyaratan administratif yang kompleks, keterbatasan akses pembiayaan, dan tata kelola yang eksklusif (SPKS, 2025). Akibatnya, kebijakan *biofuel* belum mampu menjadi instrumen pemerataan kesejahteraan.

Selain itu, ekspansi perkebunan juga memicu konflik agraria dan marginalisasi masyarakat adat serta lokal. Pembukaan lahan sering dilakukan dengan menerabas hak atas tanah dan sumber daya, sehingga menyebabkan penggusuran, hilangnya mata pencaharian, dan kerusakan lingkungan yang berdampak langsung pada kehidupan sosial ekonomi komunitas (Human Rights Watch, 2019). Minimnya partisipasi publik dalam perumusan kebijakan memperburuk situasi. Ketika masyarakat terdampak tidak dilibatkan secara bermakna, maka secara otomatis legitimasi kebijakan melemah dan potensi

konflik meningkat (Djatmika dkk., 2024).

Namun, tantangan ini terkesan belum ditangani secara serius oleh pengambil kebijakan, sehingga terlihat jelas kesenjangan antara retorika keadilan sosial dalam transisi energi dan realitas implementasinya. Ekspansi perkebunan sawit dan monokultur lain yang didorong oleh permintaan semu biofuel menimbulkan dampak sosial yang kompleks. Proses ini kerap mengabaikan hak masyarakat adat dan lokal atas tanah, memicu hilangnya akses terhadap sumber daya, pergeseran mata pencaharian, serta meningkatnya konflik agrarian (Pahmi dkk., 2023).

Data menunjukkan bahwa konflik agraria terus meningkat dalam tiga tahun terakhir. Pada 2024 terjadi 295 konflik di atas lahan seluas 1,1 juta hektar, dengan sektor perkebunan sebagai penyumbang terbesar, yaitu 111 kasus. Dari jumlah tersebut, 75 kasus atau sekitar 67 persen berasal dari perkebunan sawit dengan luas 127.281,30 hektar (Amnesia, 2025, Goodstats, 2024).



Gambar 2.17 Jumlah Konflik Agraria di Indonesia Tahun 2014-2024 (Sumber: Konsorsium Pembaruan Agraria, 2025; data diolah Madani Berkelanjutan)

Penelitian lapangan di Jambi menunjukkan bahwa komunitas Suku Anak Dalam mengalami penurunan signifikan dalam pemenuhan kebutuhan dasar akibat hilangnya akses terhadap hutan setelah terjadi konversi lahan untuk sawit (Pahmi dkk., 2023). Pola serupa terjadi di Kalimantan dan Riau, ketika masyarakat adat kehilangan ruang hidup dan sumber ekonomi subsisten. Dalam konteks ini, konflik agraria menjadi konsekuensi yang tak terhindarkan,

seiring temuan bahwa ekspansi sawit berkorelasi langsung dengan meningkatnya intensitas konflik lahan (Grasse, 2022).

Dampak sosial juga terlihat dalam wujud fragmentasi masyarakat. Ekspansi perkebunan cenderung menguntungkan kelompok tertentu seperti elite lokal dan pemilik modal, sementara petani kecil dan komunitas adat semakin terpinggirkan. Ketimpangan ini diperparah oleh lemahnya mekanisme penyelesaian sengketa serta keterbatasan kapasitas institusi lokal dalam mengelola konflik (Herdiansyah dkk., 2024). Dalam situasi ini, absennya akuntabilitas dan partisipasi bermakna membuat kebijakan *biofuel* kehilangan legitimasi sosial dan memperlebar jarak antara agenda pembangunan nasional dan keadilan di tingkat lokal.

Secara struktural, kondisi ini mencerminkan gejala kutukan sumber daya (resource curse), di mana kekayaan komoditas tidak menghasilkan pembangunan yang inklusif, melainkan memperdalam ketimpangan sosial dan ekologis. Ketergantungan pada satu komoditas ekspor memunculkan kerentanan baru, mulai dari fluktuasi harga global hingga ketergantungan fiskal dan degradasi lingkungan yang berkelanjutan (Yuslaini dan Maulidiah, 2024). Akibatnya, ekspansi sawit untuk *biofuel* menghadirkan paradoks pembangunan, ketika pertumbuhan ekonomi nasional tidak sejalan dengan kesejahteraan masyarakat di tingkat akar rumput.

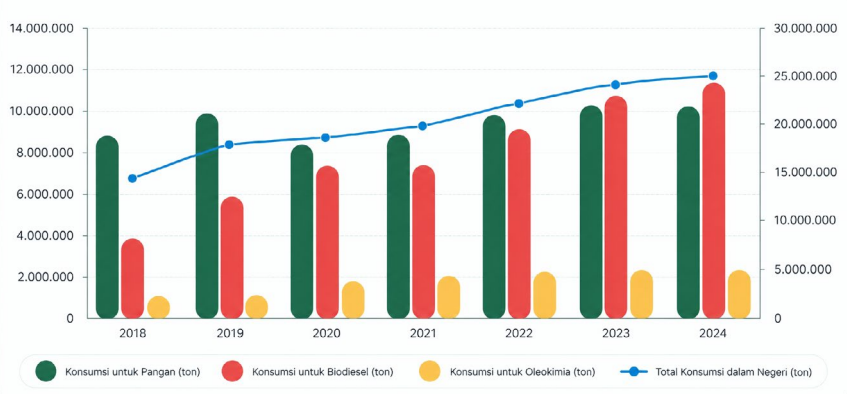
2.3.4 Tantangan dan Risiko Ekonomi

Selain persoalan struktural, lingkungan, dan sosial, implementasi *biofuel* di Indonesia juga menghadapi risiko ekonomi yang signifikan. Risiko ini terutama bersumber dari ketergantungan yang tinggi pada satu komoditas, yaitu minyak sawit, yang membuat stabilitas kebijakan sangat dipengaruhi oleh dinamika pasar global.

Meskipun program biodiesel diklaim mampu menekan impor solar dan menghemat devisa (Kementerian ESDM, 2023), fokus yang terlalu sempit justru menciptakan kerentanan baru. Salah satunya adalah pergeseran tujuan industri bahan bakar nabati. Program yang semula dirancang sebagai instrumen pengentasan kemiskinan bertransformasi menjadi mekanisme penyerapan surplus produksi sawit, terutama setelah kelebihan pasokan pada 2014. Peningkatan bauran biodiesel dari 10 persen menjadi 30 persen sejak 2013 berfungsi menyerap lonjakan produksi sawit dari 27,78 juta ton menjadi 51,58 juta ton pada 2020 (Madani Berkelanjutan, 2022). Akibatnya, fungsi industri *biofuel* bergeser menjadi alat stabilisasi harga, sementara

tujuan diversifikasi energi dan pembangunan inklusif menjadi kabur.

Ketergantungan ini juga memunculkan dilema antara pangan dan energi yang semakin tajam. Sejak 2023, konsumsi CPO untuk biodiesel telah melampaui konsumsi untuk pangan, sehingga meningkatkan persaingan penggunaan bahan baku antar sektor (Madani Berkelanjutan, 2025). Kondisi ini berpotensi memicu volatilitas harga, mendorong spekulasi pasar, serta mempercepat ekspansi lahan sawit tanpa perencanaan yang memadai. Situasi tersebut menunjukkan bahwa tanpa diversifikasi bahan baku dan perbaikan desain kebijakan, pengembangan *biofuel* berisiko memperkuat ketergantungan ekonomi, alih-alih meningkatkan ketahanan energi dan kesejahteraan jangka panjang.



Gambar 2.18 Pemanfaatan Produksi CPO untuk Konsumsi Domestik Tahun 2018-2024
(Sumber: GAPKI, 2025; diolah oleh Madani Berkelanjutan)

Ambisi peningkatan bauran biodiesel juga membawa konsekuensi ekonomi yang tidak kecil. Target B40 pada 2025 diperkirakan membutuhkan 14,2 juta ton CPO, sementara B50 pada 2026 mencapai 17,93 juta ton. Tanpa peningkatan produktivitas yang signifikan dari sekitar 3,8 ton per hektare menjadi 6 ton per hektare, kebutuhan tersebut akan mendorong ekspansi lahan sawit hingga lebih dari 6 juta hektare. Ekspansi ini berpotensi menimbulkan biaya eksternal antara US$3,74 hingga 4,72 miliar akibat deforestasi, degradasi lingkungan, dan konflik sosial, yang pada akhirnya menjadi beban bagi perekonomian nasional (Madani Berkelanjutan, 2025).

Di sisi lain, peningkatan konsumsi domestik untuk biodiesel juga berimplikasi pada berkurangnya potensi ekspor CPO. Dalam skenario *Business as Usual*,

alokasi CPO untuk energi akan mengurangi volume ekspor yang selama ini menjadi sumber devisa penting (Madani Berkelanjutan, 2025). Kondisi ini menciptakan dilema kebijakan, antara memenuhi target bauran energi domestik atau mempertahankan pendapatan dari pasar ekspor.

Gambar 2.19 Pemanfaatan Produksi CPO Tahun 2018-2024 (Sumber: GAPKI, 2025; diolah oleh Madani Berkelanjutan)

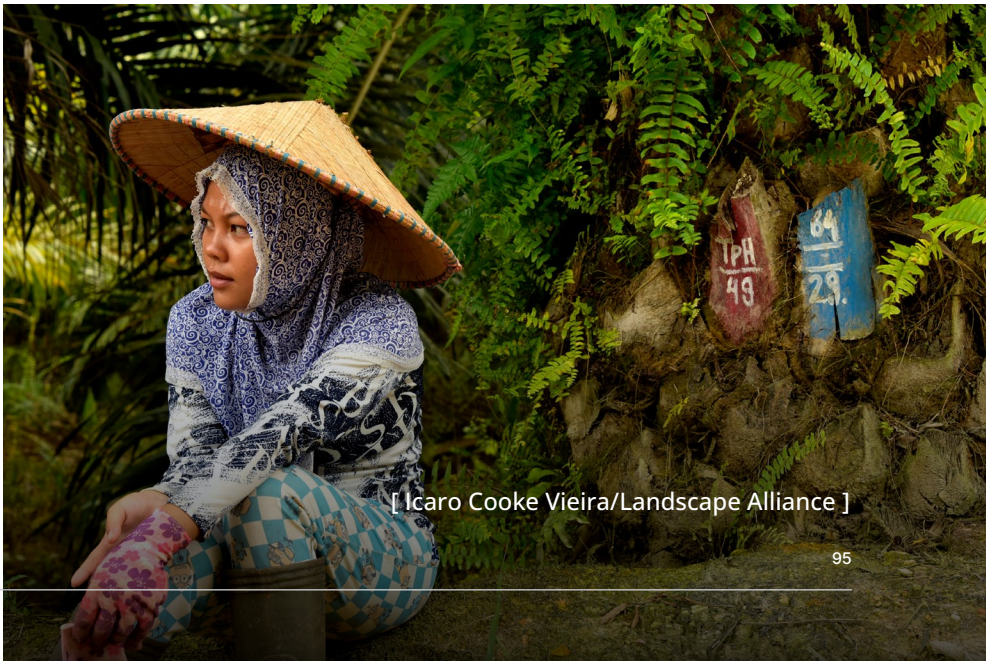
Tantangan lain yang tidak kalah krusial adalah terbatasnya diversifikasi bahan baku *biofuel*. Komoditas alternatif seperti nyamplung, pongamia, kaliandra, dan jarak pagar masih menghadapi berbagai hambatan, mulai dari keterbatasan teknologi, tingginya biaya produksi, hingga skema insentif yang belum mendukung (Madani Berkelanjutan, 2024). Keterbatasan *level playing field* bagi komoditas sawit membuat pengembangan bahan baku alternatif sulit berkembang. Akibatnya, pasar bioenergi tidak tumbuh secara kompetitif dan inovatif, serta potensi ekonomi lokal berbasis komunitas tidak termanfaatkan secara optimal.

Persoalan diversifikasi bahan baku tersebut berlangsung dalam struktur kebijakan biodiesel yang juga masih menghadapi tantangan dalam desain insentif dan tata kelolanya. Kajian Wiko Saputra dkk. yang diterbitkan oleh Komisi Pemberantasan Korupsi (KPK) menunjukkan adanya persoalan dalam penetapan Harga Indeks Pasar (HIP) biodiesel, termasuk belum transparannya basis perhitungan sejumlah komponen biaya yang menjadi dasar pemberian subsidi (Saputra et al, 2021). Kajian tersebut memperkirakan potensi inefisiensi pemberian subsidi sebesar Rp4,2 triliun pada Program B30 tahun 2020. Temuan ini tidak secara langsung menunjukkan adanya ketimpangan daya saing antara sawit dan bahan baku alternatif, tetapi menunjukkan bahwa desain insentif biodiesel perlu diperbaiki agar dukungan

kebijakan dapat diberikan secara efisien, transparan, dan akuntabel. Dalam konteks diversifikasi bahan baku, prinsip tersebut menjadi penting agar pengembangan *biofuel* tidak hanya memperluas volume produksi, tetapi juga mendorong struktur pasar yang lebih efisien dan berkelanjutan.

[Nanang Sujana/Landscape Alliance]

[Wicak Baskoro/Landscape Alliance]



[Icaro Cooke Vieira/Landscape Alliance]

[Wicak Baskoro/Landscape Alliance]

BAB 3

PEMBELAJARAN GLOBAL MENGENAI PRAKTIK PENGEMBANGAN *BIOFUEL*

BAB III. PEMBELAJARAN GLOBAL MENGENAI PRAKTIK PENGEMBANGAN *BIOFUEL*

Bagian ini mendiskusikan pengalaman berbagai negara yang dapat dijadikan pembelajaran bagi Indonesia dalam membangun kebijakan dan kelembagaan *biofuel* yang tidak hanya mengejar produksi dan efisiensi ekonomi, tetapi juga inklusif, berkeadilan, dan berkelanjutan. Aspek-aspek pembelajaran mencakup soal kebijakan dan kelembagaan, pelaku dalam rantai nilai, diversifikasi feedstock, integrasi hulu-hilir, pembiayaan dan insentif, pendekatan lokal dan inklusif dan keberlanjutan dan keterlacakan.

3.1 Model Otoritas Publik dan Redistribusi Manfaat: Studi Kasus FELDA Malaysia

Salah satu model yang relevan adalah Federal Land Development Authority (FELDA) di Malaysia, yang mengintegrasikan produksi *biofuel* dengan redistribusi lahan dan pemberdayaan petani. FELDA mengelola kawasan secara kolektif melalui skema koperasi, menyediakan akses legal, pembiayaan, dan dukungan teknis bagi petani kecil, sekaligus membangun infrastruktur produksi dan distribusi.

Model ini menunjukkan bahwa kelembagaan publik dapat berfungsi sebagai penyeimbang antara kepentingan industri dan petani, dengan memastikan distribusi manfaat yang lebih merata. Integrasi produksi, pengolahan, dan pemasaran memungkinkan petani kecil terlibat dalam rantai nilai bernilai tinggi, bukan sekadar sebagai pemasok bahan baku.

3.1.1 Integrasi Produksi *Biofuel* dengan Redistribusi Lahan dan Pemberdayaan Petani Kecil

Pembelajaran utama dari FELDA terletak pada keterkaitan antara redistribusi lahan, komoditas, dan kepastian pasar. Petani kecil tidak hanya memperoleh akses lahan, tetapi juga jaminan penyerapan hasil, sehingga pendapatan lebih stabil dan kemiskinan perdesaan dapat ditekan (Bronkhorst dkk., 2017; Hanafiah dkk., 2022).

Model ini juga mengatasi hambatan klasik petani kecil seperti keterbatasan modal, teknologi, dan akses pasar melalui koordinasi publik yang kuat. Petani dilibatkan dalam seluruh rantai nilai, mulai dari perencanaan lahan hingga pemasaran, sehingga memiliki posisi tawar yang lebih kuat (Chin,

2011; Bronkhorst dkk., 2017). Koordinasi publik yang kuat, yang mencakup infrastruktur, pembiayaan, penyuluhan, dan akses ke pabrik, terbukti mampu menurunkan hambatan utama petani kecil seperti keterbatasan modal, teknologi, dan posisi tawar, sekaligus membuka partisipasi mereka dalam rantai nilai *biofuel* pada skala yang layak (Chin, 2011).

Pelajaran kunci lainnya menunjukkan desain kelembagaan yang aktif dan terintegrasi. Pertama, FELDA berhasil mendorong aksi kolektif melalui pengorganisasian pemukim dalam kelompok, yang meningkatkan produktivitas sekaligus memperkuat insentif kepemilikan dan akuntabilitas. Kedua, integrasi proyek biomassa, seperti pemanfaatan biogas dari limbah pabrik kelapa sawit, menciptakan sumber pendapatan tambahan sekaligus mendukung elektrifikasi perdesaan dan energi berkelanjutan.

Ketiga, dukungan institusional yang kuat, terutama melalui kehadiran staf lapangan untuk penyuluhan dan pengembangan komunitas, memastikan pendampingan berjalan konsisten di tingkat akar rumput. Keempat, transformasi dari model pembangunan sosial menuju entitas korporasi melalui keterlibatan dalam usaha komersial seperti Felda Global Ventures menunjukkan upaya menyeimbangkan kepentingan petani kecil dengan kelayakan bisnis (Sutton, 1989; FGV, 2013; Zaenal Abidin dkk., 2023).

3.1.2 Penyeimbang Kepentingan Industri dan Komunitas Petani

Sebagai otoritas publik, FELDA mampu menyeimbangkan kepentingan industri dan petani melalui kerangka kelembagaan yang terintegrasi. Pengelolaan lahan, dukungan teknis, dan mekanisme pembagian keuntungan dilakukan dalam satu sistem yang terkoordinasi.

Peran FELDA tidak hanya sebagai pengawas publik, tetapi juga sebagai aktor yang secara aktif mengintegrasikan petani kecil ke dalam seluruh rantai nilai, mulai dari penanaman hingga pemasaran. Otoritas yang dimiliki atas lahan, layanan, dan tata kelola memungkinkan FELDA menengahi kepentingan komersial dan kebutuhan sosial secara simultan, tanpa sepenuhnya menyerahkannya pada mekanisme pasar. Dalam praktiknya, FELDA merancang tata guna lahan, pemukiman, dan sistem produksi yang secara langsung memengaruhi efisiensi industri sekaligus kesejahteraan rumah tangga petani (Mohamad dkk., 2014).

Strategi yang diterapkan bersifat komprehensif dan terintegrasi, meliputi:

- Penerapan Sistem Manajemen Kebun Cerdas (SPMS) untuk meningkatkan produktivitas, efisiensi, dan keberlanjutan sektor pertanian.
- Diversifikasi komoditas di luar karet dan kelapa sawit guna mengurangi kerentanan ekonomi dan memperluas sumber pendapatan.
- Penguatan peran petani dalam agribisnis hilir melalui koperasi yang dikelola mandiri, sekaligus mendorong regenerasi petani.
- Investasi berkelanjutan dalam riset, mekanisasi, dan adopsi teknologi untuk meningkatkan daya saing dan kondisi sosial-ekonomi pemukim.

Melalui pendekatan ini, FELDA mampu menjembatani kesenjangan desa-kota dengan meningkatkan kesejahteraan komunitas pertanian tanpa mengorbankan efisiensi komersial. Keseimbangan antara tujuan sosial dan ekonomi tersebut ditopang oleh sejumlah prinsip kunci:

- Status kewenangan publik memungkinkan prioritas kesejahteraan sosial tetap dijalankan bersamaan dengan efisiensi bisnis (Zaenal Abidin dkk., 2023).
- Kepemilikan tanah menciptakan insentif yang selaras, di mana petani memperoleh manfaat langsung dari peningkatan nilai dan produksi (Barau dkk., 2016, Sutton, 1989).
- Integrasi rantai nilai antara produksi petani dan pengolahan terpusat menghasilkan skala ekonomi tanpa menghilangkan otonomi petani (Sutton, 1989).
- Sistem dukungan yang mencakup aspek teknis, finansial, sosial, dan infrastruktur memungkinkan petani bersaing secara efektif (Zaenal Abidin dkk., 2023).
- Komitmen jangka panjang melalui program lintas generasi yang bertujuan menjaga keberlanjutan kontrak sosial.
- Manajemen model hibrida yang menggabungkan manajemen profesional dan kepemilikan petani memperkuat efisiensi sekaligus inklusivitas (FGV, 2013).

3.1.3 Pembelajaran untuk Indonesia

1. Inisiasi Lembaga Publik

Pengalaman FELDA menunjukkan bahwa lembaga publik yang kuat menjadi kunci untuk mengoreksi ketimpangan struktural dalam sektor *biofuel*. Di Indonesia, ketimpangan ini terlihat dari dominasi perkebunan besar dalam rantai nilai sawit, sementara petani kecil terhambat oleh legalitas lahan, akses pembiayaan, produktivitas, dan kepatuhan terhadap standar keberlanjutan (Pacheco dkk., 2017; IESR, 2021).

Dengan adanya otoritas hukum dan kapasitas fiskal, lembaga publik dapat menata ulang akses lahan, regulasi pasar, dan distribusi rente yang selama ini bias terhadap korporasi. Model FELDA menunjukkan bahwa intervensi negara mampu menyeimbangkan struktur melalui redistribusi lahan, jaminan akses pasar, dan kepemilikan koperasi dalam satu kerangka kelembagaan terpadu (Chin, 2011; World Bank, 2019).

Sejauh ini, ketimpangan struktural sektor *biofuel* Indonesia, yang berbasis minyak sawit, terutama terlihat dari penguasaan dan kontribusi perkebunan besar milik swasta dan terafiliasi negara yang besar dibandingkan petani kecil dalam perdagangan tandan buah sawit. Petani swadaya mengalami kerugian sistematis akibat lemahnya legalitas, terbatasnya akses kredit, rendahnya produktivitas, serta hambatan memenuhi standar keberlanjutan, sehingga akses ke pasar bernilai tinggi menjadi terbatas (Pacheco, 2017; Raharja dkk., 2020).

Ketimpangan tersebut diperkuat oleh posisi petani plasma yang lebih diuntungkan dibanding swadaya dalam relasi dengan pabrik (Ekaputri dkk., 2025). Di sisi lain, desain subsidi dan insentif biodiesel dari dana sawit lebih menguntungkan produsen besar, sementara manfaat bagi petani kecil dan pekerja bersifat terbatas (IESR, 2021).

Dalam situasi ini, lembaga publik perlu mengintervensi kegagalan pasar melalui reformasi tata kelola lahan dan perizinan, pengakuan hak petani dan masyarakat adat, serta pengendalian ekspansi ilegal atau spekulatif (FAO, 2013). Lembaga publik juga berperan mendesain ulang instrumen fiskal dan insentif, termasuk subsidi biodiesel dan dana sawit, agar distribusi rente lebih transparan dan berpihak pada petani kecil, layanan sosial, dan pengelolaan lanskap berkelanjutan (Lima, 2012).

Lembaga publik juga sekaligus berfungsi sebagai koordinator lintas sektor yang mengintegrasikan kebijakan pertanian, energi, lingkungan, dan pembangunan perdesaan. Peran ini memastikan pengembangan *biofuel* tidak hanya mendorong industri, tetapi juga meningkatkan kesejahteraan masyarakat dan menjaga lingkungan, melalui dukungan infrastruktur, penyuluhan, riset dan pengembangan, serta pengawasan independen (FAO, 2013; Raharja dkk., 2020).

2. Skema Koperasi dan Pengelolaan Kolektif dalam membangun Rantai Pasok *Biofuel* yang Adil dan Inklusif

Untuk mengatasi ketimpangan struktur pasar *biofuel*, diperlukan mekanisme kelembagaan yang mampu memperkuat posisi tawar petani sekaligus mengintegrasikan mereka ke dalam rantai nilai yang lebih terorganisir. Skema koperasi dan pengelolaan kolektif berfungsi sebagai penghubung antara petani kecil yang terfragmentasi dengan pasar *biofuel* global yang menuntut standar tinggi. Melalui agregasi produksi, koperasi meningkatkan posisi tawar petani dalam menghadapi struktur pasar yang cenderung monopsoni, sehingga memungkinkan negosiasi harga yang lebih adil dan akses langsung ke pembeli skala industri (Jelsma dkk., 2017; Raharja dkk., 2020).

Pengelolaan kolektif juga membuka akses ke pasar premium, termasuk *biofuel* bersertifikat berkelanjutan seperti RSPO dan ISCC, yang sebelumnya sulit dijangkau petani individual karena biaya transaksi tinggi. Dengan menggabungkan volume dan sertifikasi, koperasi memungkinkan petani memperoleh bagian dari "premi hijau" yang selama ini lebih banyak dinikmati perantara (FAO, 2012).

Koperasi turut berperan membentuk kontrak pasokan jangka panjang antara kelompok petani dan perusahaan energi. Skema ini memberikan kepastian harga melalui formula yang lebih transparan serta melindungi petani dari volatilitas harga komoditas. Pada saat yang sama, kontrak ini menciptakan kepastian permintaan, sehingga petani memiliki dasar yang lebih kuat untuk berinvestasi dan merencanakan produksi (Strasser dkk (2025).

Dalam konteks standar keberlanjutan global, koperasi menjadi instrumen penting untuk mengatasi hambatan keterlacakan dan pelaporan emisi. Organisasi petani terbukti menjadi faktor kunci dalam keberhasilan sertifikasi dan kemitraan dengan pembeli, terutama melalui penguatan struktur

organisasi, model bisnis, serta kepercayaan internal (FAO 2012). Skema sertifikasi kelompok yang didorong oleh RSPO dan ISCC memindahkan beban administratif ke tingkat koperasi melalui sistem pengendalian internal, sehingga mampu menekan biaya sertifikasi hingga sekitar 90 persen dibandingkan skema individu (FAO, 2012; RSPO 2024).

Fungsi agregasi koperasi juga krusial dalam memenuhi kebutuhan volume industri dan skema perdagangan internasional seperti mass balance. Selain itu, koperasi berperan dalam pengumpulan dan pengelolaan data spasial yang menjadi prasyarat regulasi global seperti EU RED II dan EUDR, sehingga mencegah petani kecil tersingkir akibat keterbatasan teknologi dan literasi digital (FAO, 2012).

Peluang ekonomi juga meluas melalui pasar karbon. Dengan pengelolaan kolektif, petani dapat menggabungkan skala lahan untuk memenuhi ambang minimum perdagangan kredit karbon di pasar sukarela, sehingga menciptakan sumber pendapatan tambahan dari jasa ekosistem (Casa, 2022). Dalam konteks pembiayaan, koperasi juga meningkatkan akses terhadap pembiayaan hijau karena lembaga keuangan cenderung menyalurkan kredit kepada kelompok terorganisir dibanding individu (Strasser dkk., 2025).

Tantangan seperti free-rider dapat diminimalkan melalui tata kelola kelompok yang kuat, termasuk kepemimpinan aktif, sistem monitoring, dan aturan yang disepakati bersama (Jelsma, dkk 2017) Dengan demikian, koperasi tidak hanya meningkatkan efisiensi ekonomi, tetapi juga memperkuat tata kelola kolektif.

3. Integrasi Produksi, Pengolahan, dan Pemasaran dalam meningkatkan Nilai Tambah bagi Petani

Model FELDA menunjukkan bahwa integrasi vertikal dari produksi hingga pemasaran mampu meningkatkan nilai tambah bagi petani. Dengan menghubungkan petani ke rantai nilai yang terorganisir, keuntungan yang biasanya terserap di tingkat pedagang dan industri hilir dapat didistribusikan kembali kepada petani melalui harga yang lebih baik, kepastian pasar, dan keterlibatan dalam segmen bernilai tambah tinggi (FGV, 2013).

FELDA dan afiliasinya mengoperasikan rantai nilai secara menyeluruh, dari perkebunan hingga pengolahan hilir, sehingga tandan buah segar petani kecil dapat mengalir ke dalam sistem industri yang terintegrasi dan

kompetitif secara global (Bronkhorst dkk., 2017). Integrasi ini mengurangi biaya transaksi, meningkatkan standar kualitas, serta memperkuat efisiensi logistik dan margin ekonomi (Bronkhorst dkk., 2017; FGV, 2013).

Nilai tambah bagi petani terbentuk melalui dua jalur. Secara langsung, petani memperoleh jaminan penyerapan hasil dan mekanisme harga yang lebih transparan berbasis kualitas dan pasar global. Secara tidak langsung, nilai dari pengolahan dan pemasaran digunakan untuk mendukung layanan sosial, infrastruktur, dan investasi komunitas. Skema koperasi seperti Koperasi Permodalan FELDA (KPF) serta kepemilikan saham di entitas hilir memungkinkan petani berpartisipasi sebagai pemilik, bukan sekadar pemasok (Bronkhorst dkk., 2017).

Secara tidak langsung, nilai tambah dari proses pengolahan dan pemasaran memperkuat mandat sosial FELDA, termasuk penyediaan layanan publik, pembangunan infrastruktur, dan investasi di tingkat komunitas yang tidak dapat dibiayai dari produksi primer semata. Melalui struktur koperasi seperti Koperasi Permodalan FELDA (KPF) dan kepemilikan saham di FGV serta entitas terkait, petani tidak hanya berperan sebagai pemasok, tetapi juga sebagai pemegang saham dalam rantai nilai hilir.

Dengan menginternalisasi seluruh rantai nilai, model FELDA memungkinkan petani memperoleh manfaat ganda, baik dari harga yang lebih stabil maupun dari keuntungan di sektor hilir. Dibandingkan petani independen yang hanya menjual TBS ke pedagang atau pabrik, petani FELDA menerima porsi nilai yang lebih besar dari keseluruhan rantai industri.

Integrasi ini juga mendorong peningkatan berkelanjutan melalui adopsi teknologi, mekanisasi, dan sistem perkebunan cerdas yang meningkatkan produktivitas sekaligus menekan biaya, sehingga memperkuat nilai tambah per hektare. Meskipun tidak sepenuhnya menghapus ketimpangan, model ini menunjukkan bahwa rantai nilai terintegrasi yang dipimpin sektor publik dapat mengubah komoditas primer menjadi sumber pendapatan desa yang lebih adil (Zakaria dan Rizal, 2024).

Keberhasilan tersebut ditopang oleh tiga desain utama, yaitu integrasi pasokan petani ke dalam proses industri, kendali publik terhadap aset strategis dalam pengolahan dan pemasaran, serta pemanfaatan surplus untuk kesejahteraan komunitas dan peningkatan produktivitas (FGV, 2024; Zakaria and Rizal, 2024).

4. Akses Legal atas Tanah dan Dukungan Teknis dalam memperkuat Posisi Petani Kecil dalam Rantai Pasok *Biofuel*

Dalam rantai pasok *biofuel* yang semakin menuntut kepastian hukum dan standar teknis tinggi, akses legal atas tanah dan dukungan teknis menjadi prasyarat utama bagi partisipasi petani kecil.

Akses legal atas tanah menentukan kelayakan petani untuk masuk ke pasar *biofuel*, sementara dukungan teknis meningkatkan kemampuan mereka menghasilkan komoditas yang kompetitif. Kepemilikan atau penguasaan lahan melalui skema berbasis pinjaman memperkuat posisi petani sebagai pemilik aset jangka panjang, sekaligus membuka akses ke pasar *biofuel* dan karbon yang lebih menguntungkan (IDEAS, 2020).

Dalam konteks Malaysia, legalitas lahan menjadi syarat utama sertifikasi MSPO (*Malaysian Sustainable Palm Oil*) yang terhubung langsung dengan pasar ekspor *biofuel* melalui skema seperti *Green Gold Label* (GGL) dan persyaratan keberlanjutan *Feed-in Tariff* (FiT) (MSPO, 2024). Petani yang memiliki hak atas tanah dapat memperoleh sertifikasi dan mengakses pasar bernilai tinggi, sedangkan petani tanpa legalitas akan tersisih dan menghadapi harga jual yang lebih rendah.

Kepastian legal juga memungkinkan petani menandatangani kontrak pasokan jangka panjang, yang memberikan stabilitas pendapatan dan perlindungan dari fluktuasi pasar. Selain itu, sertifikat tanah menjadi prasyarat penting untuk mengakses pembiayaan, termasuk skema green financing, karena menjadi dasar penilaian kelayakan oleh lembaga keuangan (DFDL, 2024). Umumnya, lembaga pembiayaan bank maupun non-perbankan memerlukan sertifikat tanah sebagai jaminan atau bukti kelayakan pembiayaan.

Di sisi lain, dukungan teknis berperan dalam meningkatkan efisiensi dan integrasi petani ke dalam rantai pasok. Tantangan utama seperti logistik yang tersebar diatasi melalui pengorganisasian petani dalam klaster seperti *Sustainable Palm Oil Cluster* (SPOC), yang memungkinkan pengumpulan terpusat, menekan biaya transportasi, dan meningkatkan kelayakan ekonomi produksi *biofuel* skala kecil (MIGHT, 2013). Dukungan teknis juga mencakup peningkatan produktivitas melalui penyuluhan. Program TUNAS dari MPOB menunjukkan bahwa praktik budidaya yang baik dapat meningkatkan produktivitas hingga 36,8 ton per hektare, jauh di atas rata-rata nasional 17 ton per hektare (The Malaysian Reserve, 2025).

Ke depan, kebutuhan dukungan teknis akan semakin kompleks seiring dengan tuntutan regulasi seperti EUDR dan berkembangnya pasar karbon. Petani perlu didukung dalam pemetaan digital lahan, pelacakan rantai pasok, serta pengukuran emisi agar tetap terintegrasi dalam pasar global yang semakin ketat.

5. Tantangan dan Potensi mengadaptasi Model Kelembagaan seperti FELDA di Indonesia dalam Konteks BUMDes atau Koperasi Merah Putih

Upaya mengadaptasi model kelembagaan seperti FELDA di Indonesia perlu mempertimbangkan kapasitas institusi lokal yang beragam, terutama melalui BUMDes dan Koperasi Merah Putih.

Tantangan utamanya terletak pada tata kelola yang belum kuat, mulai dari model bisnis yang lemah, koordinasi antar lembaga daerah yang terbatas, hingga minimnya dukungan kebijakan untuk transisi energi di tingkat lokal. Kapasitas aktor juga masih menjadi kendala, termasuk rendahnya pemahaman, keterampilan, kepemimpinan, dan komitmen, serta lemahnya penegakan sanksi. Faktor struktural lain seperti migrasi desa-kota, buruknya infrastruktur, dan lemahnya koordinasi lintas sektor turut membatasi efektivitas BUMDes dan koperasi dalam mengelola proyek energi.

Di sisi lain, terdapat potensi untuk mendorong transisi energi hijau dan pengembangan sosial-ekonomi yang tak dapat diabaikan. BUMDes dan Koperasi Merah Putih dapat berperan sebagai motor transisi energi yang adil melalui pengembangan model bisnis energi bersih berbasis lokal, penguatan inklusi sosial termasuk gender, serta penciptaan nilai ekonomi di tingkat desa.

Pengalaman di berbagai wilayah menunjukkan bahwa kelembagaan lokal mampu mengelola proyek energi terbarukan di daerah terpencil, sekaligus meningkatkan akses dan keadilan energi. Dengan memanfaatkan sumber daya dan keunggulan geografis setempat, model ini berpeluang mendorong pertumbuhan ekonomi hijau yang lebih inklusif dan selaras dengan target energi nasional.

6. Pengarusutamaan Prinsip Keberpihakan Sosial dan Kelembagaan untuk Kebijakan *Biofuel*

Penguatan kebijakan *biofuel* tidak hanya bergantung pada aspek teknis dan

ekonomi, tetapi juga pada bagaimana prinsip keberpihakan sosial dan desain kelembagaan diintegrasikan secara sistematis. Dalam konteks ini, Indonesia dapat mengadopsi pendekatan FELDA dengan menempatkan petani kecil, koperasi, dan koordinasi publik sebagai inti kebijakan, bukan sekadar pelengkap. Integrasi ini perlu diiringi reformasi kelembagaan agar BUMDes, Koperasi Merah Putih, dan organisasi petani benar-benar berfungsi sebagai penghubung dalam rantai nilai *biofuel* lokal, sebagaimana ditunjukkan dalam model FELDA (FAO, 2013).

FELDA memperlihatkan bahwa lembaga publik mampu menggabungkan pembangunan perdesaan skala besar dengan pemberdayaan petani kecil secara simultan. Dalam konteks Indonesia, pendekatan ini relevan untuk menjawab ambisi peningkatan bauran biodiesel seperti B40 dan B50, sekaligus menghindari risiko sosial dan lingkungan dari ekspansi sawit. Dengan demikian, pengarusutamaan prinsip keberpihakan sosial dan kelembagaan menjadi kunci untuk memastikan bahwa pengembangan *biofuel* tidak hanya mendorong produksi, tetapi juga menciptakan sistem yang lebih adil, inklusif, dan berkelanjutan.

3.2 Integrasi Kebijakan Energi dan Pertanian di Brasil

Pengalaman Brasil menunjukkan bahwa keberhasilan *biofuel* sangat ditentukan oleh integrasi kebijakan lintas sektor yang konsisten dan berjangka panjang. Brasil mengembangkan industri bioetanol berbasis tebu melalui sinergi erat antara kebijakan energi dan pertanian, yang didukung oleh pembangunan infrastruktur industri dan logistik nasional, pengembangan kendaraan *flexible-fuel* (FFV), serta insentif fiskal bagi petani dan investor. Integrasi ini membentuk ekosistem *biofuel* yang kompetitif sekaligus memperkuat diversifikasi ekonomi perdesaan, sehingga relevan bagi Indonesia yang tengah mencari model transisi energi berbasis pertanian.

Fondasi keberhasilan tersebut berakar pada program *National Alcohol Program* (ProAlcool) yang diluncurkan pada 1975 untuk mengurangi ketergantungan impor energi, menghemat devisa, dan mendorong pemanfaatan etanol berbasis tebu sebagai bagian dari strategi ketahanan energi dan pembangunan sektor pertanian (FAO, 2009; Stolf dan Oliveira, 2020). Meskipun sempat mengalami krisis dan penurunan pada 1990-an, program ini berhasil direvitalisasi sejak 2003 melalui penyesuaian kebijakan yang mempertimbangkan aspek sosial, ekonomi, dan politik, termasuk penciptaan lapangan kerja, peningkatan pendapatan, diversifikasi energi,

serta penguatan posisi geopolitik dan citra internasional Brasil (Stolf dan Oliveira, 2020).

Keberhasilan ini juga ditopang oleh kerangka kebijakan agroenergi yang terintegrasi dengan mekanisme pasar, kelembagaan bioenergi yang jelas, serta upaya sistematis dalam mengelola dampak sosial dan lingkungan dari pengembangan *biofuel* (FAO, 2009; Aguiar dkk., 2025). Dengan pendekatan tersebut, Brasil tidak hanya membangun industri bioetanol, tetapi juga menciptakan sistem yang relatif stabil, adaptif, dan berdaya saing tinggi.

3.2.1 Praktik Baik dari Keberhasilan Pengembangan Bioetanol di Brasil

Pengalaman Brasil menunjukkan bahwa keberhasilan bioetanol tidak ditentukan oleh satu kebijakan tunggal, melainkan oleh integrasi lintas sektor, konsistensi institusional, dan penciptaan ekosistem yang saling memperkuat dari hulu hingga hilir.

1. Integrasi Kebijakan Lintas Sektor untuk Industri Bioetanol berbasis Tebu

Industri bioetanol Brasil dibangun melalui integrasi kebijakan lintas sektor yang sejak awal dirancang saling terkait, mencakup pertanian, energi, transportasi, industri, lingkungan, dan keuangan. Integrasi ini menyelaraskan pasokan bahan baku, permintaan energi, teknologi kendaraan, infrastruktur, dan target iklim dalam satu sistem yang koheren (UNFCCC, 2023). Sistem Inovasi Teknologi Etanol (SITE) lahir dari interaksi berkelanjutan antara eksperimen aktor industri dan arah kebijakan negara, sehingga menciptakan inovasi yang adaptif dan terinstitusionalisasi.

2. Integrasi Kebijakan Strategis

Sejak 1970-an, ProÁlcool menempatkan bioetanol sebagai bagian dari strategi pembangunan nasional dan ketahanan energi, dengan tujuan mengurangi impor minyak, menyerap surplus gula, mendorong industrialisasi, dan menciptakan lapangan kerja perdesaan. Koordinasi dilakukan melalui Komisi Nasional Alkohol yang mengintegrasikan kementerian dan BUMN, mengubah kebijakan pertanian menjadi pilar transportasi dan industri.

Seiring waktu, regulasi etanol bergeser ke sektor energi melalui institusi seperti Dewan Nasional Kebijakan Energi dan Badan Minyak Nasional.

Perubahan ini menegaskan posisi bioetanol sebagai bahan bakar inti dalam sistem energi terpadu sekaligus mencegah fragmentasi kebijakan.

3. Sinergi Pertanian-Energi

Sinergi pertanian dan energi menjadi fondasi utama ekosistem *biofuel* Brasil. Pemanfaatan tebu dan kedelai memungkinkan sistem produksi terintegrasi, termasuk pemanfaatan residu biomassa untuk bioelektrik yang menyuplai hingga 10 persen kebutuhan listrik nasional. Kebijakan seperti RenovaBio dan Undang-Undang Bahan Bakar Masa Depan memperkuat integrasi ini melalui insentif berbasis intensitas karbon seperti kredit CBIO, serta mandat pencampuran hingga 35 persen bioetanol dan 25 persen biodiesel.

Sinergi ini tercermin dalam beberapa aspek. Pertama, rantai pasok terintegrasi yang memasok 39 persen energi setara bensin dari bioetanol dan 9,3 persen diesel dari biodiesel, dengan keterlibatan petani kecil melalui program seperti *Biofuel* Sosial. Kedua, pemanfaatan residu biomassa yang menyuplai 95 persen bioenergi pada pembangkit gabungan dan menopang 60 persen energi terbarukan. Ketiga, efek pengganda ekonomi yang menciptakan lebih dari 1,5 juta lapangan kerja serta mendorong pengembangan produk turunan seperti biomethane.

Interaksi ini menempatkan Brasil sebagai produsen bioetanol terbesar kedua dunia dengan kontribusi *biofuel* sekitar 22 persen dalam energi transportasi. Insentif fiskal menjaga daya saing harga bioetanol, sementara optimalisasi lahan padang rumput terdegradasi hingga 36 juta hektare menekan tekanan ekspansi lahan.

4. Kebijakan Transportasi dan Industri

Kebijakan industri dan transportasi dirancang terintegrasi untuk memastikan kesesuaian antara pasokan bioetanol dan kesiapan pasar. Pemerintah memberikan insentif bagi pengembangan kendaraan berbasis bioetanol dan flexible-fuel, sementara Petrobras berperan dalam distribusi melalui jaringan ritel nasional.

Kebijakan harga dan pajak menjaga bioetanol tetap kompetitif terhadap bensin serta menyamakan harga antarwilayah. Integrasi kendaraan, infrastruktur pengisian, dan kebijakan harga menciptakan ekosistem yang memungkinkan bioetanol bersaing secara biaya dan aksesibilitas.

5. Integrasi Lingkungan dan Iklim

Seiring dengan meningkatnya pentingnya kebijakan iklim, Brasil memasukkan bioetanol tebu ke dalam strategi dekarbonisasi dan energi terbarukan yang lebih luas, memperkuat perannya dalam jangka panjang. Rencana Agro Energi Brasil dan kemudian RenovaBio mengklasifikasikan bioetanol, biodiesel, dan sumber bioenergi lainnya sebagai kontributor utama terhadap target emisi nasional, sambil menekankan nol deforestasi dan penggunaan lahan yang efisien.

Di bawah RenovaBio, emisi siklus hidup dari berbagai jalur *biofuel* diukur dan dihargai melalui kredit dekarbonisasi (CBIOs), yang secara langsung menghubungkan kinerja lingkungan dengan aliran pendapatan bagi produsen. Pendekatan ini menghubungkan regulasi iklim, mekanisme pasar, dan praktik produksi, sekaligus menekankan efisiensi penggunaan lahan dan komitmen nol deforestasi.

6. Koordinasi Institusional dan Pasar

Koordinasi lintas sektor diperkuat oleh mandat kebijakan yang stabil, perencanaan jangka panjang, dan jejaring institusi yang menghubungkan pemerintah, lembaga riset, industri, dan lembaga keuangan. Keterlibatan aktor seperti kementerian, bank pembangunan, pusat riset tebu, dan asosiasi produsen mengurangi fragmentasi kebijakan dan menjaga konsistensi arah pengembangan bioetanol.

Hasilnya adalah sistem *biofuel* yang terintegrasi secara mendalam, di mana kebijakan pertanian, energi, teknologi, fiskal, dan iklim saling menopang. Keberhasilan sistem ini ditopang oleh kemampuan aktor untuk membangun koordinasi lintas jaringan, baik melalui mekanisme bottom-up maupun intervensi pemerintah (UNFCCC, 2023).

7. Kontribusi Kendaraan *Flex-Fuel* pada Permintaan dan Efisiensi Distribusi Bioetanol

Pengembangan kendaraan fleksibel-bahan bakar menjadi faktor kunci dalam memperkuat permintaan domestik bioetanol. Teknologi ini memungkinkan konsumen memilih antara bensin dan bioetanol berdasarkan harga dan ketersediaan, sehingga meningkatkan elastisitas permintaan. Nilai pasar FFV diperkirakan mencapai US$18,79 miliar pada 2025 dan meningkat menjadi US$30,97 miliar pada 2032 dengan pertumbuhan tahunan 7,4 persen

(CoherentMI, 2025).

Adopsi FFV yang luas menghidupkan kembali pasar bioetanol hydrous dan meningkatkan konsumsi baik sebagai bahan bakar utama maupun substitusi bensin (Freitas dan Kaneko, 2011; IRENA, 2025). Permintaan bioetanol meningkat ketika harga relatif lebih kompetitif, dengan dinamika harga dipengaruhi oleh faktor pasar seperti harga gula, ekspor, dan komposisi armada kendaraan (CPI, 2016; Du dan Carriquiry (2013).

Tingginya adopsi kendaraan flexible-fuel menjadi faktor kunci yang memperbesar peran bioetanol dalam sistem energi transportasi Brasil. Lebih dari 90 persen kendaraan baru yang dijual merupakan FFV, yang secara langsung meningkatkan permintaan bioetanol hidrous dan menghidupkan kembali pasar domestiknya. Dampak ini mendorong ekspansi industri tebu sekaligus meningkatkan kontribusi bioetanol dalam energi transportasi hingga sekitar 40 persen berbasis energi pada tahun 2022 (IEA Bioenergy, 2024; IRENA, 2025;).

Di sisi distribusi, penetrasi FFV mempercepat investasi pada infrastruktur pendukung seperti penyimpanan, jaringan distribusi, dan stasiun pengisian bahan bakar. Kolaborasi antara retailer bahan bakar, produsen bioetanol, dan industri otomotif memperkuat jaringan distribusi sehingga akses konsumen terhadap bioetanol menjadi lebih luas dan efisien (CoherentMI, 2025). Dinamika ini juga meningkatkan kompetisi harga antara bioetanol dan bensin, sehingga menekan harga bahan bakar secara keseluruhan dan memberi keuntungan bagi konsumen (CPI, 2016).

Secara keseluruhan, pengembangan FFV tidak hanya memperkuat permintaan dan efisiensi distribusi bioetanol, tetapi juga berkontribusi pada pengurangan emisi gas rumah kaca dan impor bahan bakar fosil. Meskipun demikian, perluasan infrastruktur tetap menjadi prasyarat untuk memastikan pemerataan akses secara nasional (CoherentMI, 2025; IEA Bioenergy, 2024).

8. Insentif Fiskal untuk mendorong Partisipasi Petani dan Investor

Keberhasilan bioetanol Brasil ditopang oleh desain insentif fiskal yang komprehensif dan bertahap, yang sejak awal diarahkan untuk menjamin pasokan sekaligus menciptakan permintaan yang stabil. Pendekatan kebijakan ini dirancang agar saling melengkapi, sehingga perlindungan bagi petani di sektor hulu dan kepastian pasar bagi investor di sektor hilir dapat berjalan beriringan.

Secara historis, terdapat enam instrumen utama yang digunakan. Pertama, pengendalian harga dengan diwajibkannya penjualan bioetanol lebih murah dari bensin serta penetapan harga yang seragam secara nasional. Kedua, insentif pajak bagi kendaraan berbasis bioetanol. Ketiga, penyediaan pinjaman untuk ekspansi kapasitas produksi. Keempat, kewajiban SPBU untuk menyediakan bioetanol. Kelima, pembentukan cadangan strategis bioetanol. Keenam, skema pembelian yang dijamin pemerintah untuk memastikan serapan pasar (FAO, 2009).

Intervensi ini sejak awal dirancang bersifat sementara. Pemerintah secara bertahap mengurangi kontrol langsung ketika industri telah mencapai skala dan daya saing yang memadai. Dalam fase maturitas, peran negara bergeser menjadi fasilitator melalui mandat pencampuran, insentif pajak bagi produsen dan kendaraan FFV, serta penyediaan kredit federal untuk industri *biofuel* (FAO, 2009).

Pendekatan ini kemudian berkembang menjadi kombinasi instrumen yang lebih adaptif, mencakup insentif pajak, kredit bersubsidi, dan mekanisme berbasis pasar. Seluruh instrumen tersebut menargetkan rantai nilai secara menyeluruh, mulai dari budidaya tebu, pengolahan, distribusi bahan bakar, hingga perdagangan kredit dekarbonisasi. Dengan desain tersebut, Brasil tidak hanya menarik investasi skala besar, tetapi juga membuka ruang partisipasi petani dalam sistem bioetanol yang terintegrasi dan berkelanjutan.

- **Insentif fiskal dan quasi-fiskal utama**

Brasil menerapkan insentif pajak untuk produsen *biofuel* dengan mengurangi atau membebaskan sebagian pajak bahan bakar pada bioetanol. Pemerintah federal memberikan perlakuan khusus melalui CIDE (kontribusi intervensi pada domain ekonomi) serta PIS/COFINS (kontribusi integrasi sosial/ kontribusi pembiayaan jaminan sosial), sementara beberapa negara bagian menetapkan tarif ICMS (pajak peredaran barang dan jasa) yang berbeda antara bioetanol dan bensin (IEA Bioenergy, 2023).

Skema ini menjaga harga bioetanol tetap kompetitif dan secara struktural menguntungkan dibandingkan bahan bakar fosil. Stabilitas permintaan dan perluasan investasi diperkuat melalui kebijakan pencampuran bioetanol hydrous ke dalam bensin sekitar 25-27 persen yang didukung perlakuan pajak. Kebijakan ini mempertahankan margin harga bioetanol, menjamin

penyerapan produksi, dan menjaga stabilitas pendapatan petani pemasok bahan baku (EIA Bioenergy, 2023; USDA, 2023)

- **Kredit dan pembiayaan untuk petani dan pabrik**

Bank Pembangunan Nasional Brasil (BNDES) menyediakan kredit bersubsidi dengan suku bunga di bawah pasar untuk ekspansi lahan tebu, pembangunan dan modernisasi pabrik bioetanol, serta pembiayaan penyimpanan pascapanen. Program khusus dan dana terkait iklim di BNDES menyalurkan pembiayaan jangka panjang dalam jumlah yang besar untuk proyek-proyek bioetanol, yang berperan menurunkan biaya modal bagi investor dan meringankan keterbatasan modal kerja bagi pabrik dan petani terkait. Dalam penyaluran pembiayaan, pengetatan dilakukan dengan menggunakan indikator lingkungan seperti pengurangan emisi, pengembangan transportasi *biofuel*, infrastruktur distribusi, dan biorefinery (EIA Bioenergy, 2025; IRENA, 2025).

- **Program kredit perdesaan yang ditargetkan**

Skema kredit pertanian dengan bunga rendah dan syarat preferensial dimanfaatkan secara luas oleh petani tebu yang memasok bahan baku ke industri bioetanol. Instrumen ini berfungsi sebagai dukungan fiskal tidak langsung yang meningkatkan akses pembiayaan untuk penanaman, peremajaan, dan investasi produktivitas di sektor hulu (OECD, 2025).

- **Insentif untuk petani**

Pemerintah Brasil mengombinasikan kredit pertanian bersubsidi dengan mekanisme pembagian manfaat dari kredit dekarbonisasi untuk mendorong ekspansi dan produktivitas tebu. Program seperti Plano Safra menyediakan pinjaman berbunga rendah untuk investasi budidaya, modal kerja, dan renovasi kebun tebu (CBI, 2025; OECD, 2025). Skema ini dikelola antara lain oleh Banco do Brasil yang mendukung pembiayaan pertanian, infrastruktur perdesaan, dan inovasi, sekaligus mendorong praktik berkelanjutan dan pembangunan perdesaan yang inklusif (CBI, 2025).

Dalam mendukung pertanian rendah karbon, Brasil menyediakan kredit jangka panjang melalui Program RenovAgro sebagai bagian dari Plano Safra yang berfokus pada pertanian cerdas iklim dan sebelumnya dikenal sebagai program ABC+. Program ini merupakan strategi pertama yang secara eksplisit mengintegrasikan aspek lingkungan dan keberlanjutan dalam

pengembangan bioethanol (UNFCCC, 2023). Melalui skema ini, produsen memperoleh pembiayaan untuk investasi ramah iklim, termasuk transisi dari produksi gula ke bioetanol, yang sekaligus membuka peluang penciptaan lapangan kerja dan diversifikasi mata pencaharian (OECD, 2025).

Akses terhadap kredit bersubsidi tersebut dikaitkan dengan kepatuhan pada zonasi agroekologi tebu (ZAE Cana), yang berfungsi sebagai pedoman ekspansi berbasis keberlanjutan. Kebijakan ini memprioritaskan pemanfaatan lahan padang rumput yang telah ada, membatasi ekspansi pada kawasan bernilai keanekaragaman hayati tinggi, serta mempertimbangkan kondisi tanah, air, dan iklim. Selain itu, terdapat pembatasan praktik pembakaran pada area yang memungkinkan panen mekanis. Prioritas kredit bagi pelaku yang patuh menjadikan skema ini sebagai instrumen insentif yang efektif untuk memastikan ekspansi tebu tetap selaras dengan prinsip keberlanjutan.

Selain skema pembiayaan, Brasil juga memperkuat insentif melalui mekanisme kredit dekarbonisasi. Melalui Undang-Undang 15.082/2024, produsen tebu independen berhak memperoleh sekurang-kurangnya 60 persen dari pendapatan kredit dekarbonisasi (CBIO) yang dihasilkan dari bahan baku yang mereka pasok. Skema ini memberikan premi harga langsung bagi produksi bioetanol berbasis tebu dengan kinerja lingkungan yang baik. Produsen yang menyediakan data primer untuk sertifikasi efisiensi dapat memperoleh tambahan pendapatan berbasis per hektare, sehingga memperkuat insentif untuk praktik produksi berkelanjutan sesuai kerangka RenovaBio (IRENA, 2025).

Untuk memastikan kepatuhan, regulasi juga menetapkan sanksi finansial bagi pabrik yang tidak menyalurkan hak CBIO kepada produsen tebu, dengan denda berkisar dari mulai BRL 100.000 hingga BRL 50 juta (Bezerra dkk., 2025). Mekanisme ini memperkuat akuntabilitas sekaligus memastikan distribusi manfaat yang lebih adil dalam rantai nilai bioetanol.

Secara keseluruhan, mandat pencampuran bioetanol yang stabil atau meningkat berperan menjaga permintaan jangka panjang terhadap tebu sebagai tanaman energi. Dikombinasikan dengan kebijakan penggunaan lahan, akses kredit publik, dan pembagian pendapatan CBIO, skema ini menciptakan insentif yang membuat bioetanol berbasis tebu menjadi pilihan yang lebih menarik dan berisiko lebih rendah bagi petani dalam keputusan ekspansi lahan (IEA Bioenergy, 2016).

3.2.2 Adopsi dari Brasil: Penguatan Kebijakan *Biofuel* berbasis Pertanian di Indonesia

Berdasarkan uraian sebelumnya, ada pembelajaran penting dari Brasil untuk diadaptasi Indonesia dalam memperkuat kebijakan *biofuel* berbasis pertaniannya. Berikut disajikan tabel perbandingan antara kedua negara, berdasarkan beberapa dimensi, yang sekilas menggambarkan kebijakan dan industri *biofuel* saat ini.

Tabel 3.1 Perbandingan Ekosistem Pengembangan *Biofuel* antara Brasil dan Indonesia

Dimensi	Model Tebu-Bioetanol Brasil	Model berbasis Sawit Indonesia
Feedstock/bahan tanaman	Tebu untuk etanol; kacang kedelai dan lainnya untuk biodiesel	Minyak sawit untuk biodiesel; penggunaan etanol masih terbatas saat ini
Keterkaitan antar sektor	Integrasi kuat antara sektor pertanian, energi, transportasi, iklim	Koordinasi parsial; sasaran *biofuel* kadang-kadang bertentangan dengan tujuan penggunaan lahan, makanan dan konservasi hutan
Teknologi kendaraan	Jumlah FFV pengguna E20-E27 dan E100 yang besar	Penerapan teknologi pada kendaraan masih terbatas; fokus pada biodiesel (B35–B40) untuk mesin diesel konvensional
Desain insentif	Campuran pajak, kredit perdesaan dan skema CBIO berbasis pasar	Pungutan ekspor dan subsidi untuk mendukung pencampuran biodiesel; pemberian penghargaan berbasis kinerja masih lemah
Integrasi petani dan usaha kecil	Skema dengan petani sasaran lebih banyak berkembang untuk biodiesel (Social Fuel Seal) daripada ethanol	Upaya sedang dilakukan untuk mengintegrasikan petani kecil ke dalam rantai pasok berbasis minyak sawit; masih ada kesenjangan tata kelola dan kapasitas

Beberapa pelajaran kunci dapat dirumuskan secara lebih terfokus. Pertama, diperlukan peta jalan jangka panjang lintas kementerian yang mengintegrasikan bioenergi dengan keamanan energi, pembangunan perdesaan, dan target iklim, bukan pendekatan sektoral yang terpisah. Kedua, mandat pencampuran biodiesel dan bioetanol perlu dibuat jelas dan dapat diprediksi, disertai kebijakan harga dan pajak yang transparan agar bioenergi tetap kompetitif di tingkat konsumen tanpa menciptakan distorsi insentif.

Ketiga, insentif berbasis kinerja, seperti mekanisme CBIO, perlu diterapkan untuk memberi penghargaan atas pengurangan emisi dan efisiensi nyata, khususnya pada biodiesel dan bioetanol tebu. Keempat, integrasi agroindustri perlu diperkuat dengan menghubungkan pabrik, kilang, dan pembangkit energi untuk memaksimalkan pemanfaatan produk sampingan seperti listrik, biogas, dan pupuk, sehingga meningkatkan ketahanan ekonomi perdesaan.

Sejalan dengan pengalaman Brasil, Indonesia perlu membangun tata kelola yang terintegrasi dengan menyatukan perencanaan, regulasi, dan insentif yang menghubungkan produksi bahan baku *biofuel*, produksi energi dan infrastruktur, serta sektor penggunaan akhir seperti transportasi dalam satu kerangka kebijakan yang koheren lintas sektor.

3.3 *Biofuel* Skala Komunitas untuk Akses Energi Lokal: Praktik di Afrika Timur

Bagian ini menyoroti inisiatif *biofuel* berbasis komunitas di Afrika Timur, terutama di Tanzania, yang memanfaatkan tanaman seperti jarak pagar (*Jatropha*) untuk memenuhi kebutuhan energi lokal di wilayah yang belum terjangkau listrik. Meskipun menghadapi berbagai kendala teknis dan pasar, praktik ini menunjukkan bahwa *biofuel* dapat berkembang sebagai solusi energi yang kontekstual jika didukung kebijakan yang fleksibel, dukungan teknis, dan integrasi dengan pembangunan desa. Model ini menegaskan pentingnya pendekatan *bottom-up* dalam pengembangan bioenergi.

3.3.1 Inisiatif *Biofuel* berbasis Komunitas untuk Energi Lokal

Pengalaman Afrika Timur menunjukkan bahwa *biofuel* berbasis komunitas hanya efektif ketika dikembangkan dalam skala kecil, terintegrasi dengan mata pencaharian lokal, dan dikelola dengan kontrol komunitas serta

perhitungan ekonomi yang realistis. Banyak proyek berskala besar, termasuk pengembangan Jatropha, gagal karena mengabaikan prinsip-prinsip ini dan bahkan merugikan komunitas (Eijk, 2009; IIED, 2009; Sulle and Nelson 2013). Studi kasus di Tanzania juga menegaskan bahwa selain reformasi regulasi, pemberdayaan komunitas melalui akses informasi, alat negosiasi, dan perlindungan hak menjadi kunci untuk menyeimbangkan relasi dengan investor (Sulle dan Nelson, 2013).

Pelajaran utama dari praktik ini mencakup lima aspek berikut:

1. Aspek skala dan teknologi.

Inisiatif yang berhasil umumnya berskala kecil dan menggunakan bahan baku lokal seperti biji minyak, residu, atau limbah organik, dengan tujuan energi yang spesifik (misalnya penggilingan, listrik desa, atau memasak). Teknologi multifungsi berbasis minyak nabati atau biodiesel terbukti efektif untuk wilayah *off-grid*, tetapi tidak dirancang untuk memenuhi pasar bahan bakar nasional (FAO, 2009).

2. Pilihan feedstock dan penggunaan lahan

Pengalaman Jatropha di Tanzania dan Kenya menunjukkan bahwa promosi komoditas tanpa dasar agronomi yang kuat berujung pada produktivitas rendah dan kegagalan investasi. Hambatan budaya dan persepsi terhadap tanaman (misalnya dianggap beracun) juga mempengaruhi adopsi dan dapat menjadi penghambat pengembangan jenis tersebut (Eijck dan Romijn, 2008; Eijck, 2009).

3. Tata kelola dan hak masyarakat.

Proyek berskala besar yang didorong investor seringkali menggeser kontrol lahan ke negara atau pihak eksternal, sehingga meningkatkan risiko bagi komunitas ketika proyek gagal, seperti pada kasus Bioshape di Kilwa (Tanzania) dan Jatropha Bedford di Kenya (Ndenyele dkk., 2025; Sulle & Nelson, 2013). Karena itu, keberhasilan proyek mensyaratkan pengakuan hak atas tanah adat, kontrak yang transparan, serta mekanisme renegosiasi.

4. Model bisnis dan pasar

Model berbasis petani kecil hanya layak jika harga, biaya transaksi, dan produktivitas memberikan keuntungan nyata. Studi di Tanzania (misalnya

Diligent Tanzania) menunjukkan bahwa pasar domestik, seperti energi rumah tangga, memasak, dan industri lokal, lebih realistis dibanding ekspor karena lebih sederhana secara logistik dan kebutuhan modal.

Sementara itu, studi di berbagai komunitas di Ethiopia, Kenya, dan Uganda juga menemukan hal yang sama. Pasar domestik tersebut juga lebih sejalan dengan strategi bioekonomi nasional yang menempatkan akses energi dan penciptaan lapangan kerja di perdesaan sebagai prioritas utama, dibandingkan orientasi ekspor bahan bakar dalam skala besar (Eijck, 2009; JAM, 2022; Mitchell, 2011; Virgin dkk., 2024).

5. Dampak sosial ekonomi dan inklusivitas

Manfaat utama pengembangan *biofuel* berbasis komunitas di negara-negara Afrika Timur mencakup penciptaan lapangan kerja lokal, peningkatan akses energi, dan diversifikasi pendapatan. Pendekatan holistik dan terintegrasi diperlukan untuk memastikan terpenuhinya aspek sosia, karena meskipun ada dampak positif, kelompok rentan seperti petani berlahan sempit dan perempuan sering tertinggal. Karena itu, desain program harus inklusif, sensitif gender, dan memastikan distribusi manfaat yang adil Antwi dan Ley, 2021; FAO, 2009; IIED, 2009; Martin dkk., 2009).

Secara keseluruhan, pengalaman di Afrika Timur menegaskan bahwa *biofuel* berbasis komunitas bukan sekadar isu teknologi, melainkan sangat ditentukan oleh tata kelola, skala yang tepat, dan keberpihakan pada kebutuhan lokal.

3.3.2 Pendekatan Berbasis Tanaman Lokal untuk Energi di Desa

Pada fase awal pengembangannya, Tanzania memiliki peluang besar untuk mengembangkan *biofuel* berbasis *Jatropha*, didukung oleh ketersediaan lahan yang luas, kondisi agroklimat yang sesuai, ketersediaan air, serta dukungan politik dan sosial. Studi Mkoma dan Mabiki (2011) menunjukkan bahwa sistem *biofuel Jatropha* berpotensi memberikan kontribusi signifikan terhadap sektor energi. Produk sampingan seperti biogas dari ampas (press cake) diperkirakan dapat menyumbang sekitar 25-34 persen kebutuhan listrik tahunan pada 2015, sementara pengembangan biorefinery membuka potensi kontribusi energi yang lebih besar.

Dari sisi teknis-ekonomi, Grimsby dkk (2012) menunjukkan bahwa pemanfaatan minyak *Jatropha* skala desa relatif efisien dalam penggunaan

energi dan memiliki potensi nilai tambah dari produk sampingan. Satu kilogram minyak *Jatropha* dapat menghasilkan sekitar 2,5 kWh listrik melalui platform multifungsi. Namun, proses produksinya padat karya, dengan kebutuhan sekitar 7,5 jam kerja untuk menghasilkan 1 kg minyak.

Keterbatasan utama terletak pada aspek ekonomi tenaga kerja. Dengan tingkat upah sekitar 0,9 USD per hari, insentif ekonomi bagi petani menjadi sangat rendah, sehingga minat untuk mengadopsi Jatropha juga terbatas. Hal ini menunjukkan bahwa kelayakan elektrifikasi berbasis Jatropha sangat bergantung pada tenaga kerja berbiaya rendah, yang secara sosial tidak berkelanjutan. Meskipun pemanfaatan limbah dapat meningkatkan kelayakan ekonomi, studi ini menegaskan perlunya dukungan kebijakan berupa subsidi dan investasi riset agar model ini dapat berjalan secara berkelanjutan (Grimsby dkk., 2012).

3.3.3 Fleksibilitas Kebijakan dalam mendukung Pengembangan *Biofuel* dari Bawah ke Atas (*Bottom-Up*)

Pendekatan kebijakan yang fleksibel dan berbasis *bottom-up* menjadi kunci dalam pengembangan *biofuel* berbasis komunitas. Pendekatan ini memungkinkan penyesuaian terhadap kondisi agroekologi lokal, sistem hak atas tanah, dan kebutuhan mata pencaharian, sekaligus meminimalkan risiko konflik lahan dan kegagalan pasar (FAO, 2009; ICEED, 2009).

Kebijakan yang adaptif juga memungkinkan integrasi *biofuel* dengan tujuan yang lebih luas, seperti akses energi perdesaan, ketahanan pangan, dan perlindungan lingkungan. Pemerintah dapat menyesuaikan insentif, standar keberlanjutan, dan aturan tata guna lahan berdasarkan pembelajaran dari proyek percontohan dan dinamika pasar. Sebaliknya, kerangka kebijakan yang kaku cenderung tidak efektif di wilayah perdesaan yang memiliki kondisi sosial-ekologis yang beragam (Sulle dan Nelson, 2013).

Fleksibilitas ini juga membuka ruang bagi diversifikasi bahan baku, seperti minyak limbah, residu pertanian, dan tanaman multiguna, sehingga lebih sesuai dengan kebutuhan dan kapasitas petani kecil (Kedir dan Doris, 2025). Regulasi adaptif memungkinkan penyelarasan *biofuel* dengan agenda ketahanan iklim dan perlindungan hak atas tanah, termasuk melalui instrumen seperti penilaian sosial dan lingkungan serta penguatan hak tenurial komunitas (IIED, 2007).

Selain itu, strategi nasional yang fleksibel memungkinkan prioritas pada

model berbasis petani kecil melalui dukungan kredit, pendampingan, dan infrastruktur (PISCES, 2011). Pembelajaran dari proyek tingkat desa, seperti distribusi manfaat, partisipasi gender, dan perubahan penggunaan lahan, dapat diintegrasikan sebagai umpan balik kebijakan. Pendekatan ini meningkatkan peluang keberhasilan *biofuel* komunitas dalam mendukung ekonomi sirkular sekaligus menjaga legitimasi sosial (Kedir dan Doris, 2025).

Pendekatan partisipatif juga memastikan pemilihan teknologi, bahan baku, dan model bisnis sesuai dengan kondisi lokal. Hal ini memperkuat kepemilikan dan akuntabilitas komunitas melalui mekanisme seperti koperasi, skema outgrower yang dapat dinegosiasikan, serta sistem pembagian manfaat yang jelas. Proyek yang dirancang bersama komunitas terbukti lebih mampu menjaga ketahanan pangan, menghindari penggusuran, dan mengintegrasikan *biofuel* dengan mata pencaharian local (FAO, 2009; Sulle dan Nelson, 2009).

Dengan begitu, proyek-proyek yang disusun bersama dengan komunitas akan melindungi keamanan pangan, menghindari penggusuran lahan, dan mengintegrasikan *biofuel* dengan mata pencaharian masyarakat. Skema ini dapat mengurangi konflik yang sering terjadi pada investasi-investasi yang hanya mengandalkan pendekatan *bottom-up* (ICEED, 2009).

3.3.4 Berbagai Tantangan dalam Pengembangan *Biofuel* berbasis Komunitas Lokal

Pengembangan *biofuel* berbasis komunitas di Afrika Timur menghadapi berbagai kendala struktural, baik dari sisi teknis maupun pasar. Dari sisi pasokan, ketersediaan bahan baku seringkali rendah dan tidak stabil. Di sisi lain, pasar bahan bakar cair masih belum berkembang, kapasitas teknis terbatas, serta dukungan kebijakan dan infrastruktur belum memadai, sehingga biaya produksi dan distribusi menjadi tinggi.

Tantangan teknis dalam pengembangan *biofuel* berbasis komunitas di Afrika Timur meliputi:

1. Rendahnya efisiensi konversi

Efisiensi produksi *biofuel* masih rendah karena teknologi belum matang secara komersial serta keterbatasan pasokan bahan baku.

2. Ketidaksesuaian teknologi

Teknologi yang digunakan sering tidak selaras dengan kondisi agroekologi dan konteks sosial lokal.

3. Keterbatasan infrastruktur

Infrastruktur pendukung masih lemah, termasuk jaringan jalan dan praktik budidaya yang belum optimal.

4. Kapasitas teknis yang terbatas

Keterampilan, pengetahuan, dan dukungan penyuluhan di tingkat komunitas masih rendah, sehingga menghambat operasional dan pengembangan.

Selain itu, tekanan pada penggunaan lahan dan perencanaan yang tidak memadai memicu konflik antara pemenuhan kebutuhan *biofuel* dan produksi pangan. Variabilitas iklim semakin memperburuk ketidakpastian produktivitas dan pasokan bahan baku. Keterbatasan teknologi pengolahan serta kebutuhan energi untuk proses produksi juga menjadi hambatan tambahan.

Dalam praktiknya, banyak proyek bergantung pada bahan baku dengan karakter agronomi yang tidak pasti, seperti *Jatropha* atau tebu non-irigasi. Hal ini menyebabkan produktivitas rendah, masa panen yang lama, dan sensitivitas tinggi terhadap kondisi iklim, terutama di wilayah semi-kering. Keterbatasan akses terhadap input dan penyuluhan memperburuk kondisi ini, sehingga manajemen budidaya, serangan hama, dan kekeringan semakin menurunkan hasil dan membuat pasokan tidak stabil dari musim ke musim (Tomomatsu dan Swallow, 2007).

Di sisi hilir, proses ekstraksi dan pengolahan menghadapi kendala besar. Fasilitas seperti unit ekstraksi minyak, transesterifikasi, atau pabrik etanol skala kecil membutuhkan investasi awal yang tinggi, pasokan listrik yang stabil, serta tenaga kerja terampil yang sering tidak tersedia di perdesaan. Unit produksi yang tersebar juga kesulitan menjaga standar kualitas, konsistensi spesifikasi bahan bakar, dan keamanan pengolahan kimia, yang pada akhirnya melemahkan kelayakan finansial dan reputasi *biofuel* komunitas (Fertahi dkk., 2023).

Tantangan pasar menambah berat hambatan tersebut. Kebijakan dan

infrastruktur pasar *biofuel* masih belum berkembang, dengan dukungan pemerintah yang terbatas dan tidak konsisten. *Biofuel* juga harus bersaing dengan sumber energi tradisional seperti kayu bakar serta alternatif lain yang lebih murah seperti tenaga surya. Konflik tenurial dan ketidakpastian hak atas tanah turut mengganggu stabilitas pasokan bahan baku.

Dari sisi ekonomi, banyak proyek menghadapi masalah kelayakan yang berujung pada penarikan investor, seperti yang terjadi pada pengembangan Jatropha. Kekhawatiran terhadap dampak terhadap ketahanan pangan serta keterbatasan insentif dan akses pembiayaan semakin mempersempit ruang berkembang bagi produsen lokal.

Struktur pasar yang didominasi oleh importir atau pelaku besar dengan harga yang diatur membuat produsen kecil hampir tidak memiliki posisi tawar. Fragmentasi kelembagaan dan kapasitas publik yang lemah juga menghambat pengembangan skema *biofuel* cair berbasis komunitas (Mbanga, 2024; Kissi dkk., 2025). Di sisi permintaan, konsumsi energi di perdesaan cenderung rendah, tidak stabil, dan sangat sensitif terhadap harga, sehingga *biofuel* sulit bersaing tanpa dukungan pasar atau kontrak jangka panjang. Tanpa integrasi dengan pengolahan hasil pertanian, sistem transportasi lokal, atau skema offtaker, biaya produksi tetap tinggi dan skala ekonomi sulit dicapai (ODI, 2011).

Pengalaman di Kenya dan wilayah lain menunjukkan bahwa tanpa kelembagaan rantai nilai yang kuat, sebagian besar nilai tambah justru diserap oleh pelaku hilir atau investor eksternal. Kondisi ini melemahkan insentif komunitas untuk mempertahankan produksi bahan baku. Oleh karena itu, keberhasilan *biofuel* berbasis komunitas sangat bergantung pada dukungan kebijakan, investasi pada pengolahan terdesentralisasi, serta penguatan organisasi petani (Karama, 2013).

Berbagai tantangan utama dalam produksi *biofuel liquid* di Ethiopia, Kenya dan Tanzania yang sangat berpengaruh pada proyek-proyek *biofuel* komunitas disajikan pada tabel 3.2 berikut:

Tabel 3.2 Tantangan Pengembangan *Biofuel* berbasis Komunitas di Afrika Timur

Tantangan utama	Ethiopia	Kenya	Tanzania
Kelembagaan	Lemahnya koordinasi antar lembaga yang terlibat di dalam pengembangan *biofuel*; seringnya terjadi perubahan struktur administratif; pembagian tanggung jawab pemerintah Federal dan daerah kurang jelas	Kebijakan dan kelembagaan tidak memadai	Tidak adanya pedoman kebijakan dan kelembagaan yang menangani pengembangan *biofuel*
Pasar	Pembeli tidak dapat memperoleh jumlah feedstock yang cukup untuk produksi *biofuel*; penjual *feedstock* dengan jumlah yang kecil tidak punya pasar karena tidak adanya fasilitas pengolahan setempat	Pengembangan pasar dan investasi kurang memadai, sehingga membuat *biofuel* tidak atraktif	Penjualan *biofuel* di stasiun penjualan BBM terhambat karena tidak ada rasio *blending*
Ekonomi	Biaya investasi tinggi yang juga diakibatkan krisis keuangan global; harga petroleum lebih rendah dibandingkan *biofuel*	Terbatasnya modal dan investasi	Kurangnya jaminan harga awal untuk produk *biofuel,* untuk memudahkan masuk ke pasar
Sosial	Rendahnya dukungan komunitas di wilayah-wilayah produksi feedstock potensial; kurangnya studi kelayakan yang bisa menjadi pedoman bagi investor, konflik lahan di wilayah-wilayah potensial	Hilangnya keanekaragaman hayati dan konflik lahan di wilayah produksi feedstock *biofuel*	Persaingan penggunaan lahan dan sumber air untuk irigasi
Teknis	Kurangnya kapasitas dan keterampilan teknis silvikultur/agronomi untuk tanaman; serangan hama dan penyakit pada bahan baku *biofuel*; tidak adanya standar kualitas untuk produk, kurangnya definisi yang jelas tentang "lahan marginal" yang dianggap cocok untuk produksi *biofuel*; pabrik ethanol tua dengan pemeliharaan yang buruk dan kekurangan suku cadang	Bahan tanaman berkualitas rendah; serangan hama penyakit; kurangnya staf terlatih; tidak ada sistem mekanis untuk produksi *biofuel*	Teknologi produksi *biofuel* cair sangat mahal

Legal dan insentif	Insentif produksi *biofuel* dan blending masih terbatas		Kebijakan dan peraturan perundangan dan insentif masih terbatas
Produktivitas	Produktivitas tanaman *biofuel* rendah; tingkat produksi etanol untuk BBM masih rendah	Bahan tanaman berkualitas rendah; Produktivitas tanaman *biofuel* rendah	Produktivitas tanaman *biofuel* rendah
Produksi, monitoring dan evaluasi	Kapasitas administratif dan teknis dalam mengelola proyek *biofuel* masih terbatas, investasi monitoring dan evaluasi terbatas	Lemah tindak lanjut pengembangan sektor *biofuel*	Pengetahuan tentang lahan dan produksi *biofuel* masih terbatas; Lemah tindak lanjut pengembangan sektor *biofuel*
Kepemilikan lahan	Kepemilikan lahan ada pada negara dan ada kekhawatiran perubahan kepemilikan di masa depan	Sistem kepemilikan lahan tidak jelas	Sistem kepemilikan lahan tidak jelas
Riset dan informasi	Lemahnya koordinasi riset antar institusi yang bertanggung jawab terhadap pengembangan bioenergi	Riset tentang pengembangbiakan bahan tanaman masih lemah	Terbatasnya hasil riset dan panduan tentang penyesuaian areal yang sesuai dengan feedstock yang menguntungkan

Sumber: (Kedir dkk., 2022)

Untuk mengatasi berbagai kendala pengembangan *biofuel* berbasis komunitas, sejumlah rekomendasi kebijakan, kelembagaan, dan teknis telah diusulkan dalam konteks Afrika Timur (Kedir dkk., 2022). Dari sisi kebijakan dan kelembagaan, penguatan kapasitas instansi pemerintah di berbagai tingkat menjadi langkah awal yang penting agar pengembangan *biofuel* memiliki arah dan koordinasi yang jelas. Upaya ini perlu diikuti dengan penyusunan kerangka regulasi yang komprehensif, mencakup tata kelola lahan, insentif, perpajakan, serta kebijakan blending yang mendukung skema *biofuel* lokal.

Pengembangan pasar domestik juga menjadi kunci, termasuk melalui fasilitasi pendirian unit pengolahan dan bisnis *biofuel* skala lokal oleh pemerintah. Dukungan pembiayaan perlu diperluas melalui kredit berbunga rendah, hibah, harga jaminan, serta eksplorasi sumber pendanaan inovatif.

Di sisi lain, peningkatan kapasitas masyarakat harus dilakukan secara sistematis melalui pelatihan, penyuluhan, dan promosi, disertai dengan penetapan wilayah prioritas berbasis studi kelayakan dan analisis dampak lingkungan agar pengembangan *biofuel* sesuai dengan karakteristik lokal.

Dari sisi teknis, keberhasilan *biofuel* lokal sangat bergantung pada kesesuaian antara bahan baku dengan kondisi agroekologi dan ketersediaan air (Michell, 2011; UNU-IAS, 2012). Dukungan teknis yang diperlukan meliputi: (a) penilaian sumber daya dan tata guna lahan secara partisipatif untuk menghindari konflik dengan produksi pangan dan kawasan bernilai ekologis tinggi, sesuai pedoman bioenergi untuk Afrika (AUC-ECA, 2013); (b) pengembangan unit pengolahan skala kecil yang sesuai kebutuhan, seperti pengepresan minyak, mikro-pabrik biodiesel, dan biodigester biogas, disertai panduan operasional yang sederhana dan mudah diterapkan (Clemens dkk., 2018); serta (c) penyuluhan teknis yang masif terkait agronomi bahan baku, pengelolaan kesuburan tanah dan air, serta pengolahan residu dan limbah (IIED, 2009).

Di samping itu, dukungan kelembagaan yang kuat diperlukan untuk melindungi komunitas sekaligus menciptakan kepastian bagi investor. Hal ini mencakup: (a) pembentukan lembaga nasional atau unit koordinasi lintas kementerian yang menyelaraskan kebijakan energi, pertanian, lahan, dan lingkungan serta menetapkan target yang inklusif bagi petani kecil; (b) kejelasan hak atas tanah dan pohon, termasuk pengakuan hak adat serta mekanisme persetujuan masyarakat sebelum alokasi lahan untuk proyek *biofuel* (Tomomatsu dan Swallow, 2007); (c) penerapan standar keberlanjutan yang mencakup aspek pangan, air, keanekaragaman hayati, dan perlindungan sosial, dengan sistem MRV yang sederhana dan aplikatif di tingkat komunitas; serta (d) mekanisme pengawasan dan pengaduan yang independen, termasuk pelibatan masyarakat sipil untuk memantau dampak terhadap mata pencaharian dan ekosistem (AUC-ECA, 2013).

Secara keseluruhan, keberhasilan pengembangan *biofuel* berbasis komunitas ditentukan oleh kombinasi kebijakan yang adaptif, dukungan teknis yang kontekstual, serta tata kelola kelembagaan yang kuat dan inklusif.

3.4 Diversifikasi Bahan Baku dan Insentif Mikro dalam Kebijakan Energi di India

Bagian ini membahas strategi India dalam menempatkan *biofuel* sebagai instrumen utama ketahanan energi nasional. India mengembangkan

bioetanol dan Bio-CNG dari beragam bahan baku, terutama residu pertanian dan limbah, dengan dukungan insentif yang menyasar pelaku kecil dan wilayah terpencil. Pendekatan ini mengintegrasikan pengelolaan limbah, pertanian berkelanjutan, dan pengurangan impor energi, sehingga relevan bagi Indonesia dalam merancang kebijakan yang inklusif, efisien secara fiskal, dan berbasis potensi lokal.

3.4.1 Kerangka Pengembangan Ekosistem *Biofuel* di India

1. *Biofuel* sebagai Strategi Ketahanan Energi Nasional Berbasis Potensi Lokal dan berorientasi Keberlanjutan

India menempatkan *biofuel* sebagai pilar strategi keamanan energi dengan dua pendekatan utama, yaitu menggantikan bahan bakar fosil impor melalui produksi domestik, serta memprioritaskan bahan baku non-pangan, residu, dan limbah untuk melindungi ketahanan pangan dan lingkungan.

Kebijakan nasional India dalam pengembangan *biofuel* tahun 2018 yang diamandemen pada 2022 menegaskan peran *biofuel* dalam pengurangan impor, mitigasi iklim, dan penciptaan lapangan kerja perdesaan, dengan target pencampuran 20 persen bioetanol dalam bensin dan 5 persen biodiesel dalam diesel. Kebijakan ini juga terintegrasi dengan komitmen Perjanjian Paris dan SDGs dalam kerangka transisi energi rendah karbon.

Strategi ini bertumpu pada diversifikasi bahan baku dan skema insentif mikro untuk memperluas basis pasokan energi domestik. Dalam perspektif sosial-ekonomi, *biofuel* mendorong pembangunan perdesaan melalui sistem energi terdesentralisasi, penciptaan lapangan kerja, serta pengurangan ketergantungan pada kayu bakar dan peningkatan kualitas udara (Krishna, 2025). India mampu menangkap potensi unik *biofuel* untuk memperkuat ekonomi perdesaan dengan menciptakan sistem energi terdesentralisasi dan peluang mata pencaharian. Mendirikan pembangkit listrik berbasis *biofuel* di desa-desa dapat mengurangi ketergantungan pada kayu bakar, meningkatkan kualitas udara dalam ruangan, dan memberdayakan masyarakat lokal.

Keberhasilan inisiatif itu sangat bergantung pada penguatan penyuluhan, pembangunan kapasitas lokal, serta insentif yang jelas bagi petani, termasuk harga yang adil, dukungan logistik, dan jaminan pembelian. Integrasi kebijakan *biofuel* dengan pembangunan perdesaan dan sektor pertanian menjadi kunci untuk memastikan pertumbuhan yang inklusif dan berkelanjutan.

Desain kebijakan berbasis potensi lokal diwujudkan melalui beberapa langkah utama:

- Mendorong pengembangan tanaman energi rotasi pendek dan biji minyak non-pangan di lahan terlantar untuk menghindari kompetisi dengan pangan.
- Melibatkan komunitas lokal dan desa (panchayat) dalam pengumpulan residu pertanian untuk membangun rantai nilai lokal dan lapangan kerja.
- Membatasi penggunaan bahan pangan seperti beras untuk bioetanol melalui persetujuan khusus, guna menjaga ketahanan pangan (USDA, 2018).

Beberapa program dan instrumen utama dalam implementasi strategi *biofuel* India dirancang secara terintegrasi lintas jenis bahan bakar dan rantai nilai. Pertama, Ethanol Blended Petrol (EBP) sebagai program blending nasional dengan target pencampuran 20 persen bioetanol dalam bensin pada 2025, didukung oleh pinjaman lunak, kebijakan harga, dan fleksibilitas jenis bahan baku. Kedua, promosi biodiesel dengan target pencampuran 5 persen, yang berbasis biji minyak non-pangan untuk menghindari kompetisi dengan kebutuhan pangan.

Ketiga, SATAT (Sustainable Alternative Towards Affordable Transportation) sebagai inisiatif nasional untuk membangun ekosistem biogas terkompresi (CBG) berbasis residu pertanian dan limbah, dengan skema jaminan pembelian jangka panjang oleh perusahaan pemasaran minyak milik negara. Keempat, PM JIVAN Yojana dan 2G Support sebagai skema pendanaan dan insentif untuk mempercepat pengembangan *biofuel* generasi kedua berbasis lignoselulosa, residu tanaman, dan limbah industri.

Pencapaian target keberlanjutan dilakukan melalui penerapan hierarki bahan baku yang memprioritaskan residu, limbah, dan lahan terdegradasi. Program seperti SATAT dan pengolahan limbah padat perkotaan (MSW) secara eksplisit mengintegrasikan tujuan penurunan emisi GRK, perbaikan kualitas udara, dan pengelolaan limbah dalam desain kebijakan (MoPNG, 2023). Pendekatan ini juga diselaraskan dengan agenda transisi energi yang adil melalui penciptaan permintaan terhadap residu pertanian serta sumber pendapatan baru bagi petani dan pengumpul lokal (Singh, 2024).

Instrumen pendukung lainnya mencakup skema insentif mikro yang menargetkan komunitas perdesaan untuk mendorong adopsi energi terbarukan, termasuk pemanfaatan limbah pertanian menjadi *biofuel*, perluasan jaringan gas kota, dan subsidi teknologi energi hijau.

Secara keseluruhan, strategi India menunjukkan integrasi yang kuat antara diversifikasi bahan baku dan insentif mikro, yang didukung oleh reformasi kebijakan, penguatan infrastruktur, dan insentif keuangan terarah untuk membangun sistem energi yang aman, berkelanjutan, dan tangguh.

2. Pengembangan Bioetanol dan Bio-CNG dari Bahan Baku Limbah Pertanian dan Tetes Tebu

India mengembangkan bioetanol melalui fermentasi bahan baku kaya gula seperti molase dan jus tebu, serta Bio-CNG melalui pencernaan anaerob limbah organik seperti residu pertanian, kotoran ternak, dan limbah organik perkotaan yang telah dipisahkan. Melalui kebijakan nasional *biofuel* dan program seperti SATAT serta Waste-to-Energy, produksi diperluas dengan memanfaatkan bahan baku lignoselulosa generasi kedua seperti jerami padi, residu tanaman, dan limbah organik kota untuk meningkatkan nilai tambah.

Secara paralel, India mengembangkan bioetanol generasi kedua yang berbasis limbah pertanian dan biomassa lignoselulosa seperti jerami padi dan gandum, tongkol jagung, serta batang kapas. Proses produksinya mencakup pra-perlakuan dan hidrolisis enzimatis untuk melepaskan gula fermentabel, diikuti fermentasi dan distilasi seperti pada bioetanol berbasis molase. Pendekatan ini bertujuan mengurangi ketergantungan pada bahan baku pangan sekaligus mengatasi praktik pembakaran residu pertanian (Global *Biofuel*s Alliance, 2025; IEA Bioenergy, 2021).

Dalam pengembangan Bio-CNG, proses dimulai dari pengumpulan dan pra-pengolahan bahan organik seperti residu pertanian, kotoran ternak, limbah organik perkotaan, dan limbah makanan. Bahan tersebut kemudian dimasukkan ke dalam biodigester anaerobik, di mana mikroorganisme menguraikan material untuk menghasilkan biogas mentah yang mengandung metana, CO_2, kelembaban, dan impuritas lainnya (GGGI, 2021).

Biogas mentah selanjutnya dimurnikan melalui penghilangan H_2S, kelembaban, dan kontaminan lain, lalu ditingkatkan kandungan metananya sebelum dikompresi menjadi Bio-CNG dan disimpan atau disalurkan ke jaringan gas. Sisa proses berupa slurry diolah menjadi pupuk organik padat

dan cair, yang tidak hanya menjadi sumber pendapatan tambahan tetapi juga mengembalikan nutrisi ke sistem pertanian.

3. Keunggulan Pendekatan Berbasis Limbah dalam mengurangi Tekanan Lingkungan dan Meningkatkan Efisiensi Sumber Daya

Pemanfaatan *biofuel* berbasis limbah seperti jerami padi dan limbah padat perkotaan menawarkan solusi untuk mengatasi persoalan pengelolaan limbah sekaligus menyediakan sumber energi yang lebih berkelanjutan. Ketersediaan bahan baku dari sektor pertanian dan perkotaan menjadikan pendekatan ini relevan untuk menekan emisi, mengurangi tekanan terhadap lahan, serta meningkatkan efisiensi pemanfaatan sumber daya (Patel dan Singh, 2024).

Bioetanol berbasis limbah yang berasal dari residu tanaman, limbah agroindustri, sampah organik domestik, dan limbah makanan mampu mengurangi dampak lingkungan sekaligus meningkatkan nilai tambah per unit produksi. Keunggulannya terletak pada penghindaran pembakaran residu dan penumpukan di tempat pembuangan akhir, penurunan emisi sepanjang siklus hidup bahan bakar, serta kemampuan mengolah satu aliran limbah menjadi berbagai produk bernilai dalam sistem biorefinery (Reddy dkk., 2025).

Meski demikian, produksi bioetanol berbasis limbah tetap memiliki jejak emisi. Patel dan Singh (2024) mencatat potensi pemanasan global sekitar 4,4 kg CO2 eq. per liter bioetanol dari limbah padat perkotaan, yang terutama berasal dari proses hidrolisis enzimatis dan konsumsi listrik. Ketergantungan pada energi berbasis fosil dalam proses produksi menjadi faktor utama tingginya emisi tersebut. Oleh karena itu, peralihan ke sumber energi yang lebih bersih dalam proses produksi menjadi kunci untuk menurunkan dampak lingkungan secara keseluruhan.

Dengan demikian, pendekatan berbasis limbah tetap menawarkan keunggulan signifikan, terutama ketika didukung oleh sistem energi yang lebih bersih dan efisien dalam proses produksinya.

Tabel 3.3 Keunggulan Bioetanol Berbasis Limbah

Dimensi	Keunggulan
Kualitas udara	Menghindari pembakaran terbuka residu dan mengurangi polutan udara perkotaan, dengan adanya campuran etanol-bensin yang lebih bersih.
Dampak iklim	Memotong siklus hidup emisi setara CO_2 dengan menggantikan bahan bakar fosil dan mencegah emisi dari pembakaran residu serta dekomposisi limbah.
Tekanan terhadap lahan dan air	Penggunaan residu dan limbah akan membatasi kebutuhan akan tanah pertanian dan irigasi baru untuk tanaman energi khusus.
Beban limbah dan tempat pembuangan sampah	Mengalihkan limbah pertanian, kota, dan pengolahan makanan dari tempat pembuangan akhir dan tempat pembuangan sampah akan mengurangi gas metana dan cairan pencucian.
Efisiensi sumberdaya dan energi	Penggunaan biomassa secara berjenjang dalam biorefinery menghasilkan berbagai produk (bioetanol, biogas, listrik, bahan perbaikan tanah) dari satu aliran limbah.

Sumber: Patel dan Singh, 2024; Reddy dkk., 2025

Hasil simulasi program *blending* di India menunjukkan produksi bioetanol dari tetes tebu tidak secara signifikan mengancam ketahanan pangan. Peningkatan rasio pencampuran memberikan manfaat lingkungan dan peningkatan pendapatan dalam jangka pendek, namun dalam jangka panjang rasio pencampuran yang lebih moderat menunjukkan hasil yang lebih stabil dan berkelanjutan. Temuan tersebut juga menunjukkan pengembangan bioetanol generasi kedua berbasis residu seperti batang padi, yang dikombinasikan dengan peningkatan rasio pencampuran secara bertahap, berkontribusi pada penurunan emisi CO2 secara lebih efektif. (Kumar dkk., 2024).

4. Insentif bagi Pelaku Kecil dan Wilayah Terpencil dalam Industri *Biofuel* di India

India mendorong partisipasi pelaku skala kecil dan masyarakat perdesaan dalam industri *biofuel* melalui kombinasi insentif fiskal, pembiayaan, dan dukungan pasar. Instrumen ini mencakup subsidi modal untuk unit produksi kecil, pinjaman lunak, jaminan harga bahan baku, serta skema berbasis komunitas yang secara eksplisit menargetkan wilayah perdesaan, daerah

tertinggal, dan produsen kecil sebagai bagian dari implementasi kebijakan *biofuel* nasional (IEA, 2021).

Terdapat beberapa model insentif yang dikembangkan pemerintah India. Pertama, insentif kebijakan dan keuangan yang mencakup *refinancing* bagi petani dan usaha kecil untuk membangun unit produksi terdesentralisasi, insentif fiskal seperti keringanan pajak dan percepatan depresiasi untuk meningkatkan kelayakan proyek, serta dukungan melalui Dana *Biofuel* Nasional untuk menutup kesenjangan pembiayaan terutama pada *biofuel* generasi baru (MoPNG, 2023).

Kedua, dukungan harga bahan baku dan akses pasar melalui mekanisme harga minimum untuk bahan baku non-pangan pada biodiesel, yang memberikan kepastian harga bagi petani kecil. Lalu, ada skema *contract farming* dan penguatan koperasi untuk mengintegrasikan petani ke dalam rantai pasok *biofuel* yang lebih terstruktur, yang bertujuan untuk mengintegrasikan petani kecil dan wirausahawan tingkat desa ke dalam rantai pasok *biofuel* yang terorganisir (Singh, 2022).

Ketiga, dukungan biogas untuk wilayah perdesaan dan terpencil melalui bantuan finansial untuk instalasi biogas skala kecil, dengan tingkat subsidi yang lebih tinggi bagi wilayah tertinggal dan rumah tangga berpendapatan rendah. Insentif tambahan juga diberikan untuk integrasi dengan fasilitas sanitasi serta penggunaan biogas untuk pompa dan generator, yang memperkuat fungsi energi sekaligus sumber pendapatan (IEA Bioenergy, 2021).

Keempat, pengembangan skema biomassa dan *waste-to-energy* yang mencakup dukungan pembangunan pabrik briket dan pelet biomassa skala kecil dan menengah, serta program seperti GOBAR-Dhan dan biogas terkompresi yang mendorong pemanfaatan limbah ternak dan residu pertanian di tingkat desa. Skema ini dirancang untuk membuka peluang usaha bagi komunitas lokal dan pemerintah desa (Yosri, 2025).

Kelima, insentif bagi usaha mikro, kecil, dan menengah melalui subsidi modal tambahan, subsidi bunga, dan keringanan pajak di tingkat negara bagian untuk unit *biofuel* dan biomassa skala kecil. Sejumlah wilayah seperti Uttar Pradesh, Maharashtra, Karnataka, dan Tamil Nadu juga menyediakan insentif tambahan untuk proyek *biofuel* berbasis bahan baku lokal, yang secara tidak langsung memperkuat posisi petani kecil dalam rantai pasok (Singh, 2024).

Selain itu, dukungan pemerintah juga mencakup subsidi dan insentif bagi pembangunan fasilitas pengolahan biodiesel berbasis bahan non-pangan seperti pongamia dan jatropha, hibah untuk riset *biofuel* maju seperti berbasis alga, serta investasi infrastruktur seperti koridor transportasi dan fasilitas penyimpanan (Metal, 2025).

Secara lebih khusus, pemerintah memberikan beberapa insentif yang terarah pada penguatan industri *biofuel* secara menyeluruh. Pertama, pemerintah pusat menyediakan subsidi modal hingga 30 persen dari total biaya proyek untuk pembangunan pabrik *biofuel*, dengan tambahan insentif bagi proyek yang mengembangkan *biofuel* canggih dan teknologi berbasis limbah menjadi energi. Fasilitas ini juga diperkuat dengan dukungan khusus bagi proyek yang berlokasi di wilayah semi-urban dan perdesaan.

Kedua, sektor *biofuel* memperoleh berbagai insentif perpajakan, termasuk pembebasan pajak barang dan jasa untuk bahan baku dan peralatan produksi, pengembalian pajak penghasilan bagi produsen yang berinvestasi dalam teknologi ramah lingkungan, serta akses terhadap skema kredit karbon bagi industri yang menggunakan *biofuel* untuk menurunkan emisi.

Ketiga, melalui kemitraan dengan lembaga keuangan, pemerintah menyediakan pinjaman berbunga rendah bagi pelaku industri *biofuel.* Skema ini dilengkapi dengan tenor pelunasan yang lebih panjang dan jaminan kredit dari pemerintah, terutama bagi produsen skala kecil. Dukungan pembiayaan ini juga mencakup seluruh rantai nilai, termasuk skema khusus bagi petani dan koperasi sebagai pemasok bahan baku, sehingga memastikan kesinambungan pasokan dan memperkuat basis produksi *biofuel* secara inklusif.

5. Kebijakan memperluas Akses dan Partisipasi Lokal dalam Produksi dan Distribusi *Biofuel*

Kebijakan *biofuel* di India telah mendorong perluasan akses dan partisipasi lokal, meskipun hasilnya belum merata dan sering kali belum sepenuhnya memenuhi target ambisius yang ditetapkan. Keterlibatan masyarakat cenderung lebih kuat pada skema yang secara eksplisit menghubungkan bahan baku lokal, pemerintah desa (*panchayat*), dan produsen kecil dengan jaminan penyerapan atau dukungan subsidi. Sebaliknya, pada kebijakan yang berorientasi pada pencampuran dan produksi energi skala besar yang terpusat, partisipasi lokal relatif terbatas (Ravindranath dan Rao, 2015; Kothari dkk., 2020).

Perluasan akses dan partisipasi ini dipengaruhi oleh beberapa aspek utama, yaitu desain kebijakan yang mendukung partisipasi lokal, pengembangan sistem energi terdesentralisasi, pemanfaatan biogas skala desa, serta prioritas pada bahan baku lokal dalam kebijakan *blending*. Dalam sejumlah kebijakan nasional, *biofuel* diposisikan tidak hanya sebagai sumber energi, tetapi juga sebagai instrumen pembangunan perdesaan dan penciptaan lapangan kerja. Pendekatan ini menekankan pemanfaatan limbah, residu pertanian, dan lahan terdegradasi sebagai basis produksi *biofuel.*

Peran aktor lokal juga diperkuat melalui keterlibatan pemerintah desa (*panchayat*), koperasi, kelompok perempuan, dan pelaku usaha lokal dalam produksi bahan baku maupun pengolahan awal. Kebijakan Nasional *Biofuel* 2018, misalnya, mendorong pengembangan tanaman energi non-pangan di lahan terdegradasi dengan melibatkan komunitas melalui skema pertanian kontrak dan program berbasis desa. Dalam praktiknya, pemerintah desa dan komunitas berperan penting dalam mengidentifikasi potensi *biofuel* lokal serta mengorganisasi rantai pasok bahan baku menuju industri pengolahan.

6. Integrasi Pengelolaan Limbah, Pertanian Berkelanjutan, dan Pengurangan Impor Minyak dalam Satu Kerangka Kebijakan *Biofuel*

India mengembangkan arsitektur kebijakan *biofuel* yang berlapis dengan kebijakan nasional sebagai kerangka utama yang mengatur mandat pencampuran sekaligus mendorong skema *waste-to-wealth* seperti EBP, SATAT, GOBARdhan, RUCO, dan JI-VAN. Melalui pendekatan ini, satu kerangka kebijakan dapat secara simultan menyerap limbah dan residu, menghasilkan bahan baku bioenergi, serta mengurangi ketergantungan pada impor minyak dan gas untuk sektor transportasi dan rumah tangga. Integrasi tersebut tidak dibangun melalui satu regulasi tunggal, tetapi melalui keterkaitan antar skema yang mengatur kelayakan bahan baku, penggunaan akhir, serta dukungan fiskal dan harga (Godara, 2025).

Dalam arsitektur kebijakan yang sama, inisiatif seperti RUCO mengalihkan minyak goreng bekas dari rumah tangga dan industri makanan ke produksi biodiesel, sehingga sekaligus menangani persoalan limbah perkotaan dan kesehatan serta menyediakan substitusi energi domestik. Secara paralel, kebijakan *biofuel* juga mendorong pengembangan tanaman minyak non-pangan di lahan terdegradasi dan marginal. Pendekatan ini menghubungkan restorasi lahan, diversifikasi pendapatan petani, dan pengurangan impor

energi dalam satu sistem kebijakan yang terintegrasi (IEA Bioenergy, 2021; Global Biofuels Alliance, 2025).

7. Sinergi Lintas Sektor dalam menciptakan Sistem *Biofuel* yang Tahan Krisis dan Inklusif

Pengalaman India menunjukkan bahwa sistem *biofuel* yang tangguh dan inklusif hanya dapat terbentuk melalui koordinasi erat antara sektor energi, pertanian, lingkungan, keuangan, sektor swasta, dan komunitas. Integrasi ini diwujudkan melalui platform lintas sektor, kebijakan terpadu, serta proyek percontohan berbasis lokasi yang mampu menjembatani potensi teknis dengan kelayakan sosial dan pembiayaan (WBA, 2024).

Studi di Uttar Pradesh menegaskan bahwa kolaborasi antar aktor menjadi faktor kunci dalam pengembangan *biofuel* perdesaan. Keterlibatan pemerintah desa, lembaga pertanian, dan penyedia teknologi memungkinkan penyesuaian jenis bahan bakar dengan kondisi lokal, memastikan pasokan energi yang andal, serta menciptakan distribusi manfaat yang lebih adil (Vijay dkk, 2021)

Selain koordinasi kebijakan dan kelembagaan, sinergi lintas sektor juga menuntut perancangan program secara bersama atau *co-design.* Pendekatan ini mendorong pembentukan kluster desa mandiri energi yang dapat direplikasi, dengan mengintegrasikan pengelolaan residu, penciptaan lapangan kerja perdesaan, inklusi gender, serta penguatan rantai pasar. Model yang terstruktur dan dapat diperluas ini menjadi kunci untuk memastikan keberlanjutan dan skalabilitas sistem *biofuel* (Patnaik dkk., 2019; Vijay dkk., 2021; Chaudhary, 2022).

3.4.2 Pembelajaran dari India untuk Pengembangan *Biofuel* di Indonesia

1. Peluang Indonesia untuk menerapkan Pendekatan Berbasis Limbah Pertanian dan Dukungan Insentif Lokal

Indonesia memiliki peluang besar untuk mengembangkan *biofuel* berbasis limbah pertanian dengan memanfaatkan pembelajaran dari India. Kunci peluang tersebut terletak pada diversifikasi bahan baku di luar minyak sawit, penguatan program energi dari limbah, pelibatan komunitas lokal, serta pengembangan ekosistem pembiayaan untuk *biofuel* non-sawit. Pendekatan ini berpotensi meningkatkan ketahanan energi, menurunkan emisi gas

rumah kaca, dan membuka peluang ekonomi baru di perdesaan.

Pengalaman India menunjukkan pentingnya kerangka kebijakan yang komprehensif, seperti Kebijakan Nasional *Biofuel* 2018, yang secara sistematis mendorong pemanfaatan limbah pertanian dan bahan baku non-pangan untuk menghindari kompetisi dengan sektor pangan. Kebijakan ini menjadi instrumen untuk mengurangi ketergantungan pada bahan bakar fosil sekaligus meningkatkan pendapatan petani dan mengelola residu secara lebih berkelanjutan.

Di Indonesia, kemajuan program biodiesel berbasis minyak sawit telah berada di titik cukup signifikan, namun ketergantungan yang tinggi pada satu komoditas menimbulkan risiko ketidakberlanjutan, termasuk tekanan terhadap perubahan penggunaan lahan dan deforestasi (Halimatussadiah dkk., 2021). Dalam konteks ini, pemanfaatan limbah menjadi peluang strategis. Residu seperti jerami dan sekam padi yang selama ini dibakar, serta limbah industri sawit seperti cangkang, memiliki potensi besar untuk dikonversi menjadi *biofuel* atau sumber energi.

Penguatan kebijakan yang mendorong pemanfaatan limbah dapat mengurangi tekanan ekspansi lahan sekaligus membangun ekonomi sirkular di sektor pertanian. Rencana Peta Jalan *Biofuel* Indonesia 2025-2035 yang mulai memasukkan limbah organik sebagai bahan baku merupakan langkah awal yang penting. Namun, agar efektif, diperlukan penajaman melalui penetapan target produksi berbasis limbah, dukungan pembiayaan untuk pembangunan *biorefinery*, serta regulasi yang memfasilitasi rantai pasok limbah mulai dari pengumpulan hingga pengolahan.

Penguatan kebijakan juga terlihat melalui Peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral Nomor 4 Tahun 2025 yang memperluas jenis bahan bakar nabati, mencakup biodiesel, bioetanol, diesel biohidrokarbon, dan bioavtur untuk sektor penerbangan. Regulasi ini membuka ruang fleksibilitas harga, penguatan pengawasan, kejelasan insentif, dan penyederhanaan perizinan. Meskipun limbah organik telah diakui sebagai sumber bahan baku, implementasinya masih memerlukan penguatan, terutama dalam aspek pelibatan masyarakat, desain insentif, dan pengembangan ekosistem pendukung agar potensi limbah pertanian dapat dimanfaatkan secara optimal.

Pengalaman India menunjukkan bahwa pelibatan masyarakat yang

terstruktur dan dukungan insentif lokal menjadi kunci dalam mendorong pemanfaatan limbah pertanian. Di Indonesia, penguatan partisipasi lokal masih diperlukan, termasuk melalui optimalisasi program desa mandiri energi agar benar-benar berbasis potensi sumber daya setempat dan berkelanjutan. Upaya yang dapat dilakukan antara lain pembentukan koperasi petani sebagai agregator limbah, pemberian dukungan finansial dan teknis untuk membangun fasilitas pengumpulan dan pengolahan awal, serta penerapan mekanisme pembagian manfaat yang adil agar insentif ekonomi dirasakan langsung oleh komunitas.

Di sisi lain, struktur insentif bahan bakar nabati di Indonesia saat ini masih terkonsentrasi pada biodiesel berbasis minyak sawit melalui skema pungutan ekspor. Untuk mendorong diversifikasi, kebijakan perlu diperluas dengan memberikan insentif fiskal dan non-fiskal bagi *biofuel* berbasis limbah dan bahan baku non-sawit, termasuk pembebasan pajak, subsidi terarah, serta pembentukan dana khusus yang berfungsi menutup kesenjangan kelayakan proyek, sebagaimana praktik di India. Selain itu, jaminan pasar menjadi faktor kunci, baik melalui skema pembelian oleh pemerintah maupun kewajiban penggunaan pada sektor tertentu, sehingga menciptakan kepastian permintaan dan mendorong investasi pada *biofuel* berbasis limbah.

2. Membangun Kebijakan *Biofuel* yang Hemat Subsidi dan mendukung Ketahanan Energi Nasional

India menunjukkan bahwa kebijakan *biofuel* yang efektif tidak bertumpu pada subsidi besar yang berkelanjutan, melainkan pada desain insentif yang tepat, diversifikasi bahan baku, dan koordinasi kelembagaan. Dalam penetapan harga, India menggunakan skema yang mengaitkan harga *biofuel* dengan *Fair and Remunerative Price* (FRP) untuk tebu, sehingga harga mencerminkan biaya produksi sekaligus menjaga transparansi subsidi. Skema ini juga membedakan harga berdasarkan jenis bahan baku, seperti molase berat C, B, dan jus tebu, sehingga produsen memperoleh insentif yang proporsional tanpa distorsi pasar.

Untuk menjadi catatan, molase C (*C-molasses*) adalah hasil sampingan tahap ketiga (terakhir) dari proses kristalisasi gula yang memiliki kandungan gula total (TRS) terendah (biasanya di bawah 55 persen) dibandingkan molase A atau B. Sementara itu, molase adalah sisa hasil ekstraksi gula dari tebu yang berbentuk cairan kental.

Diversifikasi bahan baku menjadi pilar utama ketahanan energi. India memperluas sumber dari molase tebu ke molase B, jus tebu, jagung, bahan pangan rusak, hingga bioetanol generasi kedua berbasis residu pertanian. Pada 2025, bioetanol berbasis biji-bijian, terutama jagung, menjadi dominan, yang mengurangi ketergantungan pada satu komoditas, menekan volatilitas harga, serta memperluas distribusi manfaat ekonomi lintas wilayah. Kebijakan ini juga mendorong pergeseran dari tanaman berintensitas air tinggi ke alternatif yang lebih efisien secara ekologis (Mark dkk., 2025).

Pendekatan subsidi di India difokuskan pada dukungan awal investasi, bukan subsidi operasional jangka panjang. Skema subsidi bunga sekitar 6 persen pada periode 2018-2022 digunakan untuk memperluas kapasitas produksi, menurunkan biaya modal, dan mendorong efisiensi tanpa menciptakan beban fiskal permanen.

Selain itu, keterpaduan kelembagaan dan fleksibilitas regulasi memperkuat ekosistem *biofuel.* Komite Koordinasi Biofuel Nasional berperan menyelaraskan kepentingan lintas sektor, sementara reformasi regulasi dilakukan dengan mempermudah distribusi antar wilayah dan menurunkan beban pajak, termasuk penurunan pajak barang dan jasa bioetanol dari 18 persen menjadi 5 persen. Salah satu reformasi regulasi yang dilakukan adalah menyederhanakan perpindahan bioetanol antar negara bagian dengan mengamandemen Undang-Undang Industri 1951

Di sisi lain, kepastian permintaan dijaga melalui perjanjian pembelian jangka panjang antara perusahaan pemasaran minyak dan produsen, yang menurunkan risiko investasi. Pendekatan ini relevan bagi Indonesia untuk membangun kebijakan *biofuel* yang lebih hemat subsidi, adaptif, dan berorientasi pada ketahanan energi.

3.5 Integrasi *Biofuel* dan Restorasi Ekosistem: Praktik di Kawasan Uni Eropa

Bagian ini membahas bagaimana Uni Eropa mengintegrasikan pengembangan *biofuel* dengan tujuan restorasi ekosistem melalui kerangka kebijakan seperti *Renewable Energy Directive* (RED). Negara seperti Jerman dan Swedia mengembangkan *biofuel* dari limbah dan lahan terdegradasi dengan memperhatikan daya dukung lingkungan dan transparansi rantai pasok. Standar keberlanjutan yang ketat diterapkan untuk mencegah deforestasi dan konversi lahan, sehingga *biofuel* tidak hanya menjadi sumber

energi, tetapi juga instrumen pemulihan lingkungan dan tata guna lahan berkelanjutan.

3.5.1 Kerangka Regulasi EU terhadap Pengembangan *Biofuel*

Uni Eropa menggunakan kebijakan *biofuel* untuk menurunkan emisi sekaligus mengarahkan penggunaan lahan menuju konservasi dan restorasi ekosistem. Pendekatan ini merupakan bagian dari bioekonomi yang beroperasi dalam batas ekologis dan mengaitkan produksi *biofuel* dengan perlindungan fungsi ekosistem.

Setidaknya terdapat tiga instrumen utama dalam pengembangan *biofuel* di Eropa. Pertama, Renewable Energy Directive yang kini berkembang menjadi RED III, menetapkan kriteria keberlanjutan yang ketat, termasuk kewajiban pengurangan emisi gas rumah kaca dan larangan penggunaan lahan dengan stok karbon tinggi atau nilai keanekaragaman hayati tinggi. Sejak 2017, Uni Eropa menargetkan produksi *biofuel* harus mencapai penghematan emisi minimal 35 persen dibandingkan bahan bakar fosil (EU, 2017).

Kedua, The EU Forest Strategy for 2030 menempatkan hutan sebagai sistem multifungsi untuk mitigasi iklim, konservasi keanekaragaman hayati, dan pembangunan masyarakat. Strategi ini mendorong pengelolaan hutan lestari, restorasi hutan, serta prinsip *kaskade* yang memprioritaskan penggunaan kayu untuk produk bernilai tinggi sebelum energi. Ini dilakukan dengan tujuan menyimpan lebih banyak karbon di hutan serta mempertahankan struktur dan habitat alami hutan. Sementara itu, pengembangan *biofuel* terutama berasal dari residu bernilai rendah, sehingga tidak mengganggu fungsi ekologis hutan. Kebijakan ini juga terhubung dengan target restorasi, termasuk penanaman tiga miliar pohon hingga 2030 (Pecurul-Botines dkk., 2023).

Ketiga, Undang-Undang Restorasi Alam dan Strategi Keanekaragaman Hayati UE 2030 yang menetapkan target restorasi mengikat dan membatasi produksi *biofuel* pada ekosistem sensitif. Kebijakan ini mendorong model produksi yang terintegrasi dengan restorasi, seperti paludikultur (metode budidaya tanaman di lahan gambut menggunakan spesies tanaman asli rawa yang adaptif) di lahan gambut terdegradasi yang memulihkan hidrologi dan cadangan karbon, serta sistem agroforestri yang meningkatkan kualitas tanah dan habitat. Dengan demikian, pengembangan *biofuel* menjadi bagian dari pemulihan ekosistem, bukan sekadar aktivitas ekstraktif (Meletiou dkk., 2019).

Selain instrumen kebijakan utama tersebut, Uni Eropa juga mengembangkan kerangka tata kelola *biofuel* yang lebih koheren melalui *European Green Deal* (Andersen dkk., 2021) dan strategi bioekonomi (Lasarte-Lopez dan Barek, 2025). Kedua kerangka ini bertujuan memastikan bahwa pemanfaatan *biofuel,* termasuk untuk energi, tetap berada dalam batas ekologi yang aman. Pendekatan ini memungkinkan penyelarasan antar kebijakan nasional sehingga praktik pemanenan berlebihan dapat dihindari dan fungsi penyimpanan karbon tetap terlindungi. Melalui EU *Taxonomy for Sustainable Finance*, arus investasi juga diarahkan pada proyek *biofuel* dan kehutanan yang tidak hanya berkontribusi pada pengurangan emisi gas rumah kaca, tetapi juga menunjukkan kinerja nyata dalam perlindungan keanekaragaman hayati dan restorasi ekosistem.

Dengan konfigurasi kebijakan tersebut, *biofuel* tidak lagi diposisikan semata sebagai sumber energi alternatif, melainkan sebagai instrumen tata kelola penggunaan lahan. Permintaan energi diarahkan untuk melindungi ekosistem bernilai tinggi, mendorong pemulihan lahan terdegradasi, serta memperkuat lanskap yang lebih tangguh dan multifungsi.

3.5.2 Pemanfaatan Limbah dan Lahan Terdegradasi untuk mengurangi Tekanan terhadap Hutan dan Keanekaragaman Hayati

Pemanfaatan limbah dan lahan terdegradasi menjadi pendekatan kunci dalam pengembangan *biofuel* di Uni Eropa karena mampu mengurangi tekanan langsung dan tidak langsung terhadap hutan dan lahan bernilai keanekaragaman hayati serta karbon tinggi. Pendekatan ini juga mengurangi kompetisi dengan produksi pangan dan menyelaraskan *biofuel* dengan agenda biodiversitas dan restorasi (EU, 2025). Potensi lahan marginal sebagai sumber bahan baku cukup besar, terutama dengan dukungan kebijakan lintas sektor yang membuka peluang model bisnis baru bagi petani dan pelaku usaha, termasuk melalui sertifikasi bahan baku berisiko ILUC (*Indirect Land Use Change*) rendah, revisi RED II, dan skema pertanian karbon (Buffi dan Matola, 2023).

Sebaliknya, ekspansi *biofuel* di lahan pertanian produktif atau hutan berisiko memicu perubahan penggunaan lahan tidak langsung yang dapat mendorong deforestasi di wilayah lain. Karena itu, prioritas pada limbah, residu, dan tanaman di lahan terdegradasi menjadi strategi penting untuk mengurangi kebutuhan konversi lahan baru, sekaligus menekan emisi dan kehilangan tutupan hutan (IEA Bioenergy, 2009). Kebijakan Uni Eropa melalui

Renewable Energy Directive juga secara tegas membatasi penggunaan bahan baku dari lahan dengan nilai biodiversitas tinggi, stok karbon tinggi, atau lahan yang memiliki status perlindungan tertentu.

Pembuatan kebijakan yang fokus pada pemanfaatan bahan baku yang sudah tersedia dalam sistem, seperti limbah pertanian, kehutanan, hasil samping industri, dan limbah organik, memungkinkan produksi *biofuel* tanpa perlu ekspansi lahan. Pendekatan ini tidak hanya mengurangi tekanan terhadap hutan primer, tetapi juga menekan pembakaran terbuka dan dekomposisi limbah yang tidak terkendali, sehingga menurunkan polusi udara dan emisi tambahan (Material Economics, 2021; Mai-Moulin dkk., 2021).

Selain itu, optimalisasi pemanfaatan lahan terdegradasi atau marginal dapat menghindari kompetisi dengan produksi pangan, selama identifikasi dan pengelolaannya dilakukan secara tepat. Dalam beberapa kasus, penanaman tanaman tahunan atau sistem berbasis restorasi di lahan tersebut dapat memperbaiki kualitas tanah, meningkatkan stok karbon, dan menciptakan habitat semi-alami, sehingga berkontribusi pada tujuan restorasi dan keanekaragaman hayati di Uni Eropa (Buffi dan Matola, 2023).

3.5.3 Transparansi Rantai Pasok *Biofuel*: Kasus di Jerman dan Swedia

Negara-negara Eropa seperti Jerman dan Swedia membangun transparansi rantai pasok *biofuel* melalui kerangka regulasi Uni Eropa, terutama *Renewable Energy Directive* (RED II), yang diperkuat oleh legislasi nasional, sistem pelaporan wajib, dan sertifikasi pihak ketiga. Pendekatan ini menekankan keterlacakan penuh dari asal bahan baku hingga penggunaan akhir, dengan dokumentasi yang terstandarisasi serta akses bagi regulator terhadap informasi keberlanjutan.

Di tingkat implementasi, berbagai skema sertifikasi diakui untuk memastikan kepatuhan, termasuk ISCC, REDcert, dan RSB yang dianggap paling komprehensif karena mencakup beragam jenis bahan baku dan sistem pelaporan yang transparan. RSB secara khusus dikenal karena cakupan keberlanjutan yang luas dan transparansi pelaporannya (Mai-Moulin dkk. 2021). Selain mengandalkan skema sukarela tersebut, Jerman juga memungkinkan pelaporan keberlanjutan langsung oleh pelaku usaha sebagai bagian dari sistem verifikasi.

Jerman menerapkan RED II melalui regulasi nasional yang mewajibkan perusahaan menunjukkan kepatuhan terhadap keberlanjutan melalui rantai pasok tersertifikasi. Setiap *batch* dari *biofuel* harus dilengkapi dokumentasi rinci dan dicatat dalam sistem neraca massa, yang kemudian diaudit oleh lembaga terakreditasi dan dapat diperiksa oleh otoritas seperti Badan Lingkungan Federal. Mekanisme ini memastikan aliran bahan baku dan klaim keberlanjutan dapat diverifikasi secara sistematis.

Dalam sektor transportasi, kepatuhan terhadap standar keberlanjutan menjadi syarat untuk memperoleh insentif fiskal atau memenuhi kewajiban kuota. Bukti keberlanjutan yang telah diverifikasi harus tercatat dalam basis data nasional, sehingga akses pasar dan manfaat ekonomi menjadi bergantung pada transparansi dan akurasi pelaporan. Kombinasi insentif, sanksi, dan verifikasi ini efektif mencegah manipulasi data dan penggunaan bahan baku berisiko tinggi.

Untuk memperkuat sistem tersebut, hanya *biofuel* yang dapat diverifikasi secara fisik yang dihitung dalam target emisi atau kuota energi terbarukan. Jerman juga tengah memperketat regulasi dengan memungkinkan pembatalan sertifikat secara retroaktif serta mewajibkan pembeli melakukan uji tuntas (*due diligence*) terhadap rantai pasoknya. Langkah ini dirancang untuk menutup celah penipuan dan memperkuat akuntabilitas dalam sistem keterlacakan *biofuel* (Lutz, 2025).

Ketentuan ini merupakan bagian dari implementasi *Renewable Energy Directive* yang diperbarui, dengan pengetatan persyaratan kuota dibandingkan kerangka yang diberlakukan pada 2021. Pembaruan tersebut tidak hanya memperkuat target pengurangan emisi, tetapi juga memperluas cakupan kuota gas rumah kaca ke sektor penerbangan dan pelayaran, sehingga kewajiban dekarbonisasi mencakup lebih banyak sektor energi.

Untuk meningkatkan transparansi dan mencegah penghitungan ganda, Jerman terintegrasi dalam sistem ketelusuran digital Uni Eropa sesuai arahan RED II dan RED III, khususnya melalui basis data UE yang mencatat transaksi dan atribut keberlanjutan *biofuel* secara terpusat (Lutz, 2025). Pada saat yang sama, undang-undang rantai pasok nasional mewajibkan perusahaan besar memantau risiko lingkungan dan hak asasi manusia dalam rantai pasok global. Ketentuan ini mendorong pelaku *biofuel* untuk mengumpulkan, mendigitalisasi, dan membagikan data secara rinci dari tingkat hulu, termasuk petani, pengumpul, dan pemroses.

Swedia menerapkan pendekatan serupa dengan mengintegrasikan transparansi *biofuel* ke dalam tata kelola energi dan iklim nasional yang selaras dengan RED II. *Biofuel* yang digunakan untuk memenuhi target iklim wajib memenuhi kriteria keberlanjutan dan sistem pelacakan berbasis sertifikasi serta audit, sebagaimana praktik umum di Uni Eropa (Mai-Moulin dkk., 2021).

Kerangka ini diperkuat melalui *Sustainability Criteria Act* yang mewajibkan operator memiliki sistem pengendalian terverifikasi yang mencakup seluruh rantai pasok *biofuel.* Sistem tersebut diaudit oleh pihak independen, dan keputusan keberlanjutan ditetapkan oleh Badan Energi Swedia serta dievaluasi secara berkala. Mekanisme ini memastikan bahwa klaim keberlanjutan tidak hanya bersifat administratif, tetapi juga dapat diverifikasi secara operasional.

Selain itu, pelaporan iklim nasional Swedia, termasuk laporan transparansi di bawah Perjanjian Paris, memperlihatkan kontribusi *biofuel* terhadap pengurangan emisi sekaligus memperkuat tuntutan terhadap data yang akurat dan dapat ditelusuri. Praktik ini dilengkapi dengan penggunaan skema sertifikasi hutan dan bahan baku seperti FSC dan PEFC yang disesuaikan untuk energi, dengan ringkasan sertifikasi yang dapat diakses publik. Kombinasi ini menciptakan sistem transparansi berlapis yang memperkuat akuntabilitas rantai pasok *biofuel* (SLU, 2010; Swedish Ministry of Climate and Enterprise, 2024).

3.5.4 Tantangan dan Solusi dalam Menerapkan Standar Keberlanjutan Ketat terhadap *Biofuel* di EU

Penerapan standar keberlanjutan yang ketat di Uni Eropa menghadapi sejumlah tantangan struktural dan operasional. Hambatan utama mencakup keterbatasan *political will,* sumber daya keuangan dan infrastruktur, serta rendahnya kapasitas teknis dan pemahaman di tingkat pelaksana. Kompleksitas tata kelola, resistensi perubahan dari masyarakat, serta tekanan dari pelaku usaha dan kelompok lobi juga memperlambat implementasi (Dupoux dan Martens, 2025). Secara lebih spesifik, tantangan tersebut mencakup aspek administratif dan kapasitas, dinamika politik ekonomi, serta persoalan hukum dan koherensi kebijakan, yang dalam praktiknya menyebabkan keterlambatan adopsi di banyak negara anggota (SEI, 2025).

Dari sisi teknis, sistem pemantauan, pelaporan, dan verifikasi menghadapi kendala data dan metodologi. Data emisi dan penggunaan lahan dari negara eksportir seringkali tidak lengkap, tidak mutakhir, atau tidak kompatibel dengan standar Uni Eropa. Kekhawatiran juga muncul terkait akses dan akurasi data, terutama dari negara yang tidak memiliki kewajiban pelaporan serupa. Di sisi lain, sistem data internal Uni Eropa sendiri belum sepenuhnya siap untuk sektor tertentu, khususnya impor dan penggunaan lahan, padahal regulasi menuntut sistem MRV yang kompleks dan presisi tinggi (SEI, 2025).

Tekanan politik ekonomi turut memperumit implementasi. Sejumlah pelaku industri dan pemerintah mendorong pelonggaran atau penundaan standar dengan alasan biaya, daya saing, dan beban administratif. Respons kebijakan yang mengarah pada penyederhanaan regulasi dalam beberapa kasus justru dipandang melemahkan ambisi keberlanjutan dan menimbulkan ketidakpastian bagi dunia usaha, serta berpotensi mereduksi kredibilitas komitmen jangka panjang Uni Eropa (Jong dan Peters, 2025; Thomadakis, 2025).

Di tingkat implementasi, biaya transisi menuju sistem energi yang lebih hijau juga menjadi tantangan nyata. Meskipun manfaat jangka panjang diakui, beban biaya jangka pendek dirasakan oleh sektor, wilayah, dan rumah tangga tertentu. Implementasi kebijakan membutuhkan dukungan lokal, peningkatan keterampilan, serta pembelajaran institusional di tingkat regional. Keterbatasan pembiayaan, koordinasi politik yang lemah, dan alokasi anggaran yang tidak optimal turut menghambat pencapaian target kebijakan (Uzel dan Braley, 2024).

Tantangan lainnya adalah fragmentasi peraturan perundang-undangan dan masalah kohesi kebijakan (Jong dan Peters, 2025). Banyak negara anggota melewati batas waktu untuk mengubah regulasi EU, seperti *Corporate Sustainability Reporting Directive* (CSRD) dan *Renewable Energy Directive* (RED III) menjadi undang-undang nasional. Pada 26 September 2025, Komisi Eropa mengeluarkan data status ratifikasi CSRD ke dalam undang-undang nasional yang menunjukkan banyak negara anggota telah menyerahkan ratifikasi lengkap. Namun, beberapa negara besar, seperti Jerman, Spanyol, Belanda, Austria, Portugal, belum menyelesaikan ratifikasi tersebut. Begitu juga dengan RED III, sebagian besar negara anggota EU belum sepenuhnya mengadopsi RED III ke dalam hukum nasional mereka hingga batas waktu Mei 2025. Hanya Denmark satu-satunya negara anggota yang telah sepenuhnya mengadopsi peraturan tersebut.

Selain itu, ketidakkonsistenan dan tumpang tindih kebijakan lintas sektor menjadi tantangan mendasar. Integrasi tujuan iklim dan lingkungan ke dalam berbagai sektor masih menghadapi hambatan karena adanya kebijakan yang saling bertentangan, termasuk dalam isu penggunaan lahan dan *Land Use, Land-Use Change, and Forestry* (LULUCF). Kondisi ini menimbulkan keraguan terhadap efektivitas pendekatan sektoral yang terfragmentasi dalam mendorong transformasi sistemik yang dibutuhkan (Koundouri dkk., 2023; SEI, 2025;.

Berbagai tantangan dalam penerapan standar keberlanjutan *biofuel* di Uni Eropa direspons melalui kombinasi penegakan hukum, penyederhanaan regulasi, penguatan kapasitas, serta dukungan keuangan yang terarah. Pendekatan ini berupaya menjaga keseimbangan antara ambisi kebijakan yang tinggi dan kemampuan implementasi oleh negara anggota serta pelaku usaha. Komisi Eropa, misalnya, melakukan penyederhanaan kerangka keberlanjutan dan investasi dengan membuat pelaporan lebih efisien, mempermudah proses *due diligence,* serta menyederhanakan mekanisme penyesuaian karbon lintas batas (EU, 2025).

Dalam praktiknya, sejumlah penyesuaian kebijakan dilakukan untuk mengurangi beban administratif tanpa menurunkan standar. Kewajiban pelaporan *Corporate Sustainability Reporting Directive* difokuskan pada perusahaan besar dengan dampak signifikan, sementara beban terhadap UMKM dalam rantai pasok dibatasi. Tenggat waktu pelaporan juga diperpanjang, indikator kinerja disederhanakan melalui pendekatan taksonomi seperti *Green Asset Ratio*, serta proses *due diligence* dirancang lebih proporsional dengan mengurangi frekuensi evaluasi dan jumlah informasi yang diminta. Selain itu, pelaku skala kecil dibebaskan dari kewajiban tertentu seperti mekanisme penyesuaian karbon, mengingat kontribusi emisinya relatif kecil.

Di sisi pembiayaan, Uni Eropa memperkuat instrumen berbagi risiko untuk mendorong investasi dalam transisi hijau. Program InvestEU berperan penting dalam mengatasi hambatan pendanaan dan mendukung investasi di bidang inovasi, dekarbonisasi, keberlanjutan lingkungan, dan pengembangan keterampilan, dengan hampir setengah portofolionya diarahkan pada tujuan iklim (EU, 2025). Dukungan ini dilengkapi dengan berbagai dana seperti *Innovation Fund, LIFE Fund,* serta *Climate and Social Fund* yang diarahkan untuk mempercepat transformasi industri dan wilayah. Peran lembaga keuangan, termasuk bank pembangunan, menjadi krusial

dalam memastikan alokasi pembiayaan sejalan dengan tujuan kebijakan (Uzel dan Braley, 2024).

Selain itu, penguatan penegakan hukum dan pengawasan menjadi elemen penting. Komisi Eropa meningkatkan mekanisme monitoring terhadap negara anggota yang belum mengadopsi regulasi utama, serta menunjuk otoritas nasional yang memiliki kewenangan sanksi terhadap pelanggaran. Sistem pendukung seperti MRV, basis data publik, dan pemantauan berbasis satelit digunakan untuk memastikan kepatuhan dan transparansi.

Pendekatan implementasi juga dilakukan secara bertahap dengan dukungan panduan teknis dan perangkat interoperabilitas (kemampuan berbagai sistem, perangkat, atau institusi untuk saling terhubung, bertukar data, dan bekerja bersama secara efektif meskipun berbeda platform, format, atau standar). Kerangka interoperabilitas memungkinkan harmonisasi sistem pelaporan lintas negara dan sektor, mengurangi duplikasi, serta meningkatkan efisiensi penggunaan data. Kombinasi langkah-langkah ini menunjukkan bahwa solusi Uni Eropa tidak hanya berfokus pada pengetatan standar, tetapi juga pada penyelarasan kapasitas implementasi agar transisi menuju sistem *biofuel* berkelanjutan dapat berjalan secara realistis dan efektif.

3.5.5 Dampak Positif dari Kebijakan RED II pada Tata Guna Lahan dan Pengelolaan Lingkungan

Penerapan RED II mendorong negara anggota Uni Eropa melihat *biofuel* sebagai instrumen tata kelola penggunaan lahan, bukan sekadar sumber energi. Kerangka ini menghasilkan perencanaan spasial yang lebih ketat, membatasi konversi lahan bernilai tinggi, serta memperkuat pemantauan dan integrasi kebijakan lingkungan.

RED III memperkuat arah ini melalui kriteria keberlanjutan yang lebih ketat, termasuk perlindungan kawasan bernilai keanekaragaman hayati dan karbon tinggi seperti hutan primer, padang rumput, dan lahan gambut, serta pembatasan bahan baku berisiko perubahan penggunaan lahan tidak langsung (ILUC) tinggi dan kewajiban penghematan emisi GRK.

- **Melindungi ekosistem bernilai tinggi**

RED II melarang penghitungan *biofuel* dari lahan dengan nilai keanekaragaman hayati atau cadangan karbon tinggi, sehingga mencegah konversi kawasan

sensitif untuk tanaman energi. Ketentuan ini mendorong pemetaan habitat yang lebih presisi dan integrasinya ke dalam perizinan dan tata ruang, sekaligus memperkuat zonasi konservasi nasional.

- **Perubahan penggunaan lahan tidak langsung (ILUC)**

RED II mengidentifikasi bahan baku berisiko tinggi ILUC dan membatasi penggunaannya, sambil mendorong opsi berisiko rendah yang tidak menggantikan produksi pangan atau pakan. Pendekatan ini mengurangi tekanan ekspansi ke hutan dan lahan gambut serta mengarahkan pelaku pasar pada penggunaan limbah, bahan baku non-pangan, dan intensifikasi produksi di lahan eksisting, sejalan dengan tujuan iklim dan pengendalian deforestasi.

- **Pergeseran pilihan bahan baku dan lokasi**

Pembatasan terhadap *biofuel* berbasis tanaman dan pengetatan kriteria emisi mendorong peralihan ke bahan baku limbah, residu, dan lahan terdegradasi. Pergeseran ini mengurangi kompetisi dengan pangan dan tekanan pada lahan produktif. Dalam kondisi tertentu, pemanfaatan lahan terdegradasi juga berkontribusi pada perbaikan kualitas tanah dan struktur habitat, sehingga membuka ruang integrasi antara produksi energi dan restorasi.

- **Memperkuat pengelolaan hutan berkelanjutan.**

Kriteria keberlanjutan mewajibkan pemanfaatan biomassa hutan mengikuti hukum nasional, menjamin regenerasi jangka panjang, serta menjaga kualitas tanah dan keanekaragaman hayati. Hal ini meningkatkan kualitas dokumentasi praktik kehutanan, memperkuat pemantauan tingkat penebangan, dan mendorong koordinasi antara otoritas energi dan kehutanan.

- **Peningkatan pemantauan, data, dan integrasi.**

Persyaratan kepatuhan RED II mendorong pengembangan sistem data penggunaan lahan yang lebih rinci, sertifikasi, dan pengawasan rantai pasok. Integrasi antara kebijakan energi terbarukan, strategi iklim, dan tujuan keanekaragaman hayati menjadi lebih kuat, sehingga mendukung perencanaan nasional dan regional yang lebih koheren dalam pemanfaatan *biofuel.*

3.6 Skema Biodiesel Inklusif: Pelajaran dari Thailand

Bagian ini menyoroti pengalaman Thailand dalam mengembangkan industri biodiesel melalui integrasi kebijakan energi dan pertanian yang adaptif. Thailand menerapkan mandat pencampuran biodiesel secara fleksibel, seperti B10 dan B20, yang disesuaikan dengan dinamika harga dan pasokan minyak sawit. Diversifikasi bahan baku dan penyesuaian campuran berdasarkan kebutuhan teknis turut memperkuat ketahanan sistem. Pada saat yang sama, pemerintah menjamin keterlibatan petani kecil melalui mekanisme harga minimum dan dukungan kelembagaan. Model ini menunjukkan bagaimana kebijakan *biofuel* dapat dirancang lebih responsif, inklusif, dan berkelanjutan.

3.6.1 Integrasikan Sektor Energi dan Pertanian dalam Pengembangan Kebijakan Biodiesel yang Inklusif dan Adaptif

Thailand mengintegrasikan kebijakan energi dan pertanian melalui sistem tata kelola bersama yang menghubungkan bahan baku minyak sawit, mandat pencampuran, serta instrumen harga dan stok. Peta jalan biodiesel disusun secara koordinatif antara Kantor Kebijakan dan Perencanaan Energi dan Kementerian Pertanian, sehingga permintaan biodiesel selaras dengan target produksi minyak sawit nasional dan tujuan pembangunan perdesaan. Biodiesel digunakan sebagai instrumen penyeimbang, menyerap surplus produksi saat pasokan tinggi dan mengalihkan kembali ke pasar pangan ketika pasokan terbatas, sekaligus menjaga stabilitas harga dan pendapatan petani (FAO, 2010).

Seiring waktu, kebijakan ini diperluas dengan memasukkan dimensi perlindungan sosial dan lingkungan, sehingga *biofuel* tidak hanya berfungsi sebagai instrumen keamanan energi, tetapi juga sebagai alat stabilisasi pasar komoditas dan pembangunan perdesaan (Traction Energy Asia, 2020). Evaluasi kelayakan biodiesel dilakukan secara lintas sektor sejak awal, dengan mempertimbangkan keterkaitannya dengan pertanian dan ekonomi perdesaan secara lebih luas (FAO, 2010).

Dalam kerangka Rencana Pengembangan Energi Alternatif, perluasan biodiesel secara eksplisit dikaitkan dengan keamanan energi, pembangunan perdesaan, dan stabilitas pasar pertanian. Target energi disesuaikan dengan proyeksi pasokan bahan baku seperti minyak sawit, tebu, dan singkong, serta dipastikan tidak mengganggu ketahanan pangan (FAO, 2010). Strategi ini dijabarkan dalam rencana multi-tahun yang terintegrasi dengan

kebijakan produksi dan konsumsi biodiesel nasional, sehingga kebijakan energi, pertanian, dan lingkungan berjalan dalam satu kerangka yang koheren. Peningkatan penggunaan biodiesel terbukti berkontribusi pada pengurangan konsumsi diesel fosil, penurunan impor minyak mentah, serta pengurangan emisi CO_2 dan partikulat (Wattana dkk., 2022).

Sementara itu, perencanaan kapasitas produksi biodiesel dilakukan secara bersama antara kementerian terkait dengan mempertimbangkan ketersediaan bahan baku dan kebutuhan domestik. Instrumen fiskal seperti *Oil Fund* digunakan untuk meredam volatilitas harga bagi petani dan konsumen, sehingga konflik antara kebutuhan pangan dan energi dapat diminimalkan (Nu Peng dkk., 2018).

Kementerian Energi dan Industri secara bersama merencanakan kapasitas produksi biodiesel terhadap ketersediaan bahan baku dan kebutuhan minyak goreng, sambil menggunakan Dana Minyak (*Oil Fund*) dan alat fiskal untuk menahan guncangan harga bagi petani dan konsumen. Pengelolaan bersama ini mengurangi konflik antara penggunaan untuk makanan dan bahan bakar serta memungkinkan respons yang lebih adaptif terhadap volatilitas pasar (Nu Peng dkk., 2018; USDA, 2020).

Kebijakan biodiesel Thailand juga ditandai oleh fleksibilitas dalam mandat pencampuran dan pengelolaan harga serta stok. Mandat berkembang dari B2-B5 menjadi B7, B10, hingga B20, dan dapat disesuaikan secara dinamis. Ketika harga minyak sawit mentah meningkat, pemerintah menurunkan tingkat pencampuran untuk melindungi konsumen dan menjaga pasokan minyak goreng. Sebaliknya, saat terjadi surplus, tingkat pencampuran dinaikkan untuk menyerap stok dan menstabilkan harga di tingkat petani (Traction Energy Asia, 2020).

Pengelolaan cadangan dan pengendalian ekspor minyak sawit menjadi bagian integral dari sistem ini. Pencampuran biodiesel berfungsi sebagai mekanisme penyangga yang menyeimbangkan pasar bahan baku dan energi. Dalam kondisi normal, pendekatan ini memungkinkan biodiesel berperan ganda sebagai stabilisator harga komoditas sawit sekaligus sumber energi transportasi yang berkelanjutan (Nu Peng dkk., 2018).

Aspek inklusivitas kebijakan biodiesel di Thailand tercermin dari upaya pemerintah memastikan manfaat harga dan penyerapan pasar tidak hanya dinikmati oleh perusahaan besar, tetapi juga oleh petani kecil (Traction

Energy Asia, 2020). Struktur sektor sawit Thailand yang didominasi petani kecil memperkuat hal ini, dengan sekitar 70 persen luas perkebunan dikelola oleh petani dengan kepemilikan kurang dari 50 hektare. Kondisi ini membuat pabrik CPO sangat bergantung pada pasokan TBS dari petani kecil, sehingga setiap kebijakan yang menjaga permintaan dan harga minyak sawit, termasuk mandat biodiesel, secara langsung berdampak pada pendapatan mereka (Sinsuphan, 2016).

Penguatan inklusivitas juga didukung melalui kolaborasi dengan lembaga internasional seperti GIZ dan FAO yang berfokus pada perbaikan rantai pasok petani kecil. Program seperti sertifikasi RSPO membantu mengorganisasi petani, meningkatkan kualitas dan kuantitas produksi, serta menyediakan pelatihan dan akses ke pasar bernilai lebih tinggi. Selain itu, kemitraan antara pabrik biodiesel, kilang, dan kelompok petani kecil mendorong penyusunan kontrak yang lebih adil, peningkatan produktivitas, serta penguatan posisi tawar petani dalam rantai pasok. Pendekatan ini memungkinkan petani kecil tidak hanya sebagai pemasok bahan baku, tetapi sebagai bagian dari rantai nilai biodiesel yang lebih inklusif dan berkelanjutan.

3.6.2 Dampak Kebijakan Mandatori Biodiesel yang Fleksibel terhadap Stabilitas Pasokan dan Harga

Penerapan mandat fleksibel seperti B10 sebagai campuran utama dan B20 sebagai opsi tertinggi di Thailand berkontribusi pada stabilitas pasokan minyak sawit dan biodiesel sekaligus menjaga harga diesel relatif stabil dalam kondisi normal. Fleksibilitas ini memungkinkan pemerintah menyesuaikan tingkat pencampuran dan instrumen fiskal untuk menyeimbangkan stok CPO, harga TBS petani, dan harga di SPBU, meskipun menuntut respons kebijakan yang cepat saat terjadi volatilitas harga. Mekanisme intinya adalah pemerintah dapat beralih memutuskan pencampuran antara B7-B10-B20 dan menyesuaikan subsidi/pajak untuk menyeimbangkan stok CPO, harga TBS petani, dan harga di SPBU (USDA, 2024).

Sejak 2019-2020, B10 ditetapkan sebagai mandat utama untuk menyerap surplus minyak sawit dan menjaga harga di tingkat petani, sementara B7 dan B20 tetap dipertahankan sebagai opsi bagi kendaraan tertentu. B20 secara khusus ditargetkan untuk armada besar dengan dukungan insentif harga, berfungsi sebagai instrumen penyerapan tambahan ketika stok CPO tinggi (Nu Peng dkk., 2018; USDA, 2024). Namun, arah kebijakan mulai disesuaikan, seperti pada 2024 ketika target biodiesel dalam AEDP diturunkan seiring

meningkatnya fokus pada kendaraan listrik (USDA, 2024).

Fleksibilitas mandat ini terbukti penting dalam menjaga stabilitas pasokan. Pemerintah menaikkan tingkat pencampuran pada saat surplus untuk mencegah penurunan harga CPO, dan menurunkannya saat pasokan terbatas untuk menghindari kekurangan bahan bakar. Kemampuan untuk beralih antara B5, B7, B10, dan B20, termasuk penghentian sementara tingkat tertentu, memberikan ruang kebijakan untuk menjaga keseimbangan antara ketersediaan energi dan keberlanjutan fiskal.

Dari sisi harga, kombinasi mandat fleksibel dan instrumen fiskal seperti Oil Fund memungkinkan pemerintah menjaga harga diesel tetap terjangkau. Saat harga CPO moderat, subsidi dan penyesuaian cukai menjadikan B10 sebagai opsi termurah. Sebaliknya, saat harga CPO meningkat tajam, pemerintah menurunkan tingkat pencampuran dan menyesuaikan kebijakan fiskal untuk menahan lonjakan harga di tingkat konsumen. Pendekatan ini menunjukkan bahwa fleksibilitas mandat berperan langsung dalam stabilisasi harga energi.

Secara struktural, kebijakan ini juga mengalihkan sebagian risiko harga dari petani dan industri ke negara. Pada periode surplus, peningkatan pencampuran menopang harga tanpa intervensi pasar langsung, sementara pada periode harga tinggi, kombinasi pengurangan mandat dan intervensi fiskal digunakan untuk menjaga daya beli. Dengan demikian, fleksibilitas menjadi kunci dalam mengelola keseimbangan antara stabilitas harga, keberlanjutan fiskal, dan perlindungan pelaku dalam rantai pasok (Laung-Iem dan Thanarak, 2021; USDA, 2024).

3.6.3 Sistem Insentif untuk merespon Fluktuasi Harga Minyak Sawit secara Efektif

Thailand mengembangkan sistem insentif yang berfungsi sebagai mekanisme stabilisasi harga minyak sawit domestik, dengan fokus utama pada perlindungan petani kecil dan konsumen. Berbeda dengan pendekatan yang berorientasi ekspor, kebijakan Thailand menekankan keseimbangan antara menjaga pendapatan petani saat harga turun dan melindungi konsumen saat harga energi meningkat.

Sistem ini bertumpu pada tiga instrumen utama, yaitu mandat biodiesel yang fleksibel sebagai penyerap atau pelepas stok, pengendalian kuantitatif ekspor dan impor untuk menjaga keseimbangan pasar domestik, serta skema jaminan harga bagi petani kecil. Kombinasi ketiga instrumen ini

memungkinkan pemerintah merespons fluktuasi harga secara adaptif, menjaga stabilitas pasar, dan memastikan distribusi manfaat yang lebih merata di sepanjang rantai nilai.

Tabel 3.4 Kerangka Kebijakan Biodiesel di Thailand

Lever	Skenario A: Harga rendah / surplus	Skenario B: Harga tinggi langka (status terakhir 2024)
Mandat biodiesel	Kenaikan (B7 -> B10): Memaksa penyerapan domestik terhadap CPO lebih tinggi untuk mengurangi stok dan menaikkan harga.	Penurunan (B7 -> B5): Mengurangi permintaan industri terhadap CPO agar harga solar eceran tidak melonjak. Catatan: Thailand mengurangi mandat B7 menjadi B5 pada November 2024.
Kebijakan perdagangan	Subsidi ekspor: Membayar eksportir (~2 THB/kg) untuk mengurangi kelebihan pasokan saat stok melebihi 300.000 MT.	Larangan/pembatasan ekspor: Menghentikan sementara ekspor CPO untuk memastikan pasokan minyak goreng domestik.
Dukungan terhadap petani	Jaminan pendapatan: Transfer tunai langsung kepada petani jika harga pasar di bawah 4 THB/kg	Dihentikan/tidak aktif: Tidak dilakukan pembayaran insentif ketika harga pasar (8–9 THB/kg) melebihi batas jaminan harga.
Listrik	Penggunaan untuk tenaga listrik: EGAT (perusahaan milik negara) diarahkan untuk membeli biodiesel untuk pembangkit listrik agar mengurangi surplus berlebih dari CPO	Dihentikan: Penggunaan biodiesel untuk listrik karena secara ekonomi tidak efisien dan dihentikan ketika harga CPO tinggi.

Sumber: Krungsri (2023), Vietnam News Agency (2024)

Respons kebijakan Thailand terhadap fluktuasi harga terlihat jelas, misalnya pada akhir 2024 ketika pemerintah menurunkan mandat biodiesel dari B7 ke B5 dan memberlakukan larangan ekspor untuk menahan kenaikan harga. Sebaliknya, saat terjadi surplus, tingkat pencampuran dinaikkan hingga B10 dan disertai subsidi ekspor untuk menyerap kelebihan stok. Pendekatan ini menunjukkan bagaimana mandat biodiesel berfungsi sebagai instrumen penyeimbang pasar.

Beberapa instrumen kunci mendukung sistem tersebut. Pertama, mandat pencampuran biodiesel fleksibel yang dikelola oleh Komite Kebijakan Minyak Sawit Nasional, memungkinkan penyesuaian kadar campuran sesuai kondisi pasar. Sektor energi berperan sebagai penyangga dengan menyerap CPO saat harga rendah dan mengurangi penyerapan saat harga tinggi, sehingga menjaga keseimbangan antara pasar bahan baku dan energi.

Kedua, skema jaminan harga sebagai jaring pengaman bagi petani kecil. Skema ini aktif ketika harga TBS turun di bawah harga acuan, misalnya 4,00 THB per kilogram untuk tingkat ekstraksi minyak 18 persen, dengan selisih harga ditransfer langsung melalui Bank Pertanian dan Koperasi Pertanian. Skema ini ditargetkan bagi petani kecil dengan luas lahan terbatas, dan tidak berlaku saat harga pasar tinggi, seperti pada akhir 2024 ketika harga mencapai 8–9 THB per kilogram (Krungsri, 2023).

Ketiga, pengelolaan stok dan pengendalian perdagangan. Pemerintah secara aktif mengatur ekspor dan impor untuk menjaga stabilitas domestik. Larangan ekspor diberlakukan saat pasokan dalam negeri terbatas, sementara subsidi ekspor digunakan saat terjadi surplus di atas ambang tertentu. Kebijakan proteksi impor, termasuk tarif tinggi dan kuota, memastikan harga domestik tidak tertekan oleh pasokan luar negeri (Krungsri, 2023).

Keempat, insentif penetapan harga berbasis kualitas. Harga TBS dikaitkan dengan tingkat ekstraksi minyak, sehingga mendorong petani meningkatkan kualitas panen. Insentif dikenakan dengan mengaitkan jaminan harga TBS dengan tingkat ekstraksi minyak (OER) sebesar 18 persen. Jika petani menjual TBS dengan kualitas lebih rendah, misalnya 17 persen, maka mereka akan menerima harga yang lebih rendah. Skema ini tidak hanya meningkatkan efisiensi produksi, tetapi juga mengurangi tekanan ekspansi lahan karena produktivitas ditingkatkan melalui kualitas, bukan perluasan areal.

3.6.4 Dukungan Kelembagaan untuk Menjamin Keterlibatan Petani Kecil dalam Rantai Pasok Biodiesel

Thailand membangun kerangka kelembagaan berlapis yang menggabungkan kebijakan pemerintah, kemitraan swasta, dan penguatan kapasitas untuk memastikan keterlibatan petani kecil dalam rantai pasok biodiesel. Dengan kontribusi petani kecil yang mencapai sekitar 70-85 persen produksi minyak sawit, dukungan kelembagaan menjadi kunci keberlanjutan sektor ini (Sinsuphan, 2016; Nu Peng dkk., 2018).

Pertama, subsidi harga dan stabilitas pasar melalui Dana Minyak digunakan untuk menjaga harga biodiesel tetap kompetitif dan meningkatkan permintaan minyak sawit, sehingga mendukung pendapatan petani kecil (Pandey dan Kandasamy, 2024). Kedua, pengaturan pasokan dan harga oleh Komite Kebijakan Minyak Sawit Nasional yang menyesuaikan mandat pencampuran biodiesel sesuai ketersediaan bahan baku dalam kerangka AEDP, memastikan keseimbangan antara produksi dan konsumsi.

Ketiga, koordinasi lintas kementerian yang melibatkan Kementerian Energi, Pertanian, Perdagangan, Keuangan, dan Perindustrian. Kebijakan biodiesel melibatkan kerjasama lima kementerian utama yaitu:

1. Kementerian Energi, yang diberi mandat menetapkan pencampuran, mengelola subsidi Dana Minyak (Oil Fund), dan mengkoordinasikan target produksi biodiesel;

2. Kementerian Pertanian dan Perkoperasian (MOAC) diberi mandat merencanakan dan mendukung budidaya dengan memberikan penyuluhan, mempromosikan ekspansi produksi minyak sawit, dan memfasilitasi pembentukan kelompok petani kecil;

3. Kementerian Perdagangan yang berperan mengontrol impor/ekspor bahan baku, mengelola cadangan strategis CPO, menetapkan komite Special Purpose Vehicle (SPV) untuk mempromosikan minyak sawit dan biodiesel, serta mengelola mekanisme dukungan harga;

4. Kementerian Keuangan yang berperan dalam memberikan subsidi untuk produsen biodiesel, mengelola instrumen pajak dan menghubungkan dukungan anggaran pemerintah; dan

5. Kementerian Perindustrian yang mengatur perizinan dan operasional pabrik biodiesel (Traction Energy Asia, 2020; Nu Peng dkk., 2021).

Pendekatan ini meningkatkan koherensi kebijakan di sepanjang rantai nilai, meskipun masih terdapat tantangan dalam menyeimbangkan kebutuhan biodiesel dan pasokan minyak goreng domestik. Ketidaksesuaian antara target energi dan ketersediaan bahan baku menunjukkan pentingnya konsistensi kebijakan dalam jangka panjang (Nu Peng dkk., 2018).

Keempat, pembangunan kapasitas dan dukungan teknis. Departemen Penyuluhan Pertanian (DOAE) dan Departemen Pertanian (DOA) telah mengintegrasikan pelatihan-pelatihan tentang minyak sawit berkelanjutan ke dalam kerangka penyuluhan nasional, melalui kemitraan dengan lembaga-lembaga pembangunan.

Kelima, model kemitraan antara petani dan sektor swasta. Berbeda dengan pola perkebunan inti di Indonesia atau FELDA di Malaysia, struktur industri Thailand ditopang oleh pabrik kelapa sawit yang umumnya tidak memiliki kebun sendiri dan sangat bergantung pada pasokan TBS dari petani kecil. Kondisi ini membuat kemitraan menjadi elemen kunci keberlanjutan industri, karena hubungan antara petani dan pabrik bersifat saling bergantung dan memperkuat posisi petani dalam rantai pasok (Sinsuphan, 2016).

Keenam, akses keuangan dan dukungan pembiayaan. Meskipun skema pembiayaan spesifik untuk petani sawit tidak selalu terdokumentasi secara rinci, Bank Pertanian dan Koperasi Pertanian berperan penting dalam menyediakan kredit bagi petani kecil melalui pinjaman jangka pendek, menengah, dan panjang untuk produksi dan pengembangan usaha. Bank ini juga mendukung inisiatif keberlanjutan dan pengelolaan lingkungan, dengan dukungan lembaga internasional seperti ADB dan OECF, yang bertujuan meningkatkan produktivitas, pendapatan rumah tangga, dan praktik pertanian berkelanjutan (Fitchett, 1999).

Secara keseluruhan, pendekatan Thailand mencerminkan model kolaboratif lintas pemangku kepentingan. Pemerintah menyediakan kerangka kebijakan, fasilitasi, dan penguatan kapasitas, sementara sektor swasta berperan dalam dukungan teknis, akses pasar, dan kemitraan langsung dengan petani. Model terdesentralisasi ini berhasil mempertahankan dominasi petani kecil sekaligus mendorong sertifikasi keberlanjutan. Namun, keberlanjutan jangka panjang masih bergantung pada pergeseran dari mekanisme berbasis subsidi menuju mekanisme berbasis pasar, serta kemampuan mengatasi hambatan struktural seperti hak atas tanah, akses kredit, dan produktivitas (Nu Peng dkk., 2018; Traction Energy Asia, 2020; Nu Peng dkk., 2021; Pandey dan Kandasamy, 2024).

3.6.5 Adopsi Kebijakan Biodiesel Thailand untuk Sistem Biodiesel yang Lebih Responsif dan Berkelanjutan di Indonesia

Dibandingkan dengan Indonesia, pendekatan Thailand cenderung lebih adaptif terhadap dinamika pasar, lebih fleksibel dalam pengaturan pencampuran, dan lebih beragam dalam penggunaan bahan baku. Kebijakan Thailand menekankan penyesuaian harga dan mandat secara dinamis, sementara Indonesia lebih mengandalkan mandat besar dengan dukungan fiskal yang relatif kaku. Perbedaan ini terlihat pada tujuan kebijakan, desain mandat pencampuran, mekanisme harga dan subsidi, tingkat inklusi petani kecil, serta diversifikasi bahan baku, sebagaimana dirangkum dalam tabel berikut (Traction Energy Asia, 2020; USDA, 2020).

Tabel 3.5 Perbedaan Kebijakan Pengembangan Biodiesel antara Thailand dan Indonesia

Aspek	Thailand	Indonesia
Mandat biodiesel	Kenaikan (B7 -> B10): Memaksa penyerapan domestik terhadap CPO lebih tinggi untuk mengurangi stok dan menaikkan harga.	Penurunan (B7 -> B5): Mengurangi permintaan industri terhadap CPO agar harga solar eceran tidak melonjak. Catatan: Thailand mengurangi mandat B7 menjadi B5 pada November 2024.
Kebijakan perdagangan	Subsidi ekspor: Membayar eksportir (~2 THB/kg) untuk mengurangi kelebihan pasokan saat stok melebihi 300.000 MT.	Larangan/pembatasan ekspor: Menghentikan sementara ekspor CPO untuk memastikan pasokan minyak goreng domestik.
Dukungan terhadap petani	Jaminan pendapatan: Transfer tunai langsung kepada petani jika harga pasar di bawah 4 THB/kg	Dihentikan/tidak aktif: Tidak dilakukan pembayaran insentif ketika harga pasar (8–9 THB/kg) melebihi batas jaminan harga.
Listrik	Penggunaan untuk tenaga listrik: EGAT (perusahaan milik negara) diarahkan untuk membeli biodiesel untuk pembangkit listrik agar mengurangi surplus berlebih dari CPO	Dihentikan: Penggunaan biodiesel untuk listrik karena secara ekonomi tidak efisien dan dihentikan ketika harga CPO tinggi.

Sumber: Traction Energy Asia (2020), IESR (2021), VNA (2024), Nadia dan Badaruddin (2025)

Indonesia dapat mengadopsi sejumlah pelajaran kunci dari pengalaman Thailand yang berhasil membangun sistem biodiesel yang lebih fleksibel, berorientasi pada petani, dan memperhatikan aspek lingkungan. Unsur pentingnya mencakup mandat pencampuran yang adaptif, instrumen stabilisasi harga yang jelas, penguatan integrasi petani kecil, serta diversifikasi bahan baku di luar kelapa sawit (IESR 2021, Traction Energy Asia 2020).

Thailand secara rutin menyesuaikan tingkat blending biodiesel sesuai dengan kondisi pasokan, harga, dan respons konsumen. Ketika pasokan terbatas dan harga CPO tinggi, tingkat pencampuran diturunkan. Dengan kerangka kriteria dan waktu yang jelas, Indonesia dapat menerapkan penyesuaian serupa pada B35 atau B40, termasuk diferensiasi blending antar sektor agar beban biaya lebih proporsional terhadap kebutuhan dan daya serap pasar (ERIA 2017, Nupueng dkk., 2018).

Dalam menghubungkan permintaan biodiesel dengan kondisi surplus atau defisit minyak sawit, Thailand memanfaatkan kelembagaan khusus, harga acuan, dan pengelolaan stok. Indonesia dapat memperkuat koordinasi lintas sektor melalui lembaga bersama energi dan pertanian yang mengintegrasikan mandat biodiesel, pungutan CPO, pengelolaan stok, dan kebijakan ekspor untuk menjaga stabilitas harga petani dan keamanan pasokan minyak goreng (Dharmawan dkk., 2020, Saputra dkk., 2021). Selain itu, pengembangan rentang harga acuan yang jelas dan mekanisme otomatis untuk menyesuaikan blending, pungutan ekspor, atau pelepasan stok ketika harga melampaui ambang tertentu dapat meningkatkan responsivitas kebijakan (EIA 2017, Charoenrit dkk., 2021).

Ke depan, arah kebijakan Thailand juga menunjukkan pentingnya diversifikasi penggunaan *biofuel.* Negara tersebut mulai mewajibkan penggunaan bahan bakar penerbangan berkelanjutan dengan target awal 1 persen pada 2026 dan meningkat hingga 8 persen pada 2036. Di sektor transportasi darat, restrukturisasi bahan bakar dilakukan dengan menetapkan Gasohol E20 dan Biodiesel B7 sebagai standar utama, sekaligus menghapus bertahap jenis bahan bakar lama hingga 2027. Surplus etanol dari restrukturisasi ini kemudian dialihkan untuk produksi bahan bakar penerbangan, menciptakan keterkaitan antara pasar domestik dan peluang ekspor. Pendekatan ini menunjukkan bagaimana kebijakan *biofuel* dapat dirancang lintas sektor dan berorientasi jangka panjang untuk meningkatkan efisiensi, diversifikasi, dan ketahanan energi.

3.7 Inti Pembelajaran dari Praktik Global

Pengalaman global menunjukkan bahwa keberhasilan *biofuel* bukan semata-mata ditentukan oleh ketersediaan bahan baku atau teknologi, tetapi oleh kemampuan membangun ekosistem kebijakan dan kelembagaan yang mengintegrasikan energi, pertanian, industri, masyarakat, pembiayaan, pasar dan keberlanjutan. FELDA memberikan pelajaran tentang kelembagaan dan distribusi manfaat; Brasil tentang integrasi kebijakan dan penciptaan pasar; Afrika Timur tentang pentingnya pendekatan komunitas dan menghindari proyek yang tidak layak; India tentang diversifikasi bahan baku dan pemanfaatan limbah; Uni Eropa memberikan pelajaran mengenai standar keberlanjutan dan keterlacakan; dan Thailand tentang instrumen kebijakan yang adaptif, stabilisasi pasar bahan baku, perlindungan petani kecil, dan pembangunan perdesaan melalui koordinasi lintas sektor serta mandat blending yang fleksibel.

[Wicak Baskoro/Landscape Alliance]

[Wicak Baskoro/Landscape Alliance]

DIESEL JARAK

BAB 4

MENIMBANG ARAH BARU KEBIJAKAN *BIOFUEL*

BAB IV. MENIMBANG ARAH BARU KEBIJAKAN *BIOFUEL*

Arah kebijakan *biofuel* di Indonesia selama ini cenderung reaktif karena lebih banyak ditentukan oleh dinamika pasokan, khususnya CPO, sementara sisi permintaan dan perencanaan bauran energi belum dirancang secara konsisten. Meskipun target bauran telah ditetapkan melalui regulasi, pencapaiannya tidak otomatis terjamin karena arah kebijakan masih bergantung pada fluktuasi pasar. Dalam jangka panjang, pendekatan ini tidak berkelanjutan secara ekonomi, lingkungan, maupun sosial (Basri dan Gatot, 2020).

Dengan situasi ini, perubahan arah kebijakan menjadi kebutuhan mendesak, dengan pendekatan yang lebih rasional dan kontekstual terhadap kondisi Indonesia. Transformasi ini mencakup pembenahan kelembagaan, tata kelola, tata niaga bahan baku (*feedstock*), keberlanjutan ekosistem, serta desentralisasi energi. Dengan kata lain, kebijakan *biofuel* perlu dirancang secara menyeluruh dari hulu hingga hilir, termasuk diversifikasi bahan baku agar tidak hanya bergantung pada sawit yang telah melampaui daya dukung lingkungan (Yayasan Lokahita, 2024).

Diversifikasi ini tidak berarti menggantikan sawit dengan komoditas monokultur lain berskala besar, melainkan membuka ruang bagi pengembangan bahan baku berbasis masyarakat, termasuk limbah pertanian dan perikanan. Pendekatan ini memungkinkan perluasan partisipasi komunitas dalam rantai nilai *biofuel* sekaligus mendorong distribusi manfaat yang lebih adil dan berkelanjutan (Zhou dkk., 2021).

Untuk mencapai ekosistem rantai nilai yang inklusif tersebut, Indonesia membutuhkan kerangka kebijakan baru yang menyeimbangkan efisiensi ekonomi, keadilan sosial, dan keberlanjutan lingkungan. Bagian ini menguraikan arah transformasi kebijakan biofuel yang diperlukan untuk mencapai tujuan tersebut.

4.1 Transformasi Lanskap Kebijakan dan Produksi *Biofuel*

Lanskap Biodiesel

Kebijakan biofuel telah menjadi salah satu pilar dalam strategi pembangunan energi nasional. Pada tahap awal, kebijakan ini dikembangkan sebagai

respons terhadap tingginya harga minyak global serta kerentanan Indonesia terhadap impor bahan bakar fosil. Dalam implementasinya, kebijakan *biofuel* dinilai berkontribusi terhadap pengurangan impor energi, penghematan devisa, serta penciptaan manfaat ekonomi tertentu. Namun, capaian tersebut perlu dibaca secara lebih kritis, mengingat implementasinya masih sangat didominasi oleh biodiesel berbasis CPO. Dominasi ini berpotensi membatasi peran *biofuel* sebagai instrumen transisi energi yang berkelanjutan dan berkeadilan.

Dalam praktiknya, manfaat program mandatori biodiesel belum merata sepanjang rantai nilai kelapa sawit meskipun kebijakan ini berpotensi meningkatkan ekonomi petani sawit kecil melalui peningkatan permintaan domestik, namun bukti menunjukkan bahwa dukungan dan insentif lebih banyak terkonsentrasi pada pelaku korporasi di sektor hulu dan industri hilir (Djatmika dkk, 2024). Dengan situasi tersebut, transformasi kebijakan menjadi penting untuk memastikan bahwa transisi energi tidak hanya efisien secara ekonomi, tetapi juga adil secara sosial.

Dari konteks keadilan distributif, kebijakan biodiesel perlu diarahkan untuk memastikan distribusi manfaat yang lebih merata, khususnya bagi petani. Pertama, reformasi skema BPDP diperlukan dengan mengalokasikan sebagian dana insentif, misalnya minimal 50 persen, untuk memperkuat kapasitas petani melalui subsidi input, peningkatan akses pembiayaan, serta insentif langsung (Nurfatriani dkk., 2022). Kedua, diperlukan mandat diversifikasi bahan baku melalui penetapan kuota penggunaan bahan baku non-CPO, disertai insentif yang lebih tinggi bagi pelaku usaha yang menggunakannya (Wirawan dkk., 2025).

Dalam konteks keadilan prosedural, kebijakan biodiesel perlu menjamin transparansi dan partisipasi publik dalam seluruh proses tata kelola. Pertama, diperlukan audit independen tahunan terhadap BPDP yang tidak hanya mencakup aspek finansial, tetapi juga analisis siklus hidup untuk menilai dampak sosial dan lingkungan dari produksi biodiesel. Hasil audit tersebut perlu dipublikasikan secara terbuka untuk memperkuat akuntabilitas (IESR, 2021). Kedua, pengawasan terhadap pelaksanaan kemitraan plasma perlu diperkuat melalui penerapan sanksi tegas terhadap perusahaan yang tidak memenuhi kewajiban atau merugikan masyarakat (Utami dan Halimatussadiah, 2021).

Dalam konteks keadilan restoratif, kebijakan biodiesel perlu memastikan bahwa peningkatan produksi tidak disertai dengan kerusakan lingkungan. Pertama, pemerintah perlu menetapkan batas luasan (*cap*) perkebunan sawit yang jelas, termasuk melalui penguatan moratorium permanen pada kawasan yang rentan secara ekologis (Madani, 2024). Kedua, peningkatan produktivitas perlu dilakukan melalui perluasan program peremajaan kebun, sehingga kebutuhan produksi dapat dipenuhi tanpa ekspansi lahan. Pada saat yang sama, diversifikasi bahan baku menuju sumber non-CPO yang lebih berkelanjutan perlu dipercepat (Siregar dkk., 2024).

Lanskap Bioetanol

Sementara itu, pada sektor bioetanol, tantangan yang muncul menunjukkan pola yang tidak jauh berbeda. Pengembangan bioetanol yang saat ini banyak bertumpu pada ekspansi perkebunan tebu skala besar berpotensi menimbulkan konflik sosial, khususnya terkait dengan hak atas tanah. Kasus di Merauke menunjukkan adanya kehilangan wilayah adat tanpa persetujuan secara sadar dan sukarela, didahului informasi yang memadai dan kredibel, serta tanpa kompensasi yang layak (Mongabay, 2025). Hal ini menegaskan bahwa pengembangan bioetanol perlu diarahkan agar tidak mereproduksi ketimpangan yang sebelumnya terjadi dalam sektor biodiesel.

Dalam konteks keadilan distributif, kebijakan bioetanol perlu memastikan bahwa manfaat ekonomi tidak hanya terpusat pada industri, tetapi juga dirasakan oleh petani. Pertama, diperlukan penetapan harga pembelian minimum yang mengikat untuk menjamin tingkat keuntungan yang layak bagi petani. Kedua, pengembangan hilirisasi terdesentralisasi perlu didorong melalui investasi pada pabrik skala kecil dan menengah yang terhubung dengan koperasi petani, sehingga petani dapat memperoleh nilai tambah dari rantai produksi (IESR, 2025).

Dalam konteks keadilan prosedural, kebijakan bioetanol perlu menjamin keterlibatan aktif petani dan komunitas lokal dalam rantai nilai. Pertama, diperlukan kewajiban keterlibatan koperasi petani dalam pasokan bahan baku, yang didukung oleh kontrak pembelian jangka panjang dan mekanisme harga yang transparan (Kusumawardhani dkk., 2022). Kedua, pendekatan desentralisasi dalam pengembangan industri bioetanol perlu diperkuat agar tidak terpusat pada wilayah tertentu, sehingga akses dan partisipasi masyarakat dapat diperluas (ICCT, 2021).

Dalam konteks keadilan restoratif, kebijakan bioetanol perlu diarahkan untuk memulihkan dan melindungi hak masyarakat. Pertama, pengembangan bioetanol perlu diintegrasikan dengan program reforma agraria, dengan memprioritaskan pemanfaatan lahan terlantar atau lahan bermasalah sebagai lokasi produksi. Kedua, diperlukan regulasi yang secara tegas melindungi wilayah adat dan ruang hidup masyarakat lokal dari ekspansi komoditas bioetanol (Aliansi Masyarakat Adat Nusantara [AMAN], 2025; Djaja dkk., 2024).

Dengan demikian, transformasi kebijakan bioetanol tidak hanya menyangkut perubahan pada aspek teknis produksi energi, tetapi juga menuntut pergeseran paradigma menuju sistem yang lebih adil, transparan, dan berkelanjutan, yang mampu menjawab tantangan energi sekaligus memperkuat keadilan sosial dan perlindungan lingkungan.

Lanskap Bioavtur

Bioavtur merupakan elemen kunci dalam upaya dekarbonisasi sektor penerbangan. Pemerintah telah menetapkan target pencampuran bioavtur sebesar 1,1 persen pada 2027 sebagai langkah awal menuju penggunaan bahan bakar rendah emisi di industri aviasi. Meskipun uji terbang telah menunjukkan hasil yang menjanjikan, arah kebijakan ke depan perlu semakin menekankan penggunaan bahan baku yang lebih berkelanjutan dan tidak menimbulkan tekanan tambahan terhadap lingkungan maupun pangan (Kementerian Koordinator Bidang Kemaritiman dan Investasi, 2024).

Dalam konteks keadilan distributif, kebijakan bioavtur perlu memastikan bahwa manfaat ekonomi tidak hanya terpusat pada industri hilir, tetapi juga menjangkau pelaku di tingkat hulu. Pertama, diperlukan skema insentif yang memprioritaskan bahan baku non-PKO, seperti minyak jelantah, melalui penetapan harga premium di tingkat kolektor yang lebih tinggi dibandingkan harga ekspor, sehingga meningkatkan insentif pengumpulan domestik (ICCT, 2025). Kedua, pengembangan bioavtur berbasis komunitas perlu diperkuat dengan memberikan dukungan langsung kepada kolektor, koperasi, dan UMKM, guna meningkatkan tingkat pengumpulan minyak jelantah nasional yang saat ini masih relatif rendah, di bawah 50 persen. (ICCT, 2022).

Dalam konteks keadilan prosedural, kebijakan bioavtur perlu dirancang dengan tata kelola yang transparan, akuntabel, dan inklusif di sepanjang rantai pasok. Pertama, diperlukan standarisasi regulasi pengumpulan minyak

jelantah, termasuk kewajiban bagi produsen besar dan penyedia jasa seperti restoran dan hotel untuk menyalurkan limbahnya melalui rantai koleksi resmi (Prabandari dkk., 2024). Kedua, penerapan sistem sertifikasi menjadi penting untuk memastikan bahwa seluruh pelaku, mulai dari kolektor hingga pengolah, memenuhi prinsip lingkungan, sosial, dan tata kelola yang baik (*environmental, social, and governance*/ESG) (ASEAN Secretariat, 2025).

Dalam konteks keadilan restoratif, kebijakan bioavtur perlu memastikan bahwa pengembangannya tidak menimbulkan kerusakan lingkungan, serta mewajibkan pemulihan apabila terjadi pelanggaran. Pertama, penerapan prinsip *No Deforestation, No Peat, No Exploitation* (NDPE) perlu diberlakukan secara konsisten untuk seluruh sumber bahan baku, termasuk yang berbasis PKO (Nuryadin dkk., 2024). Kedua, pemerintah perlu menetapkan sanksi ekologis yang tegas bagi pelaku usaha yang melanggar, termasuk kewajiban restitusi dan pemulihan lingkungan, guna memastikan bahwa dampak negatif yang timbul dapat dipulihkan secara memadai (Prabandari dkk., 2024).

Dengan pendekatan tersebut, pengembangan bioavtur tidak hanya berkontribusi pada penurunan emisi di sektor penerbangan, tetapi juga mendorong tata kelola energi yang lebih adil, transparan, dan berkelanjutan.

4.2 Menuju Arah Baru Pengembangan *Biofuel* untuk Sektor Transportasi

Saat ini, kebijakan *biofuel* di Indonesia masih bertumpu pada mandat biodiesel dan bioetanol, dengan pemanfaatan biodiesel yang dominan pada sektor transportasi darat dan sebagian transportasi laut. Namun demikian, sistem pencatatan energi nasional, seperti dalam *Handbook of Energy and Economic Statistics of Indonesia* (HEESI) 2024, belum memisahkan secara rinci penggunaan biodiesel antara transportasi darat dan laut, sehingga keduanya masih tergabung dalam satu kategori transportasi (Kementerian ESDM, 2024). Kondisi ini menyulitkan evaluasi yang lebih presisi terhadap efektivitas kebijakan *biofuel* di masing-masing subsektor.

Di sisi lain, pertumbuhan mobilitas diproyeksikan akan memberikan tekanan signifikan terhadap sistem energi nasional. Sektor transportasi saat ini merupakan konsumen minyak terbesar, dengan porsi sekitar 72 persen pada 2022 (IEA, 2022). Tanpa intervensi kebijakan yang memadai, proyeksi menunjukkan peningkatan konsumsi bahan bakar yang sangat tinggi. Model

IESR memperkirakan bahwa konsumsi bahan bakar pada transportasi jalan dapat mencapai 167 juta kiloliter per tahun pada 2050, atau meningkat sekitar 123 persen dibandingkan 2025 dalam skenario *baseline*.

Implikasi dari tren ini menjadi semakin kompleks ketika dekarbonisasi sektor transportasi diarahkan pada substitusi berbasis *biofuel*. Permintaan yang tinggi, baik untuk biodiesel sebagai pengganti diesel maupun bioetanol sebagai pengganti bensin, berpotensi menimbulkan tekanan besar pada sisi pasokan. Terlebih, pemerintah telah mendorong kebijakan mandatori melalui peningkatan kadar campuran biodiesel, dari B35 menjadi B40 sejak Januari 2025 (Aprobi, 2024; (Kementerian ESDM, 2025). Namun, peningkatan mandat ini belum sepenuhnya diimbangi dengan kesiapan pasokan yang berkelanjutan dan terdiversifikasi.

Keterbatasan tersebut terlihat dari target penyediaan *biofuel* dalam Rencana Umum Energi Nasional (RUEN), yang masih relatif rendah dibandingkan dengan proyeksi kebutuhan. Pada 2050, total penyediaan *biofuel* ditargetkan sekitar 54,2 juta kiloliter, dengan hanya sekitar 30 persen atau 16,26 juta kiloliter dialokasikan untuk biodiesel. Sementara itu, proyeksi IESR menunjukkan kebutuhan biodiesel dapat mencapai sekitar 53 juta kiloliter pada tahun yang sama. Kesenjangan yang signifikan ini menunjukkan adanya risiko terhadap ketahanan energi, terutama apabila strategi dekarbonisasi transportasi darat terlalu bergantung pada ekspansi biodiesel dalam skala besar.

Dengan demikian, diperlukan arah kebijakan baru yang tidak hanya meningkatkan target bauran, tetapi juga memastikan keseimbangan antara permintaan dan pasokan, diversifikasi sumber energi, serta keberlanjutan jangka panjang dalam pengembangan *biofuel* untuk sektor transportasi.

4.2.1 Menakar Ulang *Supply* dan *Demand Biofuel* di Sektor Transportasi

Analisis proyeksi kebutuhan (*demand*) dan ketersediaan (*supply*) *biofuel* menjadi penting untuk menilai kesesuaian antara pasokan dan permintaan energi di masa depan. Dalam kerangka ini, skenario pengembangan *biofuel* umumnya dibedakan berdasarkan jenis bahan baku nabati, yaitu bioetanol dan biodiesel, dengan karakteristik, potensi, serta keterbatasan yang berbeda.

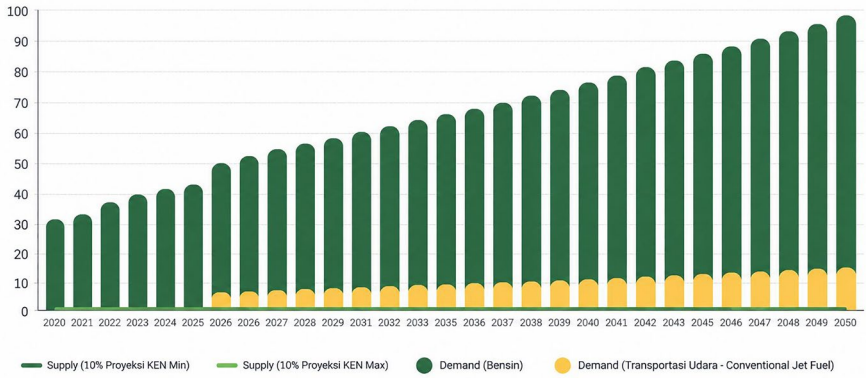
A. Bioetanol

Bioetanol merupakan bahan bakar berbasis gula yang dapat digunakan sebagai substitusi bensin, serta sebagai bahan antara dalam produksi bahan bakar penerbangan berkelanjutan melalui proses seperti *Fischer-Tropsch* atau *alcohol-to-jet* (Brooks dkk. 2016). Namun demikian, hingga saat ini pengembangan bioetanol di Indonesia masih menghadapi keterbatasan arah kebijakan yang jelas. Dalam kondisi tersebut, menurut Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral, Bahlil Lahadalia, bioetanol hanya mengambil porsi sekitar 10 persen dari target Kebijakan Energi Nasional (Wantimpres 2025).

Berdasarkan hasil analisis IESR terhadap proyeksi supply dan demand bioetanol (Gambar 4.1) Dari sisi pasokan, kapasitas produksi bioetanol saat ini belum mampu memenuhi kebutuhan yang diproyeksikan, khususnya untuk sektor transportasi darat. Bahkan, pasokan yang tersedia juga belum mencukupi untuk memenuhi kebutuhan spesifik sektor tertentu, seperti transportasi udara yang memerlukan bahan baku untuk produksi bahan bakar berbasis proses lanjutan.

Dengan keterbatasan tersebut, alokasi bioetanol berbasis gula perlu diprioritaskan secara lebih strategins. Mengingat pasokan yang terbatas, pemanfaatan bioetanol sebaiknya diarahkan terlebih dahulu pada sektor penerbangan sebagai kebutuhan yang bersifat *captive demand*, yaitu sektor yang belum memiliki alternatif teknologi rendah emisi yang setara. Pendekatan ini juga penting untuk menghindari kompetisi bahan baku antara sektor transportasi darat dan udara.

Sementara itu, pada sektor transportasi darat, khususnya kendaraan penumpang seperti mobil dan sepeda motor, tersedia alternatif dekarbonisasi lain melalui elektrifikasi. Oleh karena itu, penggunaan bioetanol pada sektor ini tidak perlu menjadi prioritas utama, sehingga kebijakan dapat lebih fokus pada optimalisasi pemanfaatan bioetanol untuk sektor yang memiliki keterbatasan opsi transisi energi.



Gambar 4.1 Proyeksi Supply dan Demand untuk BBN Ethanol dan sejenis (diolah oleh IESR) (Sumber: Peraturan Pemerintah Nomor 40 Tahun 2025; IESR Model, 2026; Peta Jalan dan Rencana Aksi Sustainable Avation Fuel, 2024)

B. Biodiesel

Untuk biodiesel, diasumsikan sekitar 90 persen dari target penyediaan bahan bakar nabati dalam Kebijakan Energi Nasional (KEN) berasal dari *feedstock* biodiesel. Dari sisi permintaan, kebutuhan pada sektor transportasi laut relatif sangat kecil, hanya sekitar 0,012 persen dari total konsumsi diesel atau setara, sehingga penyediaan *biofuel* untuk sektor ini tidak menghadapi kendala signifikan. Namun demikian, keterbatasan justru muncul pada sektor transportasi darat yang mendominasi konsumsi, khususnya pada segmen logistik.

Dalam konteks ini, meskipun sektor maritim relatif tidak menjadi tekanan utama, proyeksi pasokan biodiesel dalam KEN tetap belum mampu memenuhi kebutuhan transportasi darat secara keseluruhan. Oleh karena itu, dengan mempertimbangkan prioritas antara sektor dengan kebutuhan terbatas alternatif (*captive demand*) dan sektor yang memiliki opsi transisi lain, pemanfaatan biodiesel perlu diarahkan secara lebih selektif. Biodiesel sebaiknya diprioritaskan untuk sektor yang sulit dielektrifikasi, seperti transportasi laut, sebagian kebutuhan penerbangan berbasis bahan bakar cair, serta penggunaan pada alat berat dan kendaraan logistik.

Kesenjangan antara *supply* dan *demand* terlihat cukup signifikan. Berdasarkan ilustrasi pada Gambar 4.2, pada 2030 kebutuhan biodiesel untuk transportasi darat, dengan asumsi substitusi penuh diesel, diperkirakan mencapai sekitar 42 juta kiloliter. Sementara itu, kebutuhan sektor transportasi laut relatif kecil sekitar 0,09 juta kiloliter, dan sektor transportasi udara sekitar 6,3 juta kiloliter. Di sisi lain, total penyediaan bahan bakar nabati dalam KEN pada 2030 diproyeksikan sebesar 29,5 juta kiloliter. Karena angka tersebut masih bersifat agregat antara biodiesel dan bioetanol, maka dengan asumsi 90 persen dialokasikan untuk biodiesel, kapasitas pasokan biodiesel diperkirakan hanya sekitar 26,6 juta kiloliter.

Kesenjangan ini semakin melebar dalam proyeksi jangka panjang. Pada 2050, kebutuhan biodiesel untuk transportasi darat diperkirakan meningkat hingga sekitar 81,6 juta kiloliter. Sebaliknya, proyeksi penyediaan bahan bakar nabati dalam KEN justru menurun menjadi sekitar 24,3 juta kiloliter secara agregat. Perbedaan yang signifikan antara kebutuhan dan ketersediaan ini menunjukkan bahwa strategi dekarbonisasi transportasi yang bertumpu pada biodiesel dalam skala besar berpotensi menghadapi keterbatasan serius, baik dari sisi pasokan maupun keberlanjutan jangka panjang.

Gambar 4.2 Proyeksi Supply dan Demand untuk BBN Biodiesel dan sejenis berdasarkan proyeksi KEN dan SAF roadmap untuk sektor darat, laut, dan udara (diolah oleh IESR) (Sumber: Peraturan Pemerintah Nomor 40 Tahun 2025; IESR Model, 2026; Peta Jalan dan Rencana Aksi Sustainable Avation Fuel, 2024)

4.2.1.1 Bahan Baku Nabati sebagai Alternatif Sektor Transportasi di Indonesia

Pemanfaatan bahan baku nabati di sektor transportasi perlu dipetakan secara lintas subsektor karena perbedaan kebutuhan energi, kesiapan teknologi, dan tantangan implementasi. Pemetaan ini penting untuk menentukan prioritas penggunaan, menghindari kompetisi bahan baku, serta memastikan kebijakan yang lebih tepat sasaran.

Berikut tabel ringkasan yang memetakan peran bahan baku nabati, status pengembangan, dan tantangan utamanya di sektor transportasi Indonesia.

Tabel 4.1 Analisis Kebijakan Insentif pada Biodiesel, Bioetanol, dan Bioavtur

	Bauran Energi	Alternatif Nabati	Usaha saat ini	Tantangan
Transportasi Darat	Bensin	Bioetanol	• Mandat E5 (2026) • Penyediaan bioetanol 1.2 juta KL (Perpres 40/2023)	• Kebutuhan untuk E5 adalah sebesar 41.3 juta KL pada tahun 2030 • Kebutuhan konversimesin ke *flex* engine untuk kadar etanol yang lebih tinggi
	Diesel	Biodiesel (FAME dan HVO)	Mandat B40 (2025)	• Kebutuhan biodiesel sebesar 43 juta KL untuk penerapan B100 pada tahun 2040 untuk mencapai *net zero* • Kebutuhan HVO untuk penerapan kadar nabati di atas 50persen
Transportasi Maritim	Diesel	Biodiesel (FAME dan HVO)	Mandat B40 (2025)	• Kebutuhan HVO apabila untuk penerapan kadar nabati lebih tinggi di kendaraan
	Maritime Diesel Fuel (MDF)	-	-	• Belum ada kebijakan terkait dengan MDF
Transportasi Udara	Maritime Diesel Fuel (MDF)	*Sustainable Aviation Fuel* (SAF)	Peta Jalan SAF	• **Kebutuhan HEFA dan Feedstock Fischer-Tropsch untuk pembuatan SAF terbatas.**

(Sumber: Kementerian ESDM, 2025; Kementerian ESDM 2025; Peta Jalan dan Rencana Aksi Sustainable Avation Fuel, 2024; Perpres Nomor 40 Tahun 2023)

4.2.2 Mempersiapkan Teknologi Biofuel yang Tepat Guna

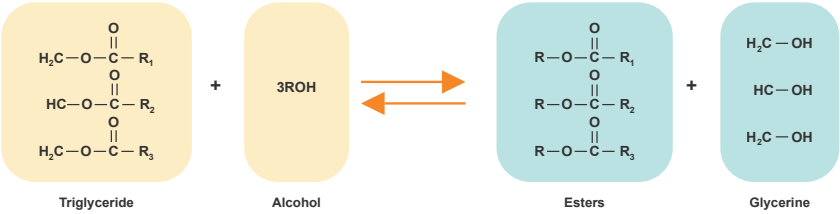
A. Teknologi untuk Produksi FAME

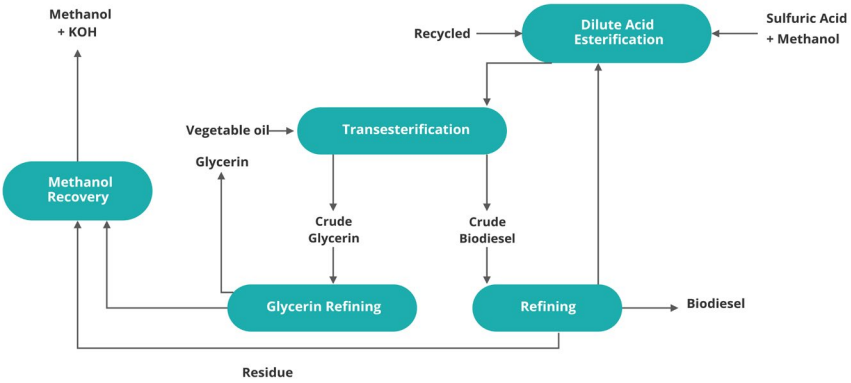
FAME merupakan biofuel generasi pertama yang diproduksi dari bahan baku minyak nabati, lemak hewani, atau minyak jelantah (W.N.A. Wan Osman dkk, 2024). Produksinya dilakukan melalui proses transesterifikasi, yaitu konversi trigliserida menjadi ester sebagai produk utama (biodiesel) dan gliserol sebagai produk samping.

Skema umum reaksi transesterifikasi disajikan pada gambar 4.3. Reaksi berlangsung pada suhu 60-70 derajat dan menghasilkan ester (atau biodiesel) sebagai produk utama dan gliserol sebagai produk samping, produk FAME selanjutnya akan melewati proses purifikasi untuk menghilangkan/ mengurangi gliserol pada produk. Reaksi ini serupa dengan proses hidrolisis, namun menggunakan media alkohol sebagai pengganti air (Supriyanto dkk, 2021).

Di Indonesia, penggunaan Crude Palm Oil (CPO) sebagai bahan baku utama FAME didorong oleh ketersediaannya yang melimpah, biaya produksi yang relatif rendah, produktivitas minyak yang tinggi per hektar, serta dukungan infrastruktur industri yang telah berkembang dari hulu hingga hilir. Namun demikian, terdapat tantangan teknis, terutama kandungan asam lemak bebas (Free Fatty Acid/FFA) yang tinggi, khususnya pada CPO kualitas rendah. Kondisi ini dapat memicu pembentukan sabun, menurunkan efisiensi konversi, serta menyulitkan proses pemisahan gliserol (W.N.A. Wan Osman dkk, 2024).

Dengan demikian, meskipun teknologi FAME relatif matang dan ekonomis, pengembangannya tetap memerlukan pengelolaan kualitas bahan baku dan peningkatan efisiensi proses untuk memastikan kinerja yang optimal.





Gambar 4.3 Rantai Massa FAME (Sumber: Supriyanto dkk, 2021)

Keunggulan FAME:

- *Aspek Emisi*

FAME, sebagai bentuk biodiesel generasi pertama, berkontribusi pada pengurangan ketergantungan terhadap bahan bakar fosil dan penurunan emisi gas buang kendaraan bermotor, termasuk SOx, CO, HC, dan PM, dengan efisiensi reduksi mencapai 75 persen bergantung pada tingkat blending (W.N.A. Wan Osman dkk., 2024; S.S. Wirawan, 2023).

- *Kompatibilitas*

Biodiesel pada batas tertentu memiliki kompatibilitas tinggi terhadap mesin diesel konvensional karena dapat digunakan tanpa membutuhkan modifikasi signifikan pada mesin (S.S. Wirawan, 2023). Biodiesel juga memiliki *cetane number* yang lebih tinggi dibandingkan petrodiesel, hal ini sangat memungkinkan proses pembakaran yang lebih sempurna dan menghasilkan emisi yang lebih sedikit.

- *Kemampuan pelumasan dan biodegradasi*

Uji *wear scar* juga menunjukkan bahwa biodiesel memiliki tingkat pelumasan yang lebih baik dibandingkan petrodiesel akibat kandungan gugus ester polar dan oksigen yang tinggi (Koethe and Stadley, 2005). Selain itu, FAME memiliki kemampuan biodegradasi yang lebih tinggi, sehingga lebih aman bagi lingkungan jika terjadi kebocoran atau tumpahan (W.N.A. Wan Osman dkk., 2024).

Kekurangan FAME:

- *Permasalahan feedstock*

Sebagai biodiesel generasi pertama, FAME menggunakan bahan baku yang berasal dari *edible vegetable oil*, hal ini meningkatkan isu persaingan tanaman dan lahan untuk tanaman pangan. Beberapa penelitian yang dirangkum oleh IESR (2021) juga menunjukkan bahwa ada indikasi pengaruh produksi *biofuel* terhadap harga pangan.

- *Peningkatan emisi NOx*

Terlepas dari nilai cetane yang lebih tinggi pada biodiesel, beberapa penelitian menyebutkan bahwa penggunaan biodiesel cenderung meningkatkan nilai emisi NOx yang dilepaskan oleh kendaraan (S.S. Wirawan, 2023). Hal ini disebabkan biodiesel memiliki waktu tunda penyalaan (*ignition delay*) yang lebih pendek, yang dapat menyebabkan kenaikan temperatur dan tekanan di ruang bakar, sehingga dapat mempercepat proses pembentukan NOx.

- *Efisiensi dan nilai energi*

Pada aspek performa mesin, dalam beberapa ujicoba yang melibatkan campuran B20 dan B30, didapatkan hasil bahwa efisiensi bahan bakar (*fuel economy*) kendaraan yang menggunakan campuran biodiesel lebih rendah 0,5 persen dibandingkan yang menggunakan diesel murni B0. Hal ini disebabkan oleh nilai kalor biodiesel yang lebih rendah dibandingkan bahan bakar diesel murni, dan ini tidak terlepas dari faktor utama yaitu biodiesel mengandung oksigen dalam molekulnya, sehingga nilai energinya lebih rendah 11 persen dibandingkan diesel fosil per liter bahan bakar (IESR, 2021).

- *Mudah terdapat pengendapan*

Biodiesel, khususnya FAME berbasis minyak sawit, memiliki sifat teknis seperti kandungan asam lemak jenuh tinggi, higroskopis, viskositas lebih besar, dan potensi kontaminasi logam. Karakteristik ini dapat mempercepat degradasi komponen sistem bahan bakar, terutama injektor dan pompa. Pada penggunaan campuran seperti B20, pembentukan deposit karbon pada injektor dapat terjadi dan sering mengandung logam yang memicu keausan, korosi, serta mengganggu aliran bahan bakar.

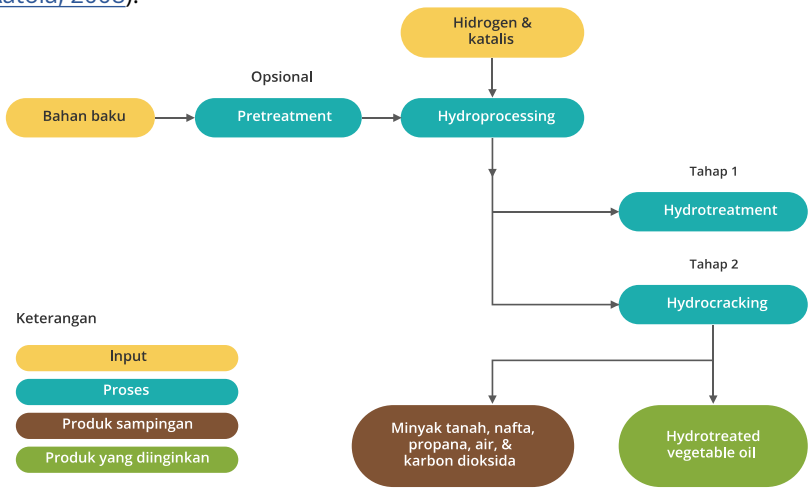
Dampaknya, efisiensi pembakaran menurun, konsumsi bahan bakar meningkat, dan performa mesin berkurang.

- *Mudah terbentuk presipitat*

Suhu menjadi faktor penting dalam penanganan dan penyimpanan biodiesel karena biodiesel sensitif terhadap suhu rendah (*cold flow properties*). Pada suhu rendah, kandungan asam lemak jenuh yang tinggi dapat memicu pembentukan kristal padat, yang berpotensi menghambat aliran bahan bakar dan menyumbat filter. Fenomena ini tercermin dari meningkatnya laporan sejak penerapan blending FAME, di mana kendaraan mengalami penyumbatan filter lebih cepat dan penurunan efisiensi injektor, sehingga memperpendek siklus perawatan.

B. Teknologi untuk Produksi HVO

Hydrotreated Vegetable Oil (HVO) merupakan *biofuel* generasi kedua berbasis biomassa yang diproduksi melalui proses *hydrotreatment*, yaitu reaksi menggunakan hidrogen dan katalis (IESR, 2021). Dalam proses ini, hidrogen sekitar 3-4 persen dari massa bahan baku digunakan untuk menghilangkan kandungan oksigen dalam minyak nabati dan membentuk struktur kimia yang menyerupai petrodiesel. Hasilnya adalah bahan bakar hidrokarbon parafinik yang bebas oksigen, sulfur, dan aromatik. Karena sifatnya yang sangat mirip dengan diesel fosil, HVO sering disebut sebagai *green diesel* (Aatola, 2008).



Gambar 4.4 Bagan alur sederhana hydroprocessing
Sumber: (ICCT, 2021)

Keunggulan HVO:

- *Efisiensi*

HVO memiliki angka setana yang lebih tinggi sehingga waktu tunda penyalaan menjadi lebih singkat dan proses pembakaran berlangsung lebih sempurna (Aatola dkk., 2008). Kondisi ini meningkatkan efisiensi energi sekaligus menurunkan emisi partikulat (PM), karbon monoksida (CO), dan hidrokarbon (HC). Selain itu, nilai kalor bawah HVO yang mendekati diesel fosil menunjukkan bahwa kinerja termal mesin tetap terjaga, bahkan dapat meningkat pada kondisi pembakaran optimal (Kim dkk., 2014)

- *Stabilitas*

HVO yang bebas oksigen memiliki ketahanan oksidasi yang lebih baik serta tidak mudah membentuk gel. Hal ini membuatnya lebih stabil untuk penyimpanan jangka panjang dan lebih andal pada suhu rendah dibandingkan FAME (Aatola, 2008).

- *Kompatibilitas*

HVO tergolong *drop-in fuel* yang dapat digunakan langsung, baik dalam bentuk murni maupun campuran, tanpa memerlukan modifikasi signifikan pada mesin. Kandungan aromatik yang rendah juga mengurangi risiko pembentukan deposit pada sistem injeksi (Serrano, 2021).

Kekurangan HVO:

- *Efisiensi*

Angka setana yang tinggi dapat menyebabkan pembakaran berlangsung terlalu cepat, sehingga diperlukan pengaturan strategi injeksi yang tepat agar fase pembakaran tetap optimal (Dimitriadis, 2018). Selain itu, densitas dan sifat pelumasan HVO yang lebih rendah dibandingkan FAME dan diesel dapat mempengaruhi efisiensi pada kondisi tertentu, terutama tanpa penambahan aditif (Serrano dkk, 2021).

- *Stabilitas*

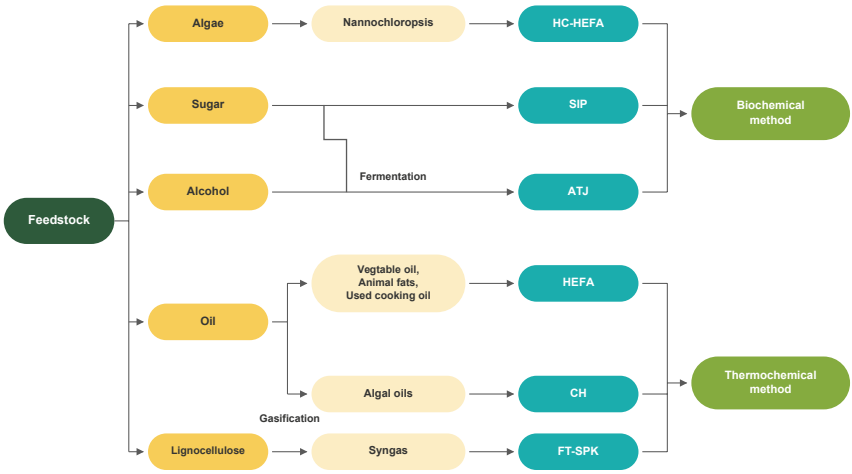
Meskipun HVO relatif stabil dalam penyimpanan, kualitasnya sangat bergantung pada jenis bahan baku. Variasi *feedstock* dapat menghasilkan perbedaan karakteristik bahan bakar (Aatola, 2008).

- *Kompatibilitas*

Rendahnya sifat pelumasan dapat menjadi isu pada sistem injeksi tertentu, sehingga memerlukan pemantauan atau penambahan aditif. Pada mesin lama, verifikasi kompatibilitas juga tetap diperlukan karena beberapa material dapat bereaksi dengan hidrokarbon parafinik (Serrano, 2021).

C. Teknologi untuk Produksi SAF

Sustainable Aviation Fuel (SAF) merupakan bahan bakar cair untuk sektor penerbangan yang dirancang untuk mendukung keberlanjutan lingkungan. SAF diproduksi dari bahan baku *non-petroleum*, seperti limbah biomassa, minyak jelantah, dan bahan organik lainnya, sehingga mampu menurunkan emisi gas rumah kaca secara signifikan dibandingkan avtur fosil (IATA, 2025). Pengembangan SAF mencakup berbagai rute teknologi dengan tujuan menghasilkan bahan bakar yang memiliki karakteristik setara dengan avtur konvensional, sekaligus mengurangi dampak lingkungan dari sektor penerbangan.



Gambar 4.5 Rute produksi SAF
Sumber: (IATA, 2025)

Kelebihan SAF:

- *Persyaratan keamanan*

SAF dirancang untuk memenuhi standar ketat industri penerbangan. Bahan bakar ini harus memenuhi spesifikasi ASTM D7566 untuk bahan bakar sintetis serta ASTM D1655 untuk bahan bakar turbin, yang mencakup parameter seperti titik nyala, kandungan air, serta batas kontaminan (TATA, 2024). Standar ini menjelaskan mengapa FAME tidak dapat digunakan langsung sebagai bahan bakar aviasi tanpa melalui proses lanjutan seperti HEFA.

- *Kompatibilitas*

Beberapa jenis SAF seperti HEFA-SPK dan FT-SPK dapat digunakan hingga campuran sekitar 50 persen tanpa memerlukan modifikasi signifikan pada mesin maupun infrastruktur bahan bakar yang ada (TATA, 2024).

Kelemahan SAF:

- *Aspek lingkungan dan bahan baku*

Penggunaan CPO sebagai *feedstock* SAF berpotensi menimbulkan tekanan lingkungan yang serupa dengan biodiesel, termasuk risiko deforestasi dan peningkatan penggunaan input pertanian. Selain itu, jalur teknologi seperti *Fischer-Tropsc*h yang menggunakan gula atau molase dapat memicu kompetisi dengan kebutuhan bioetanol dan sektor pangan, terutama dalam kondisi pasokan yang terbatas.

- *Efisiensi*

Sebagian besar teknologi SAF masih menghadapi tantangan teknis. Proses produksinya membutuhkan energi tinggi, melibatkan reaksi kompleks, dan menghasilkan *yield* yang relatif rendah, sehingga biaya produksi masih jauh lebih tinggi dibandingkan bahan bakar jet konvensional (Wandelt S dkk., 2025).

D. Teknologi untuk Produksi Bioetanol

Bioetanol merupakan bahan bakar nabati cair yang dapat menggantikan bensin, baik secara langsung maupun melalui pencampuran (Edeh I, 2021). Secara umum, bioetanol diproduksi dari bahan baku kaya karbohidrat seperti tebu, jagung, atau bahan lignoselulosa, melalui proses biokonversi.

Proses produksinya terdiri dari beberapa tahap utama:

1. Pra-perlakuan (*pre-treatment*)

Bertujuan membuka struktur biomassa agar lebih mudah diakses oleh enzim. Tahap ini tidak diperlukan untuk bahan baku berbasis gula, dan relatif sederhana untuk bahan berpati (ICCT, 2021).

2. Hidrolisis

Hidrolisis dilakukan untuk mengubah pati atau selulosa menjadi gula sederhana yang siap difermentasi. Proses ini lebih kompleks pada biomassa lignoselulosa dibandingkan bahan berpati.

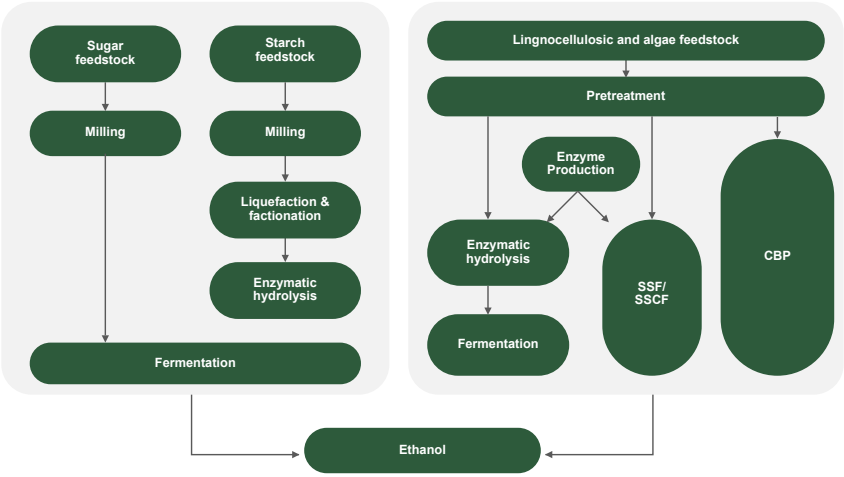
3. Fermentasi

Fermentasi adalah proses biologis yang mengubah gula monomer menjadi etanol dengan bantuan mikroorganisme melalui proses anaerobik. Ragi (*Saccharomyces cerevisiae*) merupakan spesies yang paling umum digunakan, meskipun beberapa jenis fungi dan bakteri juga dapat melakukan fermentasi etanol.

4. Destilasi dan dehidrasi

Proses ini dilakukan dengan memanaskan bubur hasil fermentasi sehingga etanol dan senyawa volatil lainnya menguap lebih dulu karena titik didihnya lebih rendah dari air. Etanol yang dihasilkan dari destilasi masih mengandung air (etanol hidrat), sehingga perlu melalui tahap dehidrasi untuk mencapai kemurnian sekitar 99 persen agar dapat digunakan sebagai bahan bakar.

Alur proses produksi bioetanol juga dapat dilihat pada gambar berikut:



Gambar 4.6 Alur produksi Bioetanol
Sumber: (ICCT, 2021)

Kelebihan bioetanol:

- *Kompatibilitas*

Penggunaan bioetanol dalam skema pencampuran hingga 10 persen (E10) tidak memerlukan modifikasi khusus pada mesin berbahan bakar bensin fosil. Dengan demikian, pemilik kendaraan dapat mengurangi emisi tanpa perlu mengganti atau mengubah kendaraan yang sudah dimiliki (Edeh I, 2021)

- *Efisiensi*

Dengan nilai oktan yang sangat tinggi (>100), etanol dapat meningkatkan kualitas penyalaan dan efisiensi pembakaran mesin (Rodríguez-Fernández dkk., 2020). Tingginya angka RON juga dilaporkan mampu memberikan peningkatan efisiensi ekonomi bahan bakar sekitar 4 persen. Selain itu, nilai oktan etanol yang tinggi memungkinkan pengurangan penggunaan aditif peningkat oktan konvensional, yang justru dapat berbahaya bagi lingkungan karena kandungan logam berat dalam senyawanya, emisi yang dihasilkan selama proses produksinya, serta limbahnya yang dapat mencemari tanah dan air (IESR, 2021).

Kekurangan bioetanol:

- *Aspek lahan dan kompetisi dengan kebutuhan pangan*

Pemanfaatan bahan baku generasi pertama yang berasal dari tanaman pangan berpotensi meningkatkan risiko emisi akibat perubahan tata guna lahan, baik secara langsung maupun tidak langsung (*direct/indirect land use change*) (Yılbaşı, 2025). Meningkatnya produksi bioetanol dan pertumbuhan populasi memunculkan kekhawatiran terhadap keberlanjutan jangka panjang bioetanol generasi pertama, terutama karena kompetisi dengan kebutuhan pangan, peningkatan kebutuhan lahan dan air, serta potensi pencemaran tanah akibat residu destilasi.

Selain itu, pengurangan emisi gas rumah kaca dari bioetanol berbasis jagung relatif kecil sehingga tidak mampu menutupi emisi yang dihasilkan selama proses budidaya, seperti penggunaan pupuk, pestisida, kebutuhan air, serta potensi pencemaran badan air. Dalam konteks Indonesia, ketergantungan terhadap bahan baku kaya pati dan gula dari generasi pertama menjadi semakin problematis karena pasokan gula nasional untuk kebutuhan pangan saja masih belum tercukupi (ERIA, 2024).

- *Kompatibilitas*

Bioetanol sejauh ini hanya menawarkan kompatibilitas yang baik apabila digunakan dengan skema pencampuran E10. Penggunaan 100 persen bioetanol hanya dapat diaplikasikan pada kendaraan berbahan bakar fleksibel (*Flexible Fuel Vehicle*) yaitu kendaraan yang sudah mengalami modifikasi pada sistem penyimpanan dan pemompaan bahan bakar (U.S. Department of Energy, n.d.). Secara spesifik, pada kasus kendaraan di Indonesia, hanya pada batas campuran E10 yang memungkinkan untuk digunakan tanpa modifikasi mesin. Apabila melebihi batas tersebut, terutama pada kendaraan keluaran lama dengan sistem saluran bahan bakar berbahan karet dan plastik, sifat korosif etanol dapat mempercepat degradasi komponen seperti segel dan gasket, sehingga meningkatkan risiko kebocoran dan gangguan operasional (National Renewable Energy Laboratory (NREL), 2013).

- *Efisiensi: Ekonomi dan densitas energi*

Produksi bioetanol saat ini masih membutuhkan biaya yang tinggi, mulai dari penyediaan bahan baku, enzim, hingga proses detoksifikasi dan penyulingan, sehingga harga akhir produk menjadi relatif mahal (Edeh I, 2021). Selain itu,

bioetanol memiliki densitas energi yang lebih rendah dibanding bensin fosil, sehingga diperlukan volume bahan bakar yang lebih besar untuk menempuh jarak yang sama. Kondisi ini membuat efisiensi penggunaan bioetanol sebagai bahan bakar masih kalah dibanding bensin konvensional, terutama dalam konteks operasional kendaraan.

4.2.3 Transformasi Bahan Baku (*Feedstock*)

A. Teknologi untuk Produksi FAME

Berdasarkan proses pengolahan sebelum penggunaannya, *biofuel* dibagi menjadi dua yaitu *primary biofuels* dan *secondary biofuels* (Igwebuike, C.M dkk, 2024). *Primary Biofuel* merupakan bahan bakar nabati yang bahan bakunya dapat digunakan secara langsung dalam bentuk yang sama setelah dipanen, tanpa melalui proses pengolahan lanjut, biasanya bahan bakar ini langsung dibakar untuk memanfaatkan energi yang terkandung di dalamnya, contohnya, kayu residu hutan, *woodchips*, kayu bakar, sekam, pellet dan lemak hewan. Penggunaan bahan bakar ini relatif terbatas dan hanya terpusat untuk kebutuhan memasak, pemanas, pertanian, dan pembangkit listrik skala kecil dan menengah.

Berbeda dengan *primary biofuel, secondary biofuel* adalah jenis bahan bakar yang melalui proses dan perubahan bentuk fisik maupun kimia. *Secondary biofuel* bisa berbentuk padat, cair, maupun gas sehingga dapat diaplikasikan untuk kebutuhan yang lebih beragam. Berdasarkan jenis bahan baku, urutan historis kemunculannya di pasar energi dunia, dan teknologi produksi yang digunakan, *biofuel* juga dapat diklasifikasikan menjadi empat tipe generasi yaitu: generasi pertama, generasi kedua, dan generasi ketiga.

- ***Biofuel* generasi pertama**

Biofuel generasi pertama diproduksi dari tanaman pangan, seperti gula (tebu, bit, sorgum), minyak (kanola, bunga matahari, kelapa sawit), dan pati (gandum, jagung, jelai) jelai) (S.A. Padder dkk, 2024). Proses produksinya relatif sederhana, misalnya transesterifikasi untuk biodiesel, fermentasi untuk bioetanol, atau pencernaan anaerob untuk biogas. Saat ini, *biofuel* generasi pertama mendominasi produksi global, dengan 64 persen dari total produksi; bioetanol dunia sebagian besar berasal dari jagung dan tebu (26 persen), dan 77 persen biodiesel dari minyak nabati (Enerdata, 2024).

Namun, penggunaan bahan pangan sebagai *feedstock* menimbulkan

tantangan utama, karena mengancam ketahanan pangan, menekan lahan subur, dan meningkatkan risiko kelangkaan di masa depan. Kondisi ini mendorong pengembangan *biofuel* generasi kedua berbasis bahan non-pangan. (S.A. Padder dkk, 2024). Hal ini pula yang mendorong pengembangan produksi biofuel menggunakan bahan baku non-pangan, yang dikenal sebagai *biofuel* generasi kedua.

- ***Biofuel* generasi kedua**

Ini merupakan jenis *biofuel* yang diproduksi dengan bahan baku non-pangan dan melalui proses produksi yang lebih kompleks dibandingkan generasi pertama (Igwebuike, C.M dkk, 2024). Di antaranya adalah limbah pertanian, limbah kehutanan, tanaman energi, dan minyak nabati bekas. *Feedstock* pangan hanya dikategorikan generasi kedua apabila merupakan residu yang tidak bisa dikonsumsi. Sebagai contoh, minyak jelantah (*Used Cooking Oil*/UCO) dapat dikategorikan sebagai bahan baku generasi kedua (2-G), sedangkan minyak nabati murni (*virgin vegetable oil*) yang menjadi sumber asalnya diklasifikasikan sebagai bahan baku generasi pertama (1-G). Teknologi produksinya juga lebih kompleks, meliputi rute termokimia maupun biokimia (Yılbası, Z, 2025).

Keunggulan utama *biofuel* generasi kedua adalah kemampuannya mengurangi konflik pangan-energi, meningkatkan efisiensi pemanfaatan lahan, dan menekan tekanan terhadap keanekaragaman hayati (Igwebuike, C.M dkk, 2024; Pauly M, dkk, 2008). Tanaman biomassa, terutama pada dinding selnya, merupakan sumber daya terbarukan melimpah namun pemanfaatannya masih sekitar 2 persen. Tantangan utamanya terletak pada kompleksitas pemecahan lignoselulosa menjadi gula sederhana, yang membutuhkan teknologi canggih, biaya tinggi, dan intensitas energi besar, sehingga menjadi hambatan utama komersialisasi *biofuel* generasi kedua.

- ***Biofuel* generasi ketiga**

Generasi ketiga ini merupakan istilah yang merujuk kepada jenis bahan bakar yang diproduksi menggunakan biomassa alga sebagai bahan baku utama, baik *microalgae* maupun *cyanobacteria*, dan memiliki potensi produksi lebih tinggi dibanding generasi sebelumnya. Alga tumbuh cepat dan dapat dibudidayakan di air asin, saluran limbah, atau tanah non-produktif, sehingga tidak bersaing dengan tanaman pangan dan memiliki dampak minimal terhadap ekosistem (Igwebuike, C.M dkk, 2024). Karena itu, *biofuel* generasi

ketiga ini dinilai memiliki potensi yang melampaui dua generasi sebelumnya. Salah satunya yaitu *output rate* yang tinggi, yang memungkinkan produksi *biofuel* melampaui unit area yang dibutuhkan untuk memproduksi alga.

Secara sederhana dapat disimpulkan perbedaan mendasar *feedstock* terletak pada fungsi utama bahan. *Biofuel* generasi pertama menggunakan sumber pangan atau penunjang pangan seperti minyak nabati, pati, dan gula (S.A. Padder dkk, 2024). Sedangkan generasi kedua memanfaatkan biomassa non-pangan untuk mengatasi masalah *food versus fuel*, termasuk limbah pertanian, limbah kehutanan, tanaman energi, dan bahan organik lain yang tidak bersaing langsung dengan pangan.

Di Indonesia, industri *biofuel* masih didominasi FAME berbasis CPO, dengan kapasitas sekitar 19,96 juta kiloliter per tahun (APROBI, 2024). Penggunaannya sebagian besar terkonsentrasi di transportasi darat melalui program pencampuran biodiesel, yaitu B35 sejak 2023, dan implementasi B40 pada 2025 (ESDM, 2019). Meski berhasil mengurangi ketergantungan bahan bakar fosil, FAME memiliki keterbatasan teknis signifikan, termasuk kestabilan oksidatif rendah.

Ketergantungan pada CPO juga menimbulkan persoalan lingkungan serius. Ekspansi perkebunan sawit berkontribusi pada sepertiga deforestasi nasional dan menghasilkan rata-rata 220 juta ton CO_2 per tahun antara 2015-2022, setara 20 persen dari total emisi nasional (GAPKI, 2023). Selain itu, dari total produksi CPO nasional, sebanyak 46 persen dialokasikan untuk biodiesel, sementara 44 persen untuk pangan. Kondisi ini tentu menimbulkan potensi konflik pangan vs minyak untuk energi (*food versus fuel*).

Pengembangan bioetanol di Indonesia, meskipun didukung oleh potensi pertanian yang besar, berisiko menekan ketersediaan pangan. Target produksi 1,2 juta kiloliter pada 2030 sesuai Perpres No. 40/2023, diperkirakan hanya akan mencapai pencampuran sekitar 2,9 persen, dengan sebagian bergantung pada pembukaan 2 juta hektare tebu di Papua Selatan (Bloomberg Technoz, 2025; DW, 2025; Green Network Indonesia, 2026). Selain kontribusinya yang lemah terhadap pengurangan konsumsi bensin, hal ini berpotensi menimbulkan alih fungsi lahan, hilangnya keanekaragaman hayati, dan konflik sosial. Di sisi lain, ini akan menimbulkan ketergantungan impor gula, yang akan memperburuk risiko kompetisi bahan baku (ERIA, 2024).

Berbagai kondisi tersebut menegaskan urgensi peralihan ke *biofuel* generasi kedua seperti HVO dan SAF yang tidak menggunakan bahan pangan. Selain itu, Indonesia sebagai negara kepulauan membutuhkan bahan bakar yang efisien dan serbaguna untuk sektor transportasi darat, laut, dan udara. Di titik ini, HVO dan SAF memiliki sifat kimia dan fisik mirip bahan bakar fosil, dapat digunakan pada mesin konvensional tanpa modifikasi besar, memiliki stabilitas penyimpanan lebih baik, dan SAF juga berpotensi mendukung dekarbonisasi penerbangan (Aatola dkk., 2008; Aprobi, 2024). Dengan keunggulan teknis dan lingkungan yang lebih baik, transisi menuju *biofuel* generasi kedua menjadi langkah strategis bagi Indonesia untuk menjaga keberlanjutan energi, menekan emisi, serta mengurangi tekanan terhadap sumber daya pangan dan lingkungan.

Salah satu *feedstock* utama generasi kedua adalah lignoselulosa, sebuah komponen struktural dinding sel tanaman yang tersusun atas selulosa, hemiselulosa, dan lignin. Lignoselulosa terdapat pada limbah pertanian seperti jerami padi, tongkol jagung, bagasse tebu, serta limbah kehutanan seperti serbuk kayu dan ranting. Pemanfaatannya didasari ketersediaan melimpah dan kandungan karbon tinggi. Lignoselulosa dapat diolah melalui hidrolisis enzimatik, fermentasi etanol, pirolisis, atau gasifikasi menjadi bioetanol, biogas, maupun bio-oil (Limayem & Ricke, 2012).

Dapat disimpulkan bahwa ada beberapa isu penting dalam penyediaan bahan baku *biofuel*, yang meliputi:

- Persaingan fungsi bahan baku, Penggunaan bahan pangan untuk *biofuel* dapat menaikkan harga dan mempersulit akses pangan. Namun, penelitian komprehensif mengenai dampak harga pangan dari penggunaan bahan baku untuk biodiesel masih terbatas (C russo, dkk. 2025)

- Penggunaan bahan pangan untuk *feedstock* biodiesel dapat meningkatkan penggunaan lahan subur, air, unsur hara, dan stok karbon tanah sebagaimana syarat tumbuh tanaman pangan umumnya. Peningkatan penggunaan lahan ini akan meningkatkan risiko deforestasi akibat alih fungsi lahan (S.A. Padder dkk, 2024).

Berangkat dari isu penting terkait *feedstock biofuel* generasi pertama, beberapa alternatif feedstock dapat digunakan untuk produksi *biofuel* generasi kedua:

- Tanaman energi: ditanam khusus untuk kebutuhan energi, umumnya dimanfaatkan bagian dinding sel (*cellulosic biomass*) atau biji minyaknya. Contohnya: rumput perenial (jarak pagar, *miscanthus, switchgrass*), kayu rotasi pendek (*willow, poplar*), dan biji-bijian (*camelina*).

- Residu pertanian: limbah yang masih bernilai dari produk pertanian, misalnya residu kelapa sawit, jerami padi, batang jagung, ampas tebu, dan batang singkong.

- Limbah lain: limbah padat perkotaan dan minyak jelantah.bah lainnya: limbah padat kota, minyak jelantah.

Alasan utama Indonesia perlu diversifikasi *feedstock* dan transisi ke *biofuel* generasi keduaantara lain:

- Mengurangi ketergantungan pada CPO dan gula sebagai bahan baku tunggal, sehingga menekan dampak negatif seperti deforestasi, persaingan harga pangan, dan perubahan tata guna lahan.

- Mempercepat mitigasi karbon, karena diversifikasi bahan baku generasi kedua menurunkan emisi karbon secara signifikan dibandingkan FAME berbasis CPO dan bioetanol berbasis gula.

- Memperkuat ketahanan energi dan nilai tambah ekonomi, dengan membuka peluang industri baru (misalnya HVO dan SAF) dan meningkatkan fleksibilitas pasokan *biofuel* (HVO, SAF).

Strategi yang dapat diterapkan untuk mendukung transisi ini meliputi:

- Penggunaan limbah produk minyak kelapa sawit seperti minyak jelantah {potensi 715 kiloton per tahun, (ICCT,2022)}, *High Acid Palm Oil Residue* (HAPOR), POME {3,45 juta ton ekspor POME dan HAPOR di 2023 (GAPKI, 2023)}, lemak hewani, limbah sawit non-CPO (tandan kosong, pelepah, batang), cangkang inti sawit, untuk produksi biodiesel/renewable diesel, sehingga bisa didapatkan pilihan yang lebih beragam dalam produksi FAME atau SAF (HEFA-SPK).

- Mengembangkan jalur produksi dengan bahan baku tanaman berdinding sel (*cellulosic biomass*) sebagai basis produksi *biofuel* generasi kedua di Indonesia.

- Mengembangkan teknologi produksi untuk menghasilkan "*drop-in fuel*" berkualitas tinggi yang kompatibel dengan infrastruktur yang telah ada.

Tabel 4.2 Penilaian Teknis dan Kebijakan FAME, HVO, SAF, dan *Biofuel* Generasi Kedua (Sumber: Igwebuike, C.M dkk, 2024; Pauly M, dkk, 2008; Yılbası, Z, 2025; (S.A. Padder dkk, 2024)

Penilaian Teknis	Kebijakan
Keunggulan dan kekurangan FAME	Standardisasi produk FAME dan sertifikasi *feedstock* yang berkelanjutan untuk FAME
Analisis teknis produk HVO	Pembuatan atau pengembangan peta jalan produksi HVO dan standardisasi produk HVO dan sertifikasi *feedstock* yang berkelanjutan untuk HVO
Analisis teknis produk SAF	Pengembangan peta jalan produksi SAF dan sertifikasi *feedstock* yang berkelanjutan untuk HVO
Analisis *biofuel* generasi kedua; peluang diversifikasi feedstock	Perencanaan transisi dan pengembangan bahan baku alternatif untuk produksi *biofuel* Indonesia

4.2.4 Pemanfaatan *Biofuel* pada Sektor Transportasi Non-darat

A. Sektor Penerbangan

Kementerian Koordinator Bidang Kemaritiman dan Investasi melalui Peta Jalan Pengembangan Industri *Sustainable Aviation Fuel* (SAF) mendorong SAF sebagai Proyek Strategis Nasional (PSN) untuk memperkuat prioritas nasional sekaligus membuka akses terhadap dukungan investasi dan insentif pemerintah (Kemenkomarves, 2024). Status PSN memungkinkan proyek kilang SAF memperoleh kemudahan perizinan, dukungan fiskal, dan fasilitas pembiayaan publik, termasuk hibah modal, pinjaman berbunga rendah, dan keringanan pajak, sehingga kapasitas produksi dapat meningkat lebih cepat untuk memenuhi permintaan bahan bakar rendah karbon.

Untuk mendukung pengembangan tersebut, instrumen *Contract for Difference* (CFD) diusulkan untuk memberikan kepastian harga jangka panjang bagi investor, menutup selisih antara harga pasar dan harga kesepakatan. Idealnya, pendanaan CFD bersumber dari anggaran

pemerintah atau penerimaan pajak karbon yang dialokasikan kembali dari sektor beremisi tinggi, termasuk minyak dan gas, energi, transportasi, semen, dan pertambangan. Selain itu, alokasi CFD harus berbasis efisiensi emisi (*life cycle assessment*/LCA), sehingga produsen SAF dengan jejak karbon rendah mendapat insentif yang lebih kuat dan mendorong inovasi di sepanjang rantai pasok.

Pendapatan dari skema harga karbon, baik melalui pajak karbon maupun lelang kuota pada sistem perdagangan emisi (ETS), dapat digunakan untuk menutup selisih biaya produksi SAF dan *Hydrotreated Vegetable Oil* (HVO) melalui subsidi, CFD, atau pembelian kuota bagi maskapai. Model ini mencontoh praktik Uni Eropa, di mana sebagian alokasi kuota ETS digunakan untuk mendukung pembelian SAF dan menutup biaya diferensial dibanding bahan bakar fosil.

Apabila penerapan metodologi LCA dan sistem *Measurement, Reporting, and Verification* (MRV) dilakukan secara ketat, maka memungkinkan dilakukan skema pengurangan emisi SAF dan HVO dikonversi menjadi kredit karbon atau sertifikat keberlanjutan, yang dapat diperdagangkan di pasar sukarela (VCM) atau digunakan untuk kepatuhan di bawah skema seperti CORSIA. Untuk itu, integritas metodologi LCA dan mekanisme pencegahan *double-claiming* harus dijaga secara ketat pula. Saat ini, ICAO melalui CORSIA hanya mengakui sertifikasi keberlanjutan tertentu, seperti *International Sustainability and Carbon Certification* (ISCC) dan *Roundtable on Sustainable Biomaterials* (RSB).

Saat ini, Indonesia telah memiliki Sistem Registri Nasional (SRN) untuk mencatat aksi mitigasi, termasuk produksi dan penggunaan *biofuel* rendah emisi. SRN dapat dikembangkan menjadi platform registrasi SAF/HVO dengan empat fungsi utama: mendaftarkan proyek produksi, mencatat pengurangan emisi berbasis LCA, menerbitkan unit atau sertifikat terverifikasi, dan mencegah *double-counting* antara klaim nasional dan internasional. Integrasi SRN dengan standar ICAO/CORSIA akan memperkuat posisi SAF Indonesia di pasar global dan memastikan kepatuhan terhadap aturan internasional.

Perlu digarisbawahi, apabila SAF disubsidi dengan dana publik, pengurangannya harus tetap tercatat sebagai kontribusi nasional (NDC) dan tidak diperjualbelikan sebagai offset internasional. Sebaliknya, SAF yang diproduksi tanpa dukungan fiskal publik dapat dikonversi menjadi kredit karbon, misalnya unit SAFc, dan dijual ke pembeli internasional sepanjang

pemerintah melakukan corresponding adjustment (penyesuaian pencatatan NDC).

Namun, terdapat tantangan dalam penyediaan bahan baku, khususnya PFAD dan UCO, yang saat ini hanya dapat memenuhi kurang dari 20 persen kebutuhan produksi domestik. Ketiadaan rencana pengembangan teknologi SAF juga menimbulkan ketidakpastian bagi produsen, karena HEFA merupakan satu-satunya metode yang diterapkan. Hal ini membatasi eksplorasi metode produksi baru dan sumber bahan baku alternatif, sekaligus menurunkan insentif maskapai penerbangan untuk menggunakan SAF karena lemahnya penegakan mandat percampuran (Kemenkomarves, 2024).

Saat ini, permintaan CPO yang bersaing dengan kebutuhan pangan, ditambah dengan ketiadaan regulasi dan kendala pengumpulan UCO memperparah situasi. Sehingga meskipun Indonesia berpotensi menjadi pasar penerbangan komersial terbesar keempat dunia, permintaan SAF domestik tetap lemah (Kemenkomarves, 2024).

Saat ini, pemerintah melalui Pertamina mengembangkan dua fasilitas *Green Refinery*, yaitu Cilacap dan Plaju, sebagai tulang punggung produksi SAF nasional. *Green Refinery* Cilacap Phase-1 ditargetkan mulai beroperasi pada 2027 dengan kapasitas 313 juta liter per tahun, mencukupi kebutuhan domestik hingga 2029. *Green Refinery* Plaju akan beroperasi pada 2030 dengan tambahan kapasitas 801 juta liter per tahun, sehingga total kapasitas nasional mencapai 1,114 juta liter per tahun, cukup untuk memenuhi permintaan domestik hingga 2039 sekaligus menyiapkan peluang pasar global.

Selain kapasitas produksi, pemerintah mulai menyiapkan infrastruktur kelembagaan dan regulasi sertifikasi keberlanjutan SAF agar produk domestik diterima di pasar internasional. Mekanisme sertifikasi nasional dirancang selaras dengan standar ICAO melalui CORSIA Approved *Sustainability Certification Scheme*. Komite Akreditasi Nasional (KAN) diusulkan menjadi lembaga akreditasi domestik untuk Sertifikasi SAF (SAFc), memastikan kesesuaian proses sertifikasi dengan standar global (Badan Standardisasi Nasional, 2024). Seperti *International Sustainability and Carbon Certification* (ISCC) dan *Roundtable on Sustainable Biomaterials* (RSB).

B. Sektor Transportasi Maritim

Sektor pelayaran global merupakan salah satu kontributor emisi gas rumah kaca (GRK) besar. Menurut International Maritime Organization (IMO, 2021) pada 2018 sektor ini menyumbang hampir 11 exajoule (EJ) energi dan sekitar 1 miliar ton CO_2e, belum termasuk *short sea shipping* dan *inland shipping*. Tekanan global untuk dekarbonisasi mendorong peningkatan produksi dan penggunaan *biofuel* maritim, didukung kebijakan transisi energi dan inisiatif industri (Simonsen dkk., 2021; Bauner, dkk., 2025).

Di Indonesia, program campuran biodiesel 35 persen atau B35 telah diterapkan secara mandatori di semua sektor termasuk angkutan air dan operasi TNI Angkatan Laut. Namun, penggunaan biodiesel konsentrasi tinggi di sektor maritim menghadapi berbagai tantangan khusus karena karakteristik operasional sektor maritim berbeda dengan transportasi darat. Kondisi penyimpanan bahan bakar di atas kapal, lingkungan laut yang cenderung ekstrem, serta spesifikasi mesin yang ketat, khususnya pada Kapal Republik Indonesia (KRI), menjadi faktor penentu keberhasilan implementasi *biofuel* di sektor ini.

Penyimpanan bahan bakar yang berlangsung dalam jangka waktu lama di tangki kapal menyebabkan biodiesel rentan menyerap air dan terdampak oksidasi, yang mendorong pertumbuhan bakteri atau jamur dan menghasilkan *sludge* kontaminan berupa partikel halus. Kontaminan tersebut berdampak langsung pada sistem mesin, antara lain memicu *filter blocking*, pembentukan deposit pada injektor, peningkatan frekuensi perawatan mesin, serta kenaikan biaya operasional akibat percepatan kerusakan komponen dan *downtime* kapal (Auzani dkk., 2025).

Penurunan mutu biodiesel yang terjadi selama penyimpanan di laut menjadi tantangan teknis utama karena secara langsung mempengaruhi daya tahan mesin dan keandalan kapal saat beroperasi. Masalah ini lebih krusial bagi KRI yang membutuhkan kinerja mesin tinggi dan stabil. Oleh karena itu, diperlukan inovasi teknologi yang dapat mencegah degradasi mutu bahan bakar selama penyimpanan. Salah satu pendekatan yang direkomendasikan adalah pengembangan teknologi sistem filtrasi berbasis *cross flow membrane filter* (Hidayat, 2024).

Teknologi ini unggul karena mampu memisahkan kontaminan tanpa menyebabkan akumulasi pengotor pada satu titik, sehingga dapat

menjaga kestabilan mutu bahan bakar dalam jangka panjang. Riset terkini oleh Auzani dkk. (2025) bertujuan mengoptimalkan desain sistem filtrasi *washable* dan membran untuk diaplikasikan pada KRI dan kapal komersial guna mengurangi kontaminan, kandungan logam, dan kandungan air dalam biodiesel. Implementasi sistem filtrasi yang tepat akan berkontribusi signifikan terhadap pengurangan risiko *filter blocking*, pembentukan deposit pada *injector*, serta potensi kerusakan mesin, sehingga usia pakai komponen meningkat dan biaya perawatan dapat ditekan.

Di sisi lain, riset komparatif mengenai marine biofuels menunjukkan bahwa *Marine Gas Oil* (MGO), *Hydrotreated Vegetable Oil* (HVO), dan *Fatty Acid Methyl Ester* (FAME) memilikikarakteristik berbeda dan memberikan implikasi yang beragam terhadap aplikasi maritim. MGO merupakan bahan bakar fosil yang paling banyak digunakan di sektor pelayaran global karena ketersediaannya yang melimpah serta kompatibilitasnya dengan mesin dan infrastruktur eksisting. Namun, MGO memiliki biodegradabilitas rendah dan membawa risiko lingkungan tinggi apabila terjadi tumpahan di laut (*Spectra Fuels*, 2024).

Sebagai perbandingan, HVO memiliki sifat kimia sangat mirip diesel konvensional, sehingga dapat menjadi bahan bakar *drop-in* tanpa memerlukan modifikasi signifikan pada mesin. HVO memiliki keunggulan berupa tingkat emisi lebih rendah, flashpoint lebih tinggi, serta stabilitas penyimpanan lebih baik dibandingkan FAME. Meskipun demikian, HVO masih terkendala oleh ketersediaan dan biaya produksi yang relatif tinggi. FAME, sebagai *biofuel* generasi pertama yang paling umum digunakan dalam campuran biodiesel, memiliki biodegradabilitas tertinggi dan dampak lingkungan yang relatif rendah apabila tumpahan terjadi. Namun, FAME memiliki kelemahan dalam konteks maritim karena sifat higroskopis, kecenderungan oksidasi, risiko pertumbuhan mikroba, dan sensitivitas terhadap suhu rendah, sehingga penyimpanan jangka panjang di kapal memerlukan sistem pemantauan dan filtrasi yang ketat (Yadav, 2024).

Melalui analisis teknis dan komparatif tersebut, dapat disimpulkan bahwa pemanfaatan *biofuel* di sektor maritim Indonesia sangat potensial, namun memerlukan kesiapan teknologi pendukung untuk menjamin stabilitas bahan bakar selama penyimpanan dan operasi. Inovasi sistem filtrasi berbasis membran dan pengkondisian bahan bakar di dalam tangki kapal menjadi kunci untuk mengatasi degradasi mutu biodiesel, mengurangi kontaminasi, dan mencegah kerusakan mesin. Integrasi teknologi ini perlu disertai penguatan standar operasional, penyusunan panduan penyimpanan

bahan bakar nabati di kapal, serta riset lanjutan mengenai kompatibilitas jangka panjang *biofuel* pada berbagai tipe mesin kapal.

4.3 Menuju Kebijakan Bioenergi yang Transformatif

Untuk membangun kebijakan bioenergi yang transformatif, diperlukan pergeseran paradigma yang fundamental dengan tiga pilar utama, yaitu inklusivitas, efisiensi, dan ekologi. Ketiga pilar ini harus menjadi landasan agar kebijakan bioenergi tidak hanya memenuhi kebutuhan energi nasional, tetapi juga menjamin keadilan sosial-ekologis serta mendukung reformasi bioenergi yang berkeadilan.

4.3.1 Mengintegrasikan Prinsip Inklusif, Efisien, dan Berpihak pada Kelestarian Ekologi

Belajar dari pengalaman Indonesia, implementasi *biofuel* masih sangat terpusat pada komoditas perkebunan skala besar, terutama sawit, yang menimbulkan masalah sosial-ekologis. Oleh karena itu, prinsip inklusif, efisien, dan ekologis harus menjadi dasar sistem kebijakan *biofuel* transformatif.

Aspek inklusivitas menekankan keterlibatan seluruh lapisan masyarakat, terutama kelompok rentan seperti petani kecil, perempuan perdesaan, dan komunitas adat. Saat ini, keterlibatan publik masih terbatas, data dan proses keputusan minim transparansi, serta pengambilan keputusan teknokratis tanpa ruang dialog deliberatif (IESR, 2021). Target kebijakan sering fokus pada kuantitas, misalnya penciptaan lapangan kerja, tanpa memperhatikan kualitas dan distribusi manfaatnya (Hunsberger dkk., 2017). Akibatnya, skema insentif seperti subsidi BPDPKS berpotensi menjadi subsidi yang merugikan karena tidak memasukkan kriteria keberlanjutan.

Disamping itu, keterlibatan publik dalam menilai dan turut serta dalam merancang kebijakan *biofuel* di Indonesia masih sangat minim, ditandai dengan kurangnya sosialisasi, keterbukaan data, dan transparansi proses. Prosesnya sangat terpusat dan cenderung teknokratis, hal ini bisa terlihat dari pengambilan keputusan yang inkonsisten dan seringkali melalui pengumuman lisan mengenai target agresif (seperti B50 atau B100). Pemerintah kerap menciptakan sinyal tidak jelas kepada pasar, ketimbang menyusun kebijakan dengan lebih sistematis.

Indonesia dapat belajar dari Brasil melalui Program Nasional Produksi dan Penggunaan Biodiesel (PNPB) sejak 2004, yang menempatkan inklusi sosial dan pembangunan regional sebagai pilar utama. Program *Social Fuel Seal* (SFS) mewajibkan perusahaan membeli sebagian bahan baku dari pertanian keluarga dan memberikan insentif fiskal, subsidi, serta akses kredit (Finco dkk., 2011). Pendekatan ini tidak hanya meningkatkan keterlibatan masyarakat, tetapi juga efisiensi dan keberlanjutan ekologis melalui diversifikasi bahan baku dan integrasi wilayah, sehingga memperkuat pemerataan dan resiliensi ekosistem produksi.

Dari sisi ekologi, meskipun biodiesel berbasis kedelai di Brasil menghadapi tantangan perubahan penggunaan lahan, integrasi dengan pertanian keluarga dan rotasi tanaman membantu menjaga kualitas tanah dan mengurangi tekanan terhadap hutan primer. Penggunaan minyak nabati bekas dan bahan baku non-konvensional juga diperkuat untuk mendukung keberlanjutan lingkungan (Finco dkk., 2011).

Namun, implementasi SFS tidak lepas dari tantangan. Logistik distribusi masih kurang efisien, industri terkonsentrasi di wilayah tengah-barat Brasil, sehingga harga biodiesel di wilayah utara menjadi kurang kompetitif. Integrasi pertanian keluarga juga terbatas, dan efektivitas strategi "*pro-poor*" dipertanyakan karena kendala struktural, teknis, dan politik. Lima tahun setelah implementasi, 80 persen produksi berasal dari kedelai dan 15 persen dari lemak hewani, sebagian besar dari petani skala besar, sehingga manfaat langsung bagi keluarga perdesaan miskin masih tidak pasti (Finco dkk., 2011).

Sekilas, pengalaman Brasil mengingatkan pada *Blue Print* BBN 2006–2025 di Indonesia, yang menekankan inklusivitas sosial dan peningkatan ekonomi masyarakat. Namun dokumen tersebut belum menjadi acuan dalam pengembangan industri *biofuel* nasional. Komunitas dan masyarakat masih memanfaatkan minyak nabati secara mandiri tanpa dukungan pemerintah, seperti yang dilakukan Barino (49 tahun), petani dan pengolah minyak nyamplung di Desa Patutrejo, Purworejo, Jawa Tengah.

Gambar 4.7 Foto: Barino (49 tahun), seorang pengolah minyak nyamplung di Desa Patutrejo, Purworejo, Jawa Tengah (Dokumentasi: MADANI)

Barino telah menggeluti dunia nyamplung selama hampir 12 tahun. Pada awalnya, ia ditunjuk sebagai kepala produksi pabrik skala desa untuk BBN nyamplung di bawah Lembaga Masyarakat Desa Hutan (LMDH) Wana Lestari, dan semua mesin pengolah nyamplung merupakan hibah dari Kementerian ESDM. Ia bahkan melakukan uji coba *road test* dengan tiga mobil Strada Triton menggunakan *biofuel* nyamplung melalui rute Purworejo, Cilacap, Semarang hingga Yogyakarta selama 3 hari pulang-pergi, dan hal tersebut menunjukkan keberhasilan.

Namun, setelah keberhasilan uji coba tersebut, Barino merasa tidak mendapat dukungan modal maupun pendampingan dari pemerintah lagi. Ia bahkan mengeluhkan bahwa pemerintah tidak memberikan akses distribusi, apalagi subsidi, dan mesin-mesin hibah tersebut kini mangkrak menjadi besi karatan.

Meski demikian, Barino memilih jalan terjalnya sendiri dengan menyewa dua mesin pengolah nyamplung dari LMDH Wana Lestari seharga Rp3 juta per tahun dan secara mandiri mengolah biji kering nyamplung menjadi minyak mentah (*crude oil*). Ia mampu memproduksi 600 hingga 1.000 liter minyak nyamplung per hari, tergantung permintaan pembeli, dengan penghasilan berkisar Rp7 juta per hari. Untuk mencukupi bahan bakunya, ia mendatangkan biji nyamplung tidak hanya dari Purworejo, tetapi juga dari berbagai daerah di pulau Jawa, seperti Kebumen, Gresik, dan Banyuwangi. Barino tidak peduli ada insentif atau tidak dari pemerintah, karena pembeli datang sendiri dan ia justru kerepotan memenuhi permintaan dari berbagai daerah (Madani Berkelanjutan dan Mongabay, 2022).

Pengalaman Barino menunjukan bahwa keterlibatan masyarakat dalam rantai pasok bioenergi sangat mungkin apabila diberikan ruang oleh kebijakan yang *pro poor*. Akhirnya, prinsip inklusif, efisien, dan ekologi, tidak bisa dipisahkan dalam proses transformasi kebijakan. Ketiganya harus diintegrasikan dan menjadi landasan dalam seluruh siklus kebijakan bioenergi sejak dari perencanaan, insentif, pelaksanaan, hingga evaluasi. Kebijakan *biofuel* yang hanya mengejar efisiensi ekonomi tanpa keadilan distribusi dan keberlanjutan ekologis akan memperpanjang krisis.

4.3.2 Prinsip keadilan sosial-ekologis

Keadilan sosial dan ekologis dalam kebijakan *biofuel* sesungguhnya saling berkelindan satu dengan yang lain. Saat ini, kebijakan *biofuel* Indonesia cenderung dipacu mekanisme pasar dibandingkan arah transisi energi, sehingga lebih banyak merugikan petani swadaya kelapa sawit sebagai penyedia bahan baku utama (SPKS, 2020). Dari sisi ekologis, peningkatan bauran tanpa perencanaan dan evaluasi matang menimbulkan ancaman terhadap ekosistem hutan. Proyeksi kebutuhan lahan untuk bauran *biofuel* domestik diperkirakan mencapai 4-6 juta hektare perkebunan sawit baru pada 2024 jika produktivitas stagnan (0,34 persen per tahun) dan ekspor terus meningkat (IESR, 2021). Dengan produktivitas tetap rendah, peningkatan bauran hanya bisa dicapai dengan membuka lahan baru.

Menghadapi situasi tersebut, diperlukan reformasi kebijakan yang benar-benar memastikan aspek keadilan sosial-ekologis tidak terabaikan. Tantangan pun kian rumit dengan adanya penyempitan fokus pengembangan pada sawit. Hal ini membuat petani swadaya menghadapi tantangan serius yaitu rendahnya kredibilitas di pasar internasional karena isu legalitas lahan dan kualitas bibit, serta akses terbatas terhadap mekanisme insentif ekonomi (Dharmawan dkk., 2020; SPKS, 2020).

Ironisnya, subsidi dari pungutan dana sawit lebih banyak dinikmati industri biodiesel, sementara petani sulit memperoleh dukungan peremajaan kebun. Hal ini menimbulkan konflik sosial, termasuk sengketa lahan, kontrak tidak adil, pelanggaran HAM, dan diskriminasi gender (IESR, 2021). Ketidakmampuan industri menjamin ketelusuran bahan baku tersebut juga memperkuat marginalisasi masyarakat adat dan komunitas lokal.

Dengan melihat berbagai situasi, sampai saat ini terindikasi belum berhasil dalam menyeimbangkan aspek sosial, ekonomi, dan lingkungan. Alih-alih mendukung transisi energi bersih, fokus pada nilai ekonomi CPO justru memperparah konflik lahan, pelanggaran HAM, dan ketimpangan ekonomi. Secara ekologis, peningkatan bauran biodiesel justru meningkatkan permintaan lahan baru hingga jutaan hektare, yang ini akan terkait langsung dengan deforestasi dan kerusakan lahan gambut. Karena itu, diperlukan reformasi yang dapat menggeser fokus dari komoditas tunggal generasi pertama ke lahan terdegradasi dan limbah non-pangan sebagai sumber bahan baku utama.

Selain itu, prinsip keadilan sosial-ekologis dan demokratisasi energi harus menjadi fondasi reformasi BBN. Perbaikan tata kelola dalam reformasi ini harus memastikan akses yang setara bagi seluruh masyarakat dan pelaku usaha. Strategi yang dibutuhkan meliputi penguatan posisi tawar petani swadaya, penataan ulang mekanisme insentif yang saat ini didominasi korporasi besar, dan pengalihan subsidi menjadi skema yang mendorong inovasi dan keberlanjutan, misalnya melalui model *Low Carbon Fuel Standard* (LCFS) berbasis *life cycle carbon intensity* (IESR, 2021).

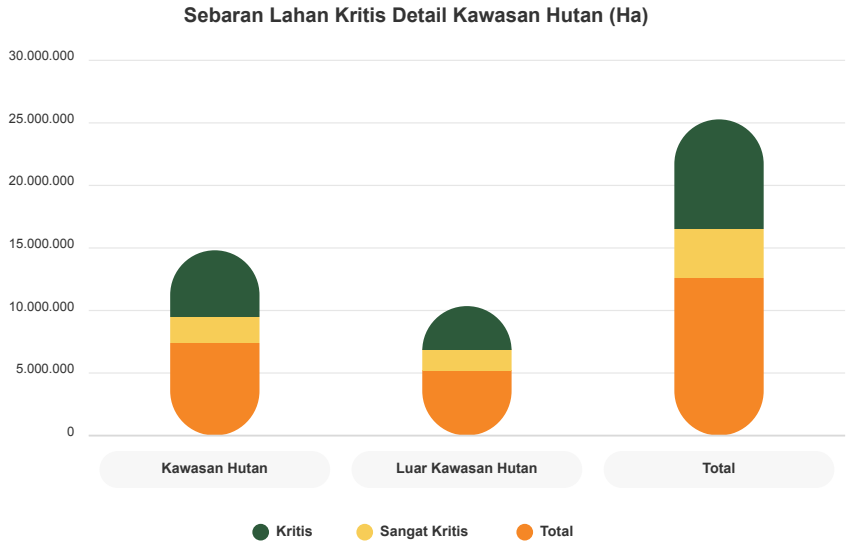
Selain itu, pengembangan BBN generasi kedua dari bahan baku seperti nyamplung, kemiri sunan, dan minyak jelantah (UCO) perlu didorong melalui konsep Desa Mandiri Energi di tingkat lokal (Madani Berkelanjutan, 2022). Tanpa perubahan struktural di hulu hingga hilir dan penegakan standar yang akuntabel, transparan, dan responsif bagi petani kecil, kebijakan *biofuel* akan

tetap menjadi paradoks pembangunan yang mengorbankan lingkungan dan hak-hak masyarakat lokal (SPKS, 2020).

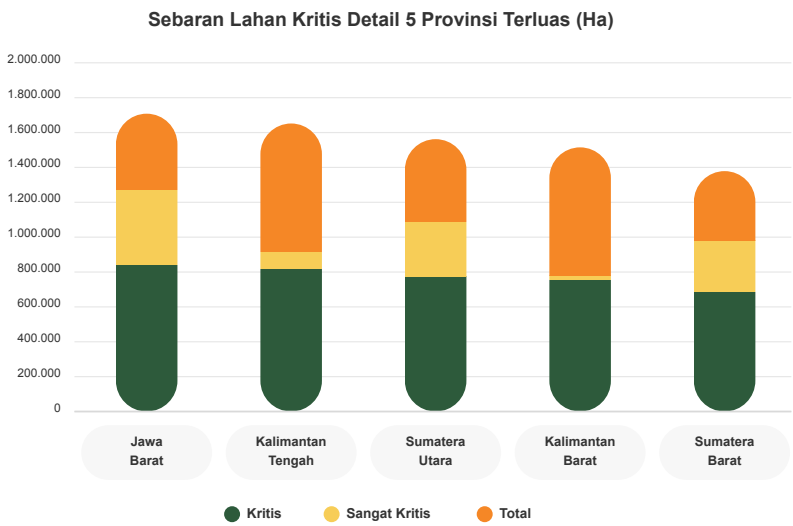
4.3.3 Integrasi Diversifikasi Bahan Baku dan Penguatan Kelestarian Alam

Pengembangan *biofuel* yang dikelola tanpa memperhatikan aspek ekologi, akan menciptakan pengabaian terhadap fungsi kelestarian alam. Ini terjadi di Indonesia, dengan menjadikan sawit sebagai satu-satunya 'tulang punggung' dari bahan baku untuk industri *biofuel*. Butuh pengembangan industri yang mampu menciptakan diversifikasi dalam hal bahan baku, tapi juga memperkuat kelestarian alam.

Karena itu, pengembangan *biofuel* kedepannya, tidak boleh melakukan konversi hutan alam menjadi perkebunan energi. Solusinya dapat memanfaatkan lahan-lahan terdegradasi, kritis, dan marginal untuk menanam spesies pohon yang menghasilkan energi sekaligus memulihkan fungsi ekosistem. Di Indonesia, potensi lahan kritis yang dapat dimanfaatkan untuk tujuan ini diperkirakan mencapai 12,7 juta hektare (Madani Berkelanjutan, 2025). Lebih lanjut studi Jaung dkk (2018) mengidentifikasi sekitar 3,5 juta hektar lahan kategori sangat kritis dan kritis di Indonesia berpotensi untuk pengembangan biofuel dan biomassa berbasis tanaman tahunan non-pangan.



Gambar 4.8 Sebaran Lahan kritis di Kawasan Hutan
(Sumber: KLHK, Lahan Kritis 2018, Data diolah oleh MADANI)



Gambar 4.9 Sebaran Lahan Kritis di 5 Provinsi Terluas (Sumber: KLHK, Lahan Kritis 2018, Data diolah oleh MADANI)

Pada bagian ini, perlu pengembangan bahan baku *biofuel* dengan pendekatan lanskap (*landscape approach*). Tujuannya adalah menyeimbangkan produksi (energi), konservasi (biodiversitas dan karbon), serta penghidupan masyarakat (sosial-ekonomi). Dalam kerangka ini, tanaman *biofuel*, seperti Nyamplung, Malapari, Biji Karet dan lainnya dapat menjadi solusi dalam mendorong diversifikasi bahan baku untuk pengembangan *biofuel* di Indonesia. Tanaman tersebut dipilih bukan hanya karena tingkat rendemen minyaknya, tetapi karena kemampuan adaptasi ekologisnya pada tanah miskin hara dan fungsinya dalam rehabilitasi lahan.

1. Nyamplung (*Calophyllum inophyllum*): Benteng Pesisir dan Sumber Energi

Nyamplung (*Calophyllum inophyllum*) adalah spesies asli yang tersebar di Indo-Pasifik termasuk Indonesia yang memiliki potensi sebagai bahan baku *biofuel* generasi kedua. Tanaman ini tumbuh subur di wilayah pesisir, mampu bertahan pada tanah berpasir, bersalinitas tinggi, dan bahkan di lahan-lahan bekas kritis (Bustomi dkk.,2008).

Minyak nyamplung memiliki prospek signifikan sebagai bahan baku bioenergi karena karakteristik fisik dan kimianya mendekati minyak solar. Pada kondisi proses yang optimal, minyak ini dapat mencapai efisiensi konversi biodiesel yang sangat tinggi, dengan *yield* hingga sekitar 95 persen. Beragam teknologi dapat digunakan untuk mengolah minyak *Calophyllum inophyllum* menjadi

biodiesel, dan hasil konversinya telah menunjukkan kesesuaian dengan sejumlah parameter kunci yang diatur oleh standar internasional seperti *American Society for Testing and Materials* (ASTM) (Ong dkk, 2011). Secara agronomis, nyamplung juga dikenal sebagai salah satu spesies dengan produktivitas minyak yang relatif tinggi, mencapai rata-rata sekitar 10 ton per hektar (Bustomi dkk.,2008).

Keunggulan utama nyamplung terletak pada fungsi ekologis gandanya. Selain sebagai sumber energi, pohon nyamplung berfungsi penyedia jasa lingkungan termasuk sebagai pemecah angin (*windbreaker*) dan penahan abrasi pantai. Penanaman nyamplung di sepanjang garis pantai Indonesia yang luas tidak hanya menyediakan cadangan energi lokal bagi masyarakat pesisir dan nelayan, tetapi juga menjadi strategi adaptasi perubahan iklim yang efektif dalam menghadapi kenaikan muka air laut dan cuaca ekstrem.

2. Malapari (*Pongamia pinnata*): Pemulih Kesuburan Tanah

Pongamia pinnata, yang dikenal sebagai malapari, merupakan kandidat unggul untuk restorasi lanskap karena toleransinya terhadap kekeringan dan kemampuan tumbuh di lahan kering. Malapari merupakan tanaman *legume* yang akarnya mampu mengikat nitrogen dalam tanam (nitrogen fixing) yang berguna untuk kesuburan tanah.

Bunga malapari yang beraroma khas menjadi sumber polen dan nektar bagi lebah, mendukung produksi madu gelap, sekaligus membuka peluang ekonomi alternatif melalui praktik apikultur bagi masyarakat perdesaan. Daunnya juga telah dimanfaatkan dalam pengobatan tradisional, sementara minyak dari biji digunakan secara topikal untuk gangguan kulit, rematik, dan masalah pencernaan (Leksono, B. dkk, 2021).

Bubuk bijinya juga berperan sebagai pereda bronkitis dan batuk rejan, serta tonik pemulihan demam. Daun gugur malapari juga bermanfaat sebagai pakan ternak, bahan organik, serta residu biji (ampas press) dapat digunakan sebagai pupuk atau pakan ternak. Dalam perkembangannya, minyak malapari digunakan sebagai bahan bakar lentera, sabun, vernis, cat, dan pengusir serangga. Kayunya dimanfaatkan untuk energi dan arang, sedangkan abunya untuk pewarna tradisional (Leksono, B. dkk, 2021).

Dalam konteks pemanfaatan energi, Malapari mempunyai potensi dikembangkan sebagai sumber minyak nabati untuk biodiesel. Biji malapari

mengandung 30-50 persen minyak dengan kandungan asam lemak tinggi, menjadikannya kandidat potensial untuk konversi biodiesel (Bobade & Khyade, 2012). Komposisi minyak biji serta karakteristik fisik dan kimianya juga dilaporkan telah memenuhi standar industri bahan bakar di Amerika Utara dan Eropa. Sejumlah parameter teknis penting, seperti viskositas, titik nyala, titik tuang, dan titik awan menunjukkan kesesuaian penggunaan biodiesel dari malapari, baik untuk wilayah beriklim tropis maupun untuk kawasan beriklim sedang (CIFOR, 2021).

3. Jarak Pagar (*Jatropha curcas*): Tanaman Non Pangan yang Handal di Berbagai Jenis Lahan

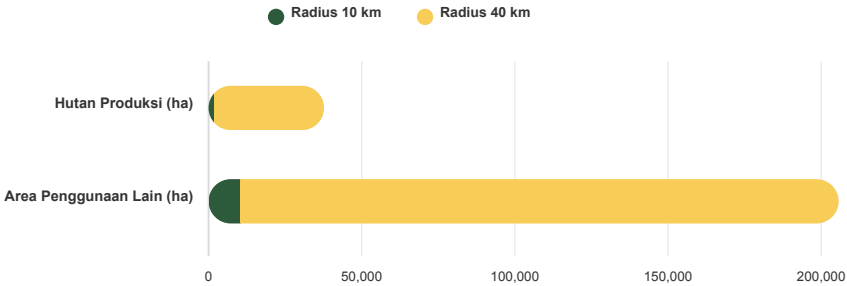
Tanaman jarak pagar (*Jatropha curcas*) telah dipromosikan secara luas sebagai bahan baku biodiesel andalan pada fase awal pengembangan Bahan Bakar Nabati (BBN) di Indonesia. Komoditas ini dipilih karena bersifat non-pangan, mampu tumbuh di lahan marginal, serta dipandang tidak mendorong pembukaan hutan baru untuk ekspansi perkebunan (Syakir, 2010).

Studi Madani Berkelanjutan (2021) mengidentifikasi kurang lebih 2,27 juta hektar lahan yang berpotensi untuk pengembangan jarak pagar.

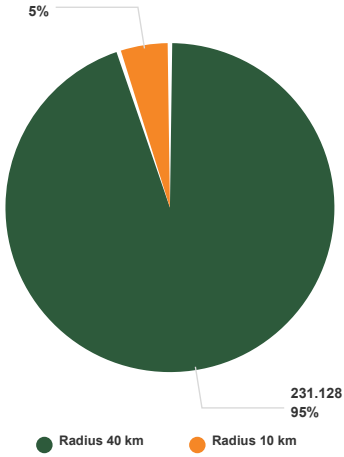
Gambar 4.10 Indikasi Sebaran lahan yang potensial untuk pengembangan Tanaman Jarak (Sumber: MADANI, 2021)

Potensi lahan untuk pengembangan jarak pagar dapat diidentifikasi melalui pendekatan bertahap yang sistematis. Tahap pertama adalah menentukan ketersediaan lahan, yang menurut Madani Berkelanjutan didefinisikan sebagai lahan di luar kawasan lindung dan konservasi. Hanya lahan yang telah kehilangan tutupan hutan alam yang diperhitungkan, guna mencegah deforestasi dan kerusakan ekosistem hutan primer maupun sekunder.

Tahap berikutnya melibatkan penyaringan lanjutan dengan mengecualikan lahan dalam izin konsesi aktif, skema perlindungan tertentu, wilayah kelola masyarakat, serta habitat potensial bagi lebih dari 15 spesies flora dan fauna. Tahap terakhir adalah mengeliminasi lahan yang sudah tertutupi penggunaan lain yang masih fungsional atau tidak memungkinkan untuk penanaman jarak pagar.



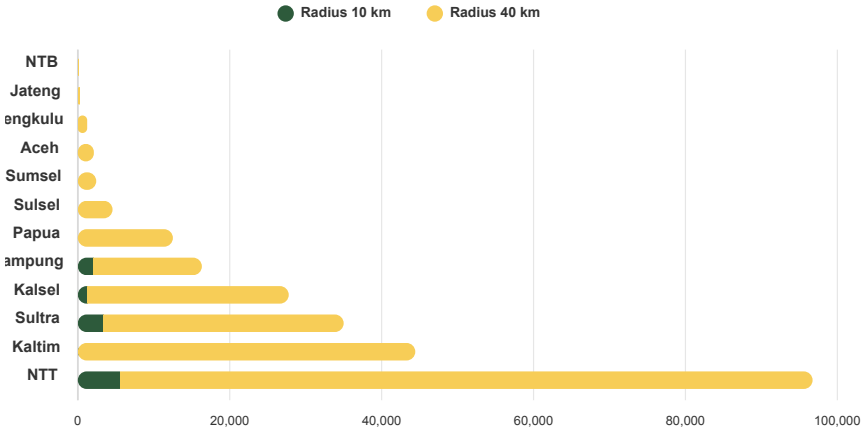
Gambar 4.11 Potensi Lahan Pengembangan Tanaman Jarak Detail Kawasan Hutan (ha) (Sumber: MADANI, 2021)



Gambar 4.12 Sebaran Potensi Lahan Pengembangan Tanaman Jarak Pagar Pada Radius 10 dan 40 Km dari Lokasi Eksisting (Sumber: MADANI, 2021)

Pendekatan kedua difokuskan pada kesesuaian lahan untuk budidaya jarak pagar. Pada tahap ini, data lahan yang telah diidentifikasi sebagai tersedia disandingkan dengan peta komoditas unggulan daerah yang disusun oleh BKPM pada tahun 2020. Analisis ini juga mempertimbangkan keberadaan kebun jarak pagar eksisting yang telah menunjukkan aktivitas produksi. Di sekitar titik-titik tersebut dilakukan analisis jangkauan melalui penetapan radius *buffer* sejauh 10 km dan 40 km, untuk menilai kelayakan pengembangan berbasis kedekatan spasial dan infrastruktur. Melalui pendekatan ini, teridentifikasi potensi lahan yang lebih realistis untuk pengembangan jarak pagar seluas sekitar 243 ribu hektare.

Namun, ada pengalaman kegagalan pengembangan jarak pagar pada 2000-an yang dipicu oleh ekspektasi produksi yang terlalu tinggi serta lemahnya kesiapan teknis dan kelembagaan (Simandjuntak, 2014). Dari sudut pandang optimalisasi pemanfaatan jarak pagar, kegagalan ini seharusnya tidak dijadikan alasan untuk menutup opsi pengembangan secara keseluruhan. Tanaman jarak pagar tetap relevan, terutama di lahan kering dan pulau-pulau kecil. Di Nusa Tenggara Timur (NTT), yang beriklim kering dengan curah hujan rendah, jarak pagar termasuk salah satu tanaman yang mampu bertahan sekaligus produktif.



Gambar 4.13 Potensi Lahan Pengembangan Tanaman Jarak Pagar Detail Tiap Provinsi (Sumber: MADANI, 2021)

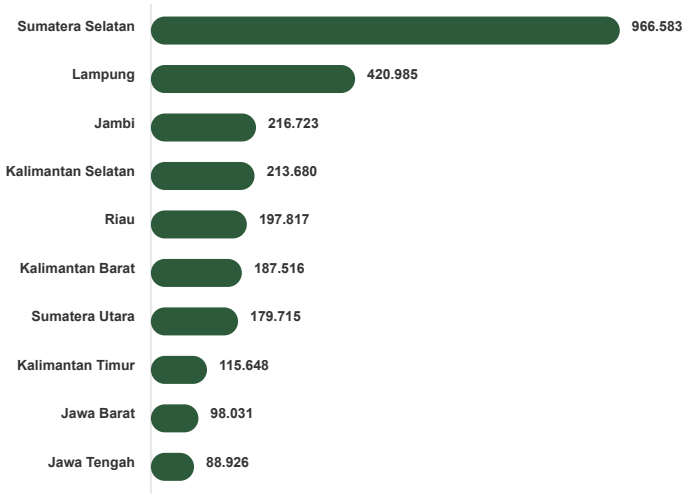
Nusa Tenggara Timur (NTT), merupakan provinsi dengan potensi lahan pengembangan tanaman jarak paling luas mencapai 96,4 ribu ha. Provinsi dengan potensi lahan cukup luas berikutnya adalah Kalimantan Timur,

seluas 44 ribu hektare. Posisi ketiga ditempati oleh Sulawesi Tenggara dengan potensi lahan sebesar 34,9 ribu hektar, termasuk 3,3 ribu hektare dalam radius 10 km dari kebun eksisting.

4. Karet (*Hevea brasiliensis*)

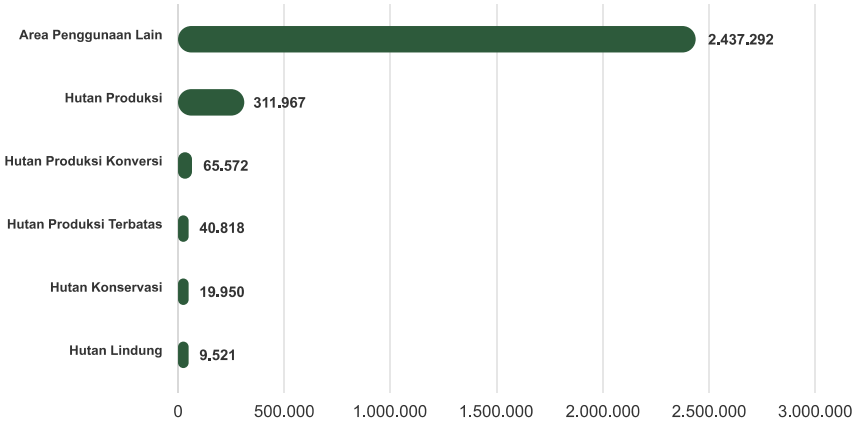
Berbeda dengan nyamplung dan malapari yang sejak awal diposisikan sebagai tanaman energi, karet (*Hevea brasiliensis*) merupakan komoditas perkebunan mapan yang selama lebih dari satu abad dikembangkan hampir secara eksklusif untuk produksi lateks. Namun, tanaman ini menyimpan potensi yang nyaris terabaikan untuk dimanfaatkan sebagai biodiesel dan bioenergi skala lokal, terutama melalui pemanfaatan biji karet sebagai bahan baku (Löffler dkk., 2014).

Indonesia termasuk salah satu produsen karet alam terbesar di dunia, dengan sebaran perkebunan yang luas dan terkonsentrasi di Sumatra dan Kalimantan. Data spasial menunjukkan Provinsi Sumatera Selatan memiliki luasan perkebunan karet terbesar, mencapai lebih dari 900 ribu hektare (Badan Informasi Geospasial, 2021; Global Forest Watch, 2019, Data diolah Madani Berkelanjutan). Konsentrasi ini menegaskan karet sebagai komoditas strategis, tidak hanya dari sisi ekonomi, tetapi juga sebagai sumber tanaman non-pangan yang tersedia secara kontinu.



Gambar 4.14 10 Provinsi dengan sebaran Perkebunan Karet Terluas (Ha) (Sumber: Tutupan Perkebunan GFW Update 2019; Batas Administrasi : BIG 2021, Data diolah MADANI Berkelanjutan)

Analisis tata ruang menunjukkan bahwa sekitar 84,57 persen perkebunan karet berada di luar kawasan hutan, tepatnya di Area Penggunaan Lain (APL), sementara hanya sebagian kecil berada di kawasan hutan produksi atau kawasan lindung. Hal ini memiliki implikasi kebijakan yang signifikan, karena menegaskan bahwa pemanfaatan biji karet untuk bioenergi tidak menimbulkan risiko deforestasi atau konversi kawasan hutan. Dengan kata lain, karet menawarkan peluang bioenergi yang relatif "aman secara tata ruang", dibandingkan komoditas lain yang sering bersinggungan dengan isu pembukaan hutan.



Gambar 4.15 Sebaran Perkebunan Karet Dengan Detail Kawasan Hutan (Ha) (Sumber: Kawasan Hutan: KLHK 2020; Tutupan Perkebunan: GFW Update 2019; Batas Administrasi : BIG 2021, Data diolah MADANI)

Secara teknis, biji karet mengandung minyak sekitar 40-50 persen. Artinya, tanaman ini memiliki potensi sebagai bahan baku biodiesel. Berbagai studi menunjukkan bahwa minyak biji karet dapat dikonversi menjadi biodiesel melalui proses transesterifikasi, dengan karakteristik bahan bakar yang mendekati standar biodiesel konvensional, meskipun memerlukan pra-perlakuan untuk menurunkan kandungan asam lemak bebas (*free fatty acid/* FFA) (Ramadhas dkk., 2005; Oyekunle dkk., 2024). Dalam konteks ini, biji karet jelas tergolong bahan baku *biofuel* non-pangan dan berbasis residu. Selama ini biji tersebut tidak memiliki nilai ekonomi signifikan dan umumnya dibiarkan membusuk di kebun.

Dari perspektif sosial-ekonomi, biji karet memiliki relevansi tinggi bagi petani rakyat, yang mendominasi perkebunan nasional. Harga lateks yang fluktuatif

dan cenderung rendah membuat rumah tangga petani menjadi rentan (A'ini dan Jannah, 2016; Syarifa dkk., 2016). Dalam konteks ini, pemanfaatan biji karet sebagai energi lokal menawarkan peluang diversifikasi pendapatan tanpa perlu menambah lahan.

Namun, tantangan utama pengembangan biodiesel dari biji karet bukan hanya bersifat teknis, melainkan ketiadaan kebijakan dan insentif yang mendukung. Hingga kini, belum ada skema fiskal, *offtaker* energi, atau integrasi biji karet dalam kebijakan nasional, sehingga potensinya tetap terbatas pada wacana teknis dan proyek percontohan tanpa skala yang berarti.

5. Minyak Jelantah (Used Cooking Oil/UCO): Mendorong Sirkular Ekonomi dan Tanpa Adanya Risiko Penggunaan Lahan

Berbeda dengan bahan baku bioenergi berbasis tanaman yang memerlukan lahan, siklus tanam, dan intervensi agronomis, minyak jelantah (*Used Cooking Oil*/UCO) sepenuhnya berasal dari sistem konsumsi yang sudah ada. UCO merupakan limbah minyak nabati dari konsumsi rumah tangga, restoran, hotel, dan industri makanan, sehingga menempati posisi unik sebagai bahan baku limbah yang tidak bersaing dengan pangan dan tidak menimbulkan tekanan tambahan terhadap penggunaan lahan.

Beberapa kajian independen menunjukkan potensi UCO di Indonesia relatif besar, tetapi pemanfaatannya untuk biodiesel masih sangat terbatas. ICCT memperkirakan potensi pengumpulan UCO sekitar 715 kiloton per tahun, yang secara teoritis dapat dikonversi menjadi 651 kiloton biodiesel. Namun, realisasi aktual diperkirakan kurang dari 1 kiloton per tahun. Ini mencerminkan kesenjangan signifikan antara potensi teknis dengan pemanfaatan nyata (ICCT, 2023).

Secara teknis, UCO layak digunakan sebagai bahan baku biodiesel. Minyak jelantah dapat dikonversi melalui transesterifikasi, dengan pra-perlakuan untuk menurunkan kadar asam lemak bebas (FFA) dan kandungan air. Studi di Indonesia menunjukkan bahwa biodiesel berbasis UCO dapat memenuhi standar mutu nasional jika proses pengolahannya dilakukan dengan tepat (ICCT, 2023). Dengan kata lain, dari sisi teknologi, UCO telah terbukti dapat digunakan secara efektif.

Namun, hambatan utama pengembangan UCO bersifat struktural dan

kebijakan, bukan teknis. Rantai pasok UCO masih terfragmentasi, tidak terstandar, dan didominasi sektor informal. Ketiadaan kepastian pasar domestik dan insentif setara biodiesel berbasis CPO juga membuat UCO kurang menarik bagi produsen. Akibatnya, sebagian besar UCO yang terkumpul justru diekspor, terutama ke Eropa, di mana UCO telah terintegrasi dalam kebijakan energi terbarukan dan ekonomi sirkular.

Dari perspektif transisi energi berkeadilan, UCO memiliki potensi penting. Pemanfaatannya dapat memperkuat ekonomi sirkular perkotaan, menciptakan lapangan kerja di sektor pengumpulan dan pengolahan limbah, serta mengurangi pencemaran akibat pembuangan minyak jelantah ke air dan tanah. Meski demikian, pasokan UCO masih sangat terbatas dan tidak dapat memenuhi seluruh kebutuhan biodiesel nasional. Sehingga, nilai strategisnya terletak pada peran sebagai pelengkap dalam portofolio bioenergi, berisiko rendah, dan mendukung strategi diversifikasi tanpa bergantung pada ekspansi lahan.

[Wicak Baskoro/Landscape Alliance]

BAB 5

BIOFUEL UNTUK TRANSISI YANG ADIL DAN KONTEKSTUAL

BAB V. *BIOFUEL* UNTUK TRANSISI YANG ADIL DAN KONTEKSTUAL

Membaca dinamika implementasi kebijakan *biofuel* di Indonesia menuntut analisis komprehensif, melampaui berbagai klaim, jargon, hingga perdebatan antara solusi taktis atau semu. Analisis ini harus dapat menelaah framing kebijakan yang ada secara kritis, mengidentifikasi kesenjangan antara ambisi dengan realitas implementasi, sembari mempertimbangkan dimensi sosial dan ekologis secara utuh. Pendekatan ini penting dalam spektrum transisi energi berkeadilan, di mana dominasi sawit dan struktur hulu-hilir yang timpang membatasi peran *biofuel* sebagai instrumen transisi energi yang inklusif.

Dua dekade implementasi kebijakan pengembangan *biofuel* di Indonesia menunjukkan tantangan nyata. Dominasi minyak sawit sebagai bahan baku utama biodiesel, meskipun diklaim menghemat devisa, menimbulkan implikasi ekologis serius melalui ekspansi perkebunan yang mendekati ambang batas daya dukung lahan. Selain itu, anomali tata kelola menghasilkan dampak negatif terhadap sistem fiskal, kerentanan harga TBS di tingkat petani, dan munculnya dugaan penyalahgunaan insentif bagi pelaku usaha.

Permasalahan *biofuel* bukan hanya soal komoditas, tetapi juga tata kelola dan rantai pasok yang masih terlalu *supply-driven*, sehingga mengabaikan diversifikasi dan potensi lokal. Akibatnya, kontribusi *biofuel* terhadap bauran energi nasional stagnan, jauh dari target RUEN 2025, dan manfaatnya belum merata. Di satu sisi, adanya tekanan global, seperti pembatasan impor biodiesel sawit oleh Uni Eropa dan pergeseran ke *biofuel* generasi kedua, menegaskan perlunya memahami kebijakan ini dalam dimensi politik-ekonomi, keberlanjutan ekologis, dan keadilan sosial. Karena itu, analisis komprehensif menjadi kunci untuk menelaah *framing* kebijakan saat ini dan menempatkan *biofuel* pada posisi strategis dalam transisi energi berkeadilan di Indonesia.

5.1 Kebijakan *Biofuel* dan Narasi Dominan

Sejak kemunculannya, kebijakan *biofuel* di Indonesia selalu diwarnai berbagai narasi yang saling bertolak belakang. Pemerintah menekankan narasi positif, menyatakan bahwa *biofuel* sejalan dengan komitmen iklim Indonesia

sekaligus berdampak positif bagi ekonomi (Kementerian ESDM, 2022). Dalam konteks nasionalisme ekonomi di tengah perang dagang dengan Uni Eropa, biodiesel bahkan dianggap sebagai alat strategis untuk memperkuat posisi nasional (IDSCIPUB, 2024). Dokumen SNDC juga menegaskan *biofuel* sebagai andalan untuk memenuhi komitmen iklim dari sektor energi.

Industri, khususnya sektor sawit, awalnya mengusung narasi serupa, terutama saat harga CPO anjlok pada 2015 (GAPKI, 2017). Namun, ketidakpastian dalam peningkatan bauran mulai menimbulkan keberatan dari sektor swasta lain, seperti pertambangan, menjelang penerapan B50 pada 2026 (Tempo, 2025). Bahkan sektor sawit pun menunjukkan resistensi terhadap peningkatan bauran yang sporadis (Fortune Indonesia, 2025). Hanya kelompok masyarakat sipil dan akademisi yang secara konsisten mengusung narasi kritis, menyoroti dominasi sawit yang mengabaikan prinsip keberlanjutan sosial dan ekologis. Isu ekspansi lahan, konflik tenurial, dan subsidi yang tidak berdampak pada petani sawit menjadi sorotan utama (Madani Berkelanjutan, 2022).

Dinamika ini menunjukkan bahwa narasi *biofuel* tidak tunggal karena setiap pemangku kepentingan membawa perspektif berbeda. Analisis di AS (2020) menguatkan hal ini, di mana dari 57,849 publikasi ilmiah dan 9,924 artikel media, ditemukan pandangan positif, tetapi juga kekhawatiran terkait kasus *fraud* dalam *biofuel* (Zhao dkk., 2020). Di Indonesia, analisis media sepanjang 2018-2019 menunjukkan 43,47 persen narasi positif terkait sosial-ekonomi, sedangkan yang menyoroti isu lingkungan secara kritis hanya sekitar 5 persen (Antara News, 2021). Ini dapat menunjukkan narasi yang dikendalikan oleh pemerintah (narasi positif) bisa dikatakan cenderung memenuhi ruang publik, dan menutupi berbagai sentimen negatif atau pandangan kritis terhadap *biofuel*.

Dari dinamika narasi yang berkembang, terlihat adanya disparitas narasi yang tegas antara perspektif pemerintah dan masyarakat sipil atau akademisi. Keduanya sering tidak menemukan titik persinggungan (*nexus*) karena pemerintah cenderung mengabaikan narasi kritis. Sehingga, setelah berjalan selama dua dekade, tantangan reformasi semakin kompleks. Reformasi kebijakan *biofuel* harus dimulai dengan membaca seluruh narasi publik secara utuh, kemudian membangun kerangka narasi yang mengakui dan menyeimbangkan aspek positif dan negatif *biofuel*.

5.2 Menjawab Tiga Hipotesis Strategis

Kajian kebijakan bioenergi memerlukan kerangka analisis komprehensif, melampaui pertimbangan teknis dan ekonomi. Oleh karena itu, riset ini mengusung tiga hipotesis strategis, bersifat analitis dan normatif, untuk menguji konsistensi logis, kelayakan empiris, dan relevansi kebijakan *biofuel* terhadap kerangka transisi energi berkeadilan sosial. Ketiga hipotesis ini menawarkan perspektif baru untuk reformasi kebijakan *biofuel*, yang selama ini lebih banyak dipengaruhi politik-ekonomi dibandingkan logika keberlanjutan ekologis dan keadilan sosial.

Gambar 5.1 Hipotesis Strategis *Biofuel*

Hipotesis 1: *Biofuel* for Communities - Pendekatan Komunitas adalah Jalan Utama, bukan Tambahan

Hipotesis ini lahir dari pengamatan implementasi kebijakan *biofuel* di Indonesia yang sentralistik dan *top-down*, di mana manfaat terkonsentrasi pada perusahaan besar sementara masyarakat rural hampir tidak merasakan dampaknya. Hipotesis ini menekankan bahwa pendekatan berbasis komunitas merupakan alternatif yang layak, karena mampu meningkatkan kemandirian energi lokal, menciptakan lapangan kerja, dan mendistribusikan manfaat sosial-ekonomi. Pendekatan ini juga didukung pengalaman internasional, seperti Brasil yang mengintegrasikan komunitas dalam kebijakan biodiesel melalui skema *Social Fuel Seal* (SFS).

Salah satu upaya nyata untuk menerapkan pendekatan komunitas ini adalah adanya konsep Desa Mandiri Energi (DME) yang dicanangkan pada 2006. Program ini dirancang untuk mempercepat pengurangan kemiskinan dan pengangguran di desa-desa tertinggal, sekaligus mendorong masyarakat memenuhi kebutuhan energi lokal. Konsep ini mencakup penciptaan lapangan kerja, pengurangan kemiskinan, dan pengembangan kapasitas produksi energi di perdesaan (Tim Nasional Pengembangan BBN, 2006).

Secara teknis, DME dirancang dari hulu ke hilir, mulai dari budidaya tanaman BBN yang sesuai kondisi agroklimatologi hingga penerapan teknologi produksi BBN yang terjangkau masyarakat perdesaan. Tanaman potensial seperti jarak pagar, kelapa sawit, kelapa, singkong, dan tebu diidentifikasi sebagai bahan baku (Tim Nasional Pengembangan BBN, 2006). Namun, sejarah mencatat bahwa konsep ini dimatikan dan dianggap gagal sebelum sempat berkembang, yang menunjukkan bahwa pendekatan komunitas bukanlah ide baru dalam kebijakan *biofuel* Indonesia (Madani Berkelanjutan dan Mongabay, 2022).

Salah satu argumentasi yang kerap muncul ketika membahas bioenergi berbasis komunitas adalah nilai keekonomian yang tidak sebanding dengan nilai produksi energi. Studi tentang DME menunjukkan bahwa kegagalan bukan karena kelemahan konsep tata kelola, melainkan karena rendahnya tingkat keterlibatan masyarakat, tidak efisiennya mesin pengolah bahan bioenergi, keterbatasan petunjuk teknis pengolahan, tingginya biaya produksi keterbatasan pasar dan ketidakstabilan produksi *feedstock* (bahan baku) (Muslihudin dkk., 2015; Uripno dkk., 2014). Lemahnya koordinasi antar institusi dan birokrasi yang rumit dalam pelaksanaan di tingkat desa seta perbedaan kepentingan para pihak mendukung tidak berjalannya program DME (Amir dkk., 2008; Fatimah, 2015). Dengan penguatan faktor-faktor tersebut, hipotesis *Biofuel for Communities* terbukti layak secara sosial dan politis untuk menjadi pendekatan utama, bukan sekadar pelengkap program korporasi besar.

Hipotesis 2: Biofuel for Marine and Aviation Transport - Transportasi Darat bukan Segmen Utama, Fokus pada Transportasi Laut dan Udara

Indonesia berambisi besar menempatkan *biofuel* nasional sebagai pengganti solar (diesel) untuk PSO maupun non-PSO. Namun dalam implementasinya, kebijakan *biofuel* menjadi kurang terarah karena transportasi darat mulai bergerak menuju elektrifikasi.

Hipotesis ini menekankan bahwa implementasi biofuel lebih tepat diarahkan pada sektor non-darat, yaitu maritim dan penerbangan, yang lebih potensial untuk pemanfaatan *biofuel* generasi kedua seperti *Hydrotreated Vegetable Oil* (HVO) dan *Sustainable Aviation Fuel* (SAF). Secara teknis, jenis *biofuel* ini memiliki karakteristik yang kompatibel dengan mesin modern, emisi lebih rendah, dan dapat mendukung komitmen dekarbonisasi nasional secara strategis. Dengan demikian, alokasi *biofuel* ke sektor-sektor tersebut lebih realistis dibandingkan harus memenuhi kebutuhan transportasi darat.

Untuk menguji hipotesis ini, dilakukan dua pendekatan riset. Pertama, perbandingan efisiensi dan kompatibilitas teknologi antara biodiesel konvensional (FAME) dengan HVO dan SAF. Kedua, analisis kebutuhan dekarbonisasi lintas sektor transportasi. Hasil perbandingan menunjukkan bahwa transportasi darat mulai beralih ke elektrifikasi massal, sementara sektor transportasi maritim dan penerbangan masih kekurangan alternatif energi rendah karbon.

Dengan demikian, prioritas *biofuel* pada sektor maritim dan penerbangan menjadi lebih realistis secara teknis serta efektif untuk mendukung target penurunan emisi nasional. Dengan demikian, hipotesis ini terbukti relevan untuk mengarahkan kebijakan *biofuel* dari substitusi solar menuju strategi dekarbonisasi lintas moda transportasi.

Hipotesis 3: Biofuel for Land Restorations as Carbon Sink - Harus mengutamakan Konservasi Alam dan Penyerapan Karbon, bukan Sekadar Bauran Energi

Hipotesis ini lahir untuk menjawab narasi bahwa pengembangan bioenergi kerap mengancam ekosistem hutan. Berdasarkan riset panjang terkait pemanfaatan lahan kritis, pengembangan bioenergi tidak selalu merusak hutan, bahkan dapat memberikan manfaat ganda yaitu perlindungan ekosistem sekaligus penyerapan karbon. Syarat utamanya adalah pemanfaatan lahan terdegradasi dan marginal, dengan tanaman non-pangan seperti nyamplung, pongamia, atau kaliandra, yang dikelola oleh komunitas lokal.

Dalam menjawab hipotesis ini, riset mengevaluasi sejauh mana pengembangan bioenergi dapat diselaraskan dengan agenda restorasi lahan dan penyerapan karbon. Analisis dilakukan dengan meninjau proyek-proyek percontohan pemanfaatan lahan terdegradasi untuk tanaman energi serta

model integrasi dengan skema karbon sukarela dan program rehabilitasi hutan.

Hasil awal menunjukkan bahwa bioenergi berbasis lahan marginal memiliki potensi ganda, sebagai sumber energi terbarukan sekaligus mekanisme restorasi ekosistem, asalkan tidak mengorbankan hutan alam dan memperkuat hak kelola komunitas. Dengan demikian, hipotesis *Bioenergy for Land Restoration* dapat diterima secara normatif dan empiris sebagai strategi transisi energi yang juga mendukung agenda restorasi dan mitigasi iklim.

Ketiga hipotesis ini saling melengkapi dan membentuk landasan strategis untuk meninjau ulang kebijakan bioenergi di Indonesia yang lebih kontekstual dan berkeadilan sosial. Pendekatan komunitas memberikan basis keadilan ekonomi, pengalihan fokus ke sektor non-darat menjawab tantangan dekarbonisasi, dan orientasi pada restorasi lahan menghadirkan manfaat ekologis jangka panjang. Dengan demikian, ketiga hipotesis strategis ini bukan sekadar wacana normatif, tetapi tawaran konkret untuk mengembalikan kebijakan bioenergi pada tujuan utamanya yaitu transisi energi yang inklusif, adil, dan berkelanjutan.

5.3 Arah Baru dari Strategi Kebijakan *Biofuel* dalam Kerangka Transisi Energi yang Berkeadilan

Untuk mewujudkan ketiga hipotesis tersebut, Indonesia membutuhkan perubahan strategi pengembangan *biofuel*. Memang, pemerintah telah menempatkan *biofuel* sebagai salah satu instrumen transisi energi, yang tercantum dalam RUEN (31 persen pada 2050) dan SNDC. Namun secara kritis, *biofuel* sering dipandang sebagai “solusi palsu” karena adanya risiko terhadap ekosistem yang dapat mengurangi manfaatnya dibandingkan bahan bakar fosil.

Kedua pandangan ini perlu dijembatani agar biofuel tetap menjadi bagian dari transisi energi berkeadilan, tanpa menimbulkan dampak sosial maupun ekologis yang negatif. Tantangan ini menjadi mendesak, mengingat fragmentasi tata kelola, ketimpangan distribusi manfaat, dan risiko lingkungan yang nyata. Dibutuhkan rancang bangun kebijakan baru yang tidak lagi memandang biofuel hanya sebagai instrumen teknis untuk target bauran energi atau stabilisasi harga komoditas, tetapi berlandaskan keberlanjutan ekologis dan keadilan sosial. Setidaknya lima pilar perlu

dibangun untuk arah baru kebijakan biofuel di Indonesia.

5.3.1 Penguatan Kelembagaan dan Tata Kelola yang Terkoordinasi

Tantangan utama dalam industri *biofuel* Indonesia adalah lemahnya aspek kelembagaan. Ini tidak hanya mengacu pada institusi struktural, tetapi juga norma, aturan, dan praktik yang membentuk perumusan, implementasi, dan evaluasi kebijakan *biofuel*. Reformasi kebijakan pengembangan *biofuel* di Indonesia membutuhkan kerangka kelembagaan yang jelas, termasuk koordinasi dan integrasi antar lembaga, khususnya Direktorat Jenderal Energi Baru, Terbarukan, dan Konservasi Energi (Ditjen EBTKE) dengan sektor lain yang terkait.

Langkah awal dapat dimulai dengan membentuk komite independen lintas sektor untuk memantau, mengevaluasi, dan melaporkan implementasi BBN serta pengelolaan BPDPKS. Hal ini penting untuk menjamin transparansi, akuntabilitas, mencegah duplikasi peran, dan meningkatkan kontrol publik. Koordinasi antar lembaga juga memastikan penyelarasan kebijakan hulu (bahan baku) dengan hilir (distribusi dan konsumsi), serta integrasi dokumen perencanaan seperti RUEN, RPJMN, dan *Grand Energy Strategy*.

Pengalaman negara-negara lain menjadi pembelajaran penting. Model FELDA di Malaysia menunjukkan integrasi pengelolaan sawit, pemberdayaan petani kecil, peningkatan produktivitas, dan keberlanjutan ekonomi. FELDA tidak hanya berfungsi sebagai pengawas, tetapi juga fasilitator yang menyediakan akses teknologi, pasar, dan pembiayaan bagi petani kecil. Struktur terintegrasi ini memastikan seluruh pemangku kepentingan memperoleh manfaat adil sekaligus mempertahankan produktivitas sawit (Madani Berkelanjutan, 2025).

5.3.2 Redistribusi Insentif dan Penguatan Petani Kecil

Desain insentif saat ini cenderung bertumpu pada dana BPDP dan lebih menguntungkan industri besar. Perlu dilakukan perombakan yang menekankan alokasi dana proporsional untuk memperkuat petani kecil, termasuk *replanting*, pembangunan riset bahan baku non-sawit, intensifikasi produksi, serta pengembangan teknologi tepat guna dan padat karya untuk industri *biofuel*.

Perombakan ini harus mencakup skema insentif yang inklusif, seperti hibah, pinjaman lunak, atau dukungan finansial untuk penelitian dan

proyek percontohan yang mendorong komersialisasi bahan baku alternatif. Mekanisme insentif juga harus mempertimbangkan pemenuhan kebutuhan usaha skala kecil dan menengah, masyarakat lokal, dan petani, termasuk akses preferensial terhadap pembiayaan, program peningkatan kapasitas, dan prosedur perizinan yang disederhanakan. Tujuannya adalah menciptakan iklim industri *biofuel* yang sehat, inovatif, berkelanjutan, dan mampu menjangkau daerah terpencil (Madani Berkelanjutan, 2023).

Untuk melakukan perombakan tersebut, beberapa peluang kebijakan dapat dimanfaatkan. Misalnya, mekanisme perkreditan dalam Peraturan Menteri Keuangan No. 117/PMK 06/2006 tentang Kredit Pengembangan Energi Nabati dan Revitalisasi Perkebunan (PMK 117), yang semula fokus pada sawit, karet, dan kakao, dapat diperluas untuk bahan baku alternatif seperti nyamplung.

Selain itu, ada Peraturan Menteri Pertanian No. 18 Tahun 2021 tentang Fasilitasi Pembangunan Kebun Masyarakat Sekitar yang mewajibkan alokasi minimum 20 persen dari total areal kebun perusahaan untuk masyarakat sekitar, yang dapat digunakan untuk budidaya tanaman non-pangan sebagai bahan baku *biofuel*. Dukungan finansial tambahan untuk memperkuat peluang kebijakan ini dapat dimaksimalkan melalui subsidi bunga yang diatur dalam mekanisme PMK 117, yang mengurangi beban pengembangan usaha bagi petani dan mendorong partisipasi mereka dalam diversifikasi *biofuel*.

Keterlibatan pemerintah daerah dan masyarakat lokal juga dapat diperkuat melalui insentif fiskal. UU No. 23 Tahun 2014 tentang Pemerintahan Daerah dan UU No. 33 Tahun 2004 tentang Perimbangan Keuangan antara Pemerintah dan Pemerintahan Daerah, yang mengatur transfer dana pusat-daerah, dapat mendorong pemerintah daerah dan *champion* lokal untuk memanfaatkan bahan baku daur ulang *biofuel*, memicu inisiatif lokal dan pemberdayaan komunitas.

Selain itu, ada pula Peraturan Presiden No. 77 Tahun 2018 tentang Pengelolaan Dana Lingkungan Hidup dan PP No. 46 Tahun 2017 tentang Instrumen Ekonomi Lingkungan Hidup yang mengatur Dana Jaminan Pemulihan Lingkungan Hidup. Aturan ini dapat memaksimalkan pemberian insentif bagi *champion* lokal maupun pemerintah daerah dalam memanfaatkan bahan baku daur ulang *biofuel*, sekaligus memastikan keberlanjutan lingkungan.

Meskipun berbagai peluang ini tersedia, implementasi untuk mendorong insentif yang lebih adil masih belum dimaksimalkan. Oleh karena itu, perombakan dan pengembangan mekanisme insentif yang inklusif dan terarah menjadi kunci untuk menciptakan industri *biofuel* yang lebih berimbang, berkelanjutan, dan merata.

5.3.3 Diversifikasi Bahan Baku dan Desentralisasi Energi

Sejak kebijakan mandatori biodiesel diterapkan pada 2015, implementasinya masih cenderung diarahkan untuk mendongkrak komoditas sawit yang sedang anjlok (Kharina dkk., 2018). Dengan demikian, fokus kebijakan *biofuel* Indonesia sejak awal adalah komoditas sawit. Sehingga dominasi bahan baku yang digunakan hingga hari ini adalah sawit, sesuai dengan desain awal dari kebijakan ini. Namun, ketika melihat dengan sudut pandang yang lebih holistik maka kondisi ini sangat tidak ideal dalam jangka panjang.

Fokus awal ini menempatkan sawit sebagai bahan baku dominan hingga hari ini. Namun, dari perspektif jangka panjang, ketergantungan tunggal pada sawit menimbulkan kerentanan struktural, baik dari sisi harga, pasokan, maupun tekanan ekologis akibat ekspansi lahan. *Biofuel* berbasis sawit bahkan dapat menghasilkan emisi lebih tinggi dibandingkan BBM fosil jika mempertimbangkan perubahan penggunaan lahan, terutama di lahan gambut, dengan angka hingga 22.850 gCO_2e/liter (IESR, 2021).

Dominasi sawit juga meminggirkan potensi bahan baku alternatif, seperti minyak jelantah, limbah pertanian, nyamplung, atau mikroalga. Hal ini menimbulkan tantangan signifikan: pertama, industri *biofuel* menjadi rentan terhadap dinamika pasar sawit, mulai dari fluktuasi harga global, isu keberlanjutan, hingga masalah produksi di tingkat hulu. Kedua, potensi bahan baku alternatif yang melimpah, tercatat antara 8,6 juta hingga 23,4 juta kiloliter, tetap terabaikan karena minimnya perhatian dan pengembangan (Madani Berkelanjutan, 2023).

Selain itu, kapasitas sawit di perkebunan Indonesia telah mencapai titik jenuh. Meskipun luas lahan dan produksi CPO meningkat, industri sawit menghadapi berbagai persoalan sosial, ekonomi, dan lingkungan kompleks (Yayasan Lokahita, 2024). Ketergantungan tunggal ini juga menghambat persaingan sehat di pasar *biofuel* dan membatasi inovasi untuk mencari alternatif bahan baku. Sawit memiliki banyak *competing users*, tidak hanya untuk biofuel, tetapi juga pangan, rumah tangga, dan produk kecantikan.

Tanpa diversifikasi, ketergantungan berlebihan pada sawit berisiko menimbulkan persoalan competing users yang lebih besar di masa depan, mengancam stabilitas pasokan dan harga (Malins, 2017).

Karena itu, diversifikasi bahan baku tak dapat dilihat sekadar mengembangkan alternatif teknis, tetapi juga mendukung desentralisasi energi untuk ketahanan dan kemandirian energi nasional. Dengan mengembangkan sumber bahan baku lokal, seperti nyamplung di pesisir atau minyak jelantah dari rumah tangga, produksi *biofuel* dapat dilakukan secara desentralistik di berbagai wilayah, tidak lagi terpusat pada perkebunan sawit.

Pendekatan ini membuka peluang bagi komunitas lokal untuk terlibat aktif dalam rantai produksi dan distribusi *biofuel*, meningkatkan kemandirian energi di tingkat daerah, mengurangi ketergantungan pada pasokan terpusat yang rentan, serta mendorong pertumbuhan ekonomi lokal melalui pemanfaatan sumber daya setempat yang spesifik dan berkelanjutan. Dengan demikian, diversifikasi bahan baku memperkuat ketahanan industri *biofuel* secara keseluruhan dan menjadi pilar penting dalam mewujudkan sistem energi nasional yang merata dan desentralistik.

5.3.4 Mengurangi Dominasi Sawit dan Penetapan Batas Atas Lahan Sawit Nasional (CAP Sawit)

Sejak awal implementasi kebijakan bauran *biofuel* di Indonesia, kekhawatiran terkait deforestasi selalu muncul. *Biofuel* berbasis sawit, yang diharapkan menjadi sumber energi hijau, pada praktiknya tetap berpotensi merusak lingkungan setara dengan bahan bakar fosil. Setiap kenaikan bauran, seperti B20, B35, dan B40, menimbulkan sorotan utama mengenai ekspansi lahan sawit dan ancaman terhadap ekosistem. Untuk menanggulangi hal ini, reformasi kebijakan *biofuel* perlu menetapkan batas atas (*cap*) luasan sawit nasional. Kajian independen menggunakan pemodelan menunjukkan bahwa batas atas tutupan sawit di Indonesia berada sekitar 18,15 juta hektare, sedikit di bawah luas perkebunan eksisting pada 2022 sebesar 18,22 juta hektare (Yayasan Lokahita, 2024).

Data ini menjadi alarm bahwa ekspansi sawit di beberapa wilayah mendekati atau bahkan melebihi kapasitas lingkungan yang seharusnya dijaga. Banyak perkebunan sawit yang eksisting saat ini berada di kawasan terlarang, seperti gambut, hutan lindung, kawasan konservasi, dan habitat satwa dilindungi. Artinya, perkebunan yang telah terbangun di lahan ini tidak dapat

dikembangkan lebih lanjut dan memerlukan pengelolaan berkelanjutan untuk menanggulangi kerusakan permanen yang akan ditimbulkan.

Peluang kebijakan untuk menetapkan cap sawit terbuka melalui Peraturan Pemerintah No. 26 Tahun 2025 tentang Perencanaan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup. Peraturan ini menegaskan daya dukung dan daya tampung lingkungan sebagai dasar perencanaan pembangunan. Dalam konteks *biofuel*, khususnya berbasis sawit, luas lahan yang digunakan sangat menentukan keseimbangan ekologis, terutama di wilayah rentan seperti gambut, sempadan sungai, dan hutan primer.

PP No. 26/2025 tersebut mengharuskan setiap wilayah dan sektor untuk mengacu pada kapasitas lingkungan hidup dalam menyusun rencana perlindungan dan pengelolaan, termasuk integrasi dalam rencana tata ruang, KLHS, dan instrumen pengendalian lainnya. Dengan demikian, *cap* sawit dapat ditetapkan berdasarkan perhitungan daya dukung, memberikan dasar legal dan ilmiah yang kuat, berbeda dengan moratorium administratif yang selama ini berlaku.

Dengan kata lain, apabila implementasi *cap* sawit dilakukan secara ketat dan terintegrasi, termasuk melalui KLHS nasional dan sektoral yang memasukkan luasan sawit sebagai tekanan utama, risiko kerusakan ekosistem akibat bauran biodiesel dapat ditekan. Dengan pendekatan ini, kebijakan bauran *biofuel* tidak hanya diukur dari volume, tetapi juga dari kepatuhannya terhadap kapasitas daya dukung lingkungan, mendorong produksi yang lebih berkelanjutan dan bertanggung jawab secara ekologis.

5.3.5 Transparansi dan Akuntabilitas

Transparansi dan akuntabilitas merupakan pilar krusial dalam menjamin keberlanjutan kebijakan *biofuel*, mengingat adanya kompleksitas dalam rantai pasok serta dampak sosial dan ekologis yang dapat muncul akibat implementasinya. Kritik utama terhadap industri ini sering berakar pada lemahnya tata kelola, baik di tingkat nasional maupun dalam skema regulasi internasional, yang menunjukkan kelemahan dalam akuntabilitas kebijakan dan pengembangannya.

Di pasar global, biodiesel berbasis sawit dari Indonesia menghadapi tantangan serius terkait status keberlanjutan. Ketidakmampuan menjelaskan ketelusuran legalitas (*legality traceability*) bahan baku membuat produk

biofuel Indonesia dinilai kurang kredibel dan tidak akuntabel,. Kegagalan akuntabilitas ini menghambat daya saing, bahkan menyebabkan produk dikenai tarif impor yang tinggi (Dharmawan dkk., 2020).

Di hulu, isu akuntabilitas muncul pada praktik budidaya kelapa sawit oleh petani kecil (*smallholders*), terutama terkait legalitas lahan. Kondisi ini menurunkan kredibilitas CPO yang dihasilkan untuk memenuhi kebutuhan pasar internasional (Dharmawan dkk., 2020). Pengalaman negara-negara lain menunjukkan bahwa lemahnya regulasi dan akuntabilitas fiskal membuka peluang penyalahgunaan insentif. Di Amerika Serikat, misalnya, program kredit pajak *biofuel* sempat menghadapi krisis legitimasi akibat praktik penipuan berulang, yang memicu kebutuhan pengawasan dan transparansi lebih ketat (Zhao dkk., 2020).

Di Indonesia, kurangnya transparansi juga terlihat dalam penggunaan dana BPDPKS untuk subsidi biodiesel. Riset 2021 menunjukkan bahwa 61,5 persen responden menilai penggunaan dana ini menyalahi mandat UU No. 39 Tahun 2014 tentang Perkebunan yang seharusnya diperuntukkan bagi kepentingan petani atau hilirisasi untuk pangan, bukan energi. Selain itu, skema insentif dinilai tidak transparan dan rawan diselewengkan (Saputra dkk., 2021).

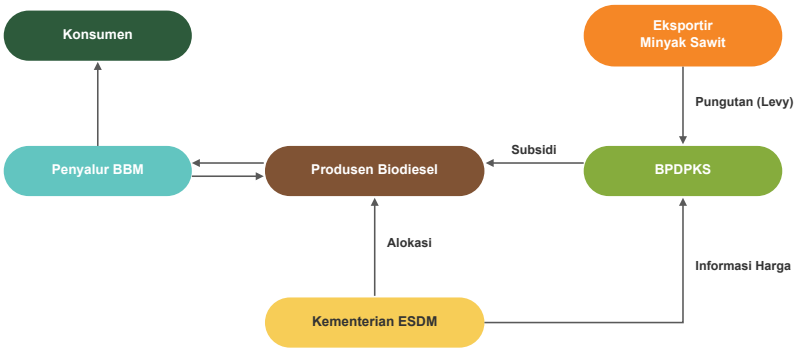
Akibat lemahnya transparansi, akuntabilitas industri *biofuel* menjadi diragukan dan memengaruhi daya saing global karena produk berasal dari sumber yang dipertanyakan (Gardner dkk., 2019). Untuk memenuhi kebutuhan akan akuntabilitas, sejauh ini, solusi yang paling banyak dibicarakan dan diadopsi oleh para pelaku usaha adalah skema sertifikasi berkelanjutan. Namun, skema sertifikasi itu sendiri menghadapi dilema akuntabilitas dan transparansi.

Model sertifikasi yang bersifat *roundtabling* (seperti *Roundtable on Sustainable Biofuels*/RSB), misalnya, menuntut tingkat akuntabilitas, transparansi, dan inklusivitas yang tinggi dalam proses penetapan standar dengan struktur multi-pemangku kepentingan yang merepresentasikan tujuh kamar *stakeholder*, termasuk petani, industri, dan berbagai kelompok masyarakat sipil, dengan pengambilan keputusan yang diupayakan melalui konsensus. Namun, upaya untuk mencapai *good practice* dalam penetapan standar dan manajemen ini justru menciptakan sistem tata kelola dan prosedur yang semakin kompleks (Ponte, 2013).

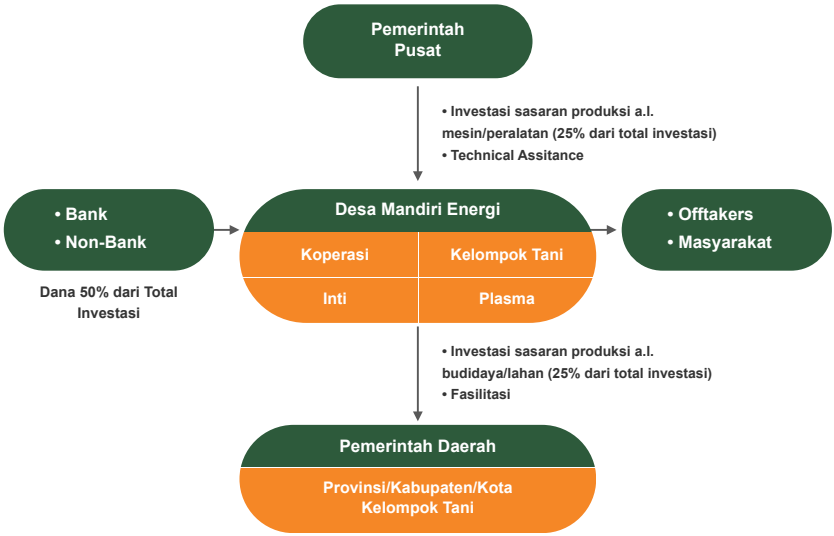
Kerumitan ini memperlambat proses, menambah biaya, dan dapat menimbulkan kelelahan pada pemangku kepentingan. Akibatnya, hal ini membuka ruang bagi munculnya inisiatif pesaing yang secara fundamental kurang demokratis, lebih cepat, dan lebih selaras dengan kepentingan industri. Contohnya, skema yang didorong secara komersial seperti *International Sustainability and Carbon Certification* (ISCC) yang dianggap hanya memberikan perhatian kosmetik (*shallow and cosmetic*) pada proses *roundtabling*. Skema-skema sertifikasi yang diimplementasikan cenderung lebih mudah mendiskriminasi pemain skala kecil (*small players*) dan aktor di Global Selatan, sehingga mengancam tujuan awal skema sertifikasi untuk menjadi instrumen tata kelola yang adil dan transparan (Ponte, 2013).

Untuk itu, reformasi kebijakan *biofuel* di Indonesia dalam aspek transparansi dan akuntabilitas harus dilakukan pada beberapa tingkatan. Pertama, kebijakan publik perlu disusun secara transparan dan partisipatif, berbasis riset kredibel, dengan akses publik terhadap distribusi insentif dan bahan bakar. Kedua, pemerintah perlu memilih standar keberlanjutan resmi dan menetapkan persyaratan minimum terkait prosedur, keberlanjutan ekosistem, partisipasi, transparansi, dan akuntabilitas dari inisiatif sertifikasi yang diakui. Ketiga, pengawasan internal dan eksternal harus dijalankan secara simultan melalui pengawasan internal untuk mencegah praktik curang dalam birokrasi, dan pengawasan eksternal melalui keterbukaan informasi kepada publik, termasuk industri dan negara tujuan ekspor.

Transparansi publik, yang dikelola oleh aktor independen seperti organisasi masyarakat sipil atau *think tank*, menjadi kunci untuk memastikan informasi tersedia, kredibel, dan dapat dipahami. Hal ini memungkinkan dampak keberlanjutan dihubungkan dengan komoditas, aktor, dan lokasi produksi, sekaligus memitigasi risiko dalam rantai pasok *biofuel*.



Gambar 5.2 Tata Kelola Biodiesel Nasional (Sumber: Kementerian ESDM, 2024)



Gambar 5.3 Model Pengembangan Desa Mandiri Energi (Sumber: Tim Nasional Pengembangan Bahan Bakar Nabati Untuk Percepatan Pengurangan Kemiskinan Dan Pengangguran, 2006)

5.4 Rekomendasi

Untuk memperkuat tata kelola dan menjalankan strategi pengembangan *biofuel* dalam kerangka transisi energi yang berkeadilan, diperlukan perubahan kebijakan yang terstruktur. Berikut beberapa rekomendasi yang dapat diambil untuk memperbaiki tata kelola dan pengembangan *biofuel* di Indonesia.

A. Pemerintah perlu melakukan koreksi atas kebijakan *biofuel* yang telah dilaksanakan, seperti program mandatori biodiesel (B40) dan pengembangan perkebunan tebu skala luas untuk produksi bioetanol.

Sejak 2006, Indonesia telah mengembangkan berbagai program *biofuel*, mulai dari pemanfaatan biodiesel, bioetanol, hingga uji coba penggunaan bioavtur. Namun, kebijakan-kebijakan ini cenderung disusun berdasarkan kondisi jangka pendek dan belum terintegrasi dalam skema nasional yang menjamin ketahanan energi. Setiap kebijakan yang dikeluarkan cenderung hanya sebagai respons atas situasi yang sedang terjadi dan diukur hanya dari perspektif ekonomi.

Contohnya, program mandatori biodiesel yang awalnya dirancang untuk menekan impor solar dan mengurangi risiko defisit neraca perdagangan, sementara pengembangan bioetanol difokuskan untuk menahan peningkatan konsumsi bensin yang terus meningkat. Dalam implementasinya, program ini terus dipacu tanpa pernah melihat ekses dari kebijakan tersebut dalam variabel yang lebih komprehensif, seperti persoalan lahan, lingkungan, konflik sosial, bahan baku, rantai pasok, teknologi, spesifikasi produk, segmen penggunanya, dan integrasi dengan pengembangan sumber energi lainnya. Akibatnya, pengembangan *biofuel* menghadapi berbagai masalah multidimensi.

Ke depan, pemerintah perlu mengoreksi kebijakan tersebut dengan menyusun arah pengembangan *biofuel* jangka panjang yang terintegrasi dengan strategi nasional ketahanan energi yang komprehensif. Peta jalan kebijakan harus jelas, melibatkan semua pemangku kepentingan, dan mempertimbangkan berbagai variabel teknis, sosial, dan ekologis untuk memastikan pengembangan *biofuel* tidak hanya memenuhi target kuantitatif, tetapi juga berkelanjutan dan berkeadilan.

B. Pemerintah fokus pada pengembangan *biofuel* untuk transportasi laut dan transportasi udara dengan teknologi tepat guna berbasis bahan baku yang berkelanjutan.

Pemanfaatan *biofuel* tidak dapat diterapkan secara seragam untuk semua moda transportasi karena setiap moda memiliki karakteristik dan kebutuhan teknis yang berbeda. Misalnya, biodiesel kurang layak untuk transportasi darat karena biaya produksinya tinggi dan karakteristik bahan bakar ini

belum mampu memenuhi spesifikasi mesin kendaraan yang bergerak dinamis di berbagai kondisi jalan. Dalam hal ini, kendaraan listrik lebih efisien dan sesuai dibandingkan biodiesel.

Sebaliknya, untuk transportasi laut, biodiesel terbukti lebih efektif dan layak digunakan. Oleh karena itu, pengembangan biodiesel sebaiknya diarahkan untuk sektor maritim. Sementara itu, bagi transportasi udara, pengembangan *Sustainable Aviation Fuel* (SAF) menjadi langkah strategis, sehingga pemerintah perlu membangun ekosistem industri yang mendukung produksi SAF skala besar dan berkelanjutan.

C. Pemerintah memperkuat pengembangan bahan baku dan rantai pasok *biofuel* yang berkelanjutan.

Pengembangan *biofuel*, baik generasi pertama maupun kedua, memerlukan ketersediaan bahan baku yang andal. Prioritas sebaiknya diberikan pada *biofuel* generasi kedua yang bersumber dari bahan non-pangan, limbah pertanian, limbah kehutanan, limbah rumah tangga, serta tanaman energi khusus lainnya yang tidak bersaing dengan kebutuhan pangan.

Pemanfaatan limbah dan residu sawit (palm residues) serta minyak jelantah (*Used Cooking Oil*/UCO) direkomendasikan karena memiliki intensitas karbon rendah dan tidak bersaing dengan pangan. Selain itu, pengembangan tanaman non-pangan sebagai bahan baku alternatif, seperti jarak pagar, nyamplung, kemiri sunan, atau malapari, terutama di lahan terdegradasi atau lahan kritis yang luas, dapat memenuhi kebutuhan energi sekaligus berfungsi sebagai upaya restorasi lanskap.

Rantai pasok bahan baku harus mematuhi prinsip keberlanjutan, sehingga penguatan standar keberlanjutan menjadi krusial. Standar minimum terkait kualitas prosedur dan akuntabilitas inisiatif sertifikasi diperlukan untuk mencegah dominasi skema yang hanya menguntungkan kepentingan industri. Untuk itu, pemerintah perlu menyelesaikan perumusan *Indonesian Bioenergy Sustainability Indicators* (IBSI) sebagai landasan penguatan *safeguard* dalam tata kelola *biofuel* yang berkelanjutan.

D. Pemerintah merancang kerangka pengembangan *biofuel* pada wilayah tertinggal, terdepan dan terluar yang tidak memiliki akses terhadap sumber energi.

Wilayah-wilayah dengan akses energi terbatas, seperti daerah tertinggal,

terdepan, dan terluar, harus menjadi prioritas dalam pengembangan *biofuel*. Daerah-daerah ini umumnya memiliki sumber bahan baku lokal yang cukup untuk mendukung produksi *biofuel* bagi kebutuhan masyarakat setempat. Misalnya, Kabupaten Kapuas Hulu di Provinsi Kalimantan Barat, sebuah wilayah perbatasan dengan akses jauh dari pusat pemerintahan provinsi dan topografi sungai yang kompleks. Masyarakat di sana sebagian besar bergantung pada transportasi sungai untuk kehidupan sehari-hari, memiliki akses bahan bakar terbatas, dan listrik yang belum merata, sehingga masih banyak yang menggunakan genset berbahan bakar minyak.

Kabupaten Kapuas Hulu sangat potensial untuk dikembangkan sebagai basis *biofuel* yang mendukung kebutuhan energi lokal. Bahan baku tersedia melimpah, termasuk biji karet yang dapat diolah menjadi biodiesel, serta tanaman energi khusus seperti jarak pagar yang dapat ditanam untuk menambah pasokan bahan baku. Banyak wilayah tertinggal, terdepan, dan terluar lainnya memiliki potensi serupa.

Oleh karena itu, pemerintah perlu menyusun kebijakan yang mendorong terbentuknya ekosistem pengembangan *biofuel* di wilayah-wilayah tersebut, sehingga *biofuel* dapat berperan penting dalam pemenuhan kebutuhan energi lokal sekaligus memberdayakan masyarakat setempat.

A. Pemerintah mengintegrasikan pengembangan *biofuel* dengan pengembangan perekonomian berbasis komunitas.

Berbeda dengan pengembangan BBM yang membutuhkan kegiatan eksplorasi dan eksploitasi berskala besar, teknologi tinggi, dan padat modal, pengembangan *biofuel* dapat dimulai dari level komunitas dengan memanfaatkan bahan baku lokal. Tanaman energi non-pangan, seperti biji karet, biji jarak, biji nyamplung, serta limbah pertanian, kehutanan, dan rumah tangga, merupakan contoh bahan baku yang dapat diproduksi langsung oleh komunitas.

Dari sisi pengolahan, *biofuel* tidak memerlukan kilang besar dan investasi masif seperti BBM fosil. Teknologi tepat guna memungkinkan produksi di tingkat lokal, sehingga rantai pasok, mulai dari penyediaan bahan baku, pengolahan, hingga distribusi, dapat dikelola secara berbasis komunitas.

Untuk mendukung ketahanan energi berbasis *biofuel* dan komunitas, pemerintah perlu merancang ekosistem kebijakan yang mendukung.

Program Desa Mandiri Energi (DME) dapat dijadikan instrumen untuk pengembangan *biofuel* berbasis komunitas, khususnya di wilayah tertinggal, terdepan, dan terluar yang akses energinya masih terbatas. Kebijakan ini sebaiknya diintegrasikan ke dalam Rencana Umum Energi Nasional (RUEN) dan Rencana Umum Energi Daerah (RUED), sekaligus diselaraskan dengan Rencana Pembangunan Jangka Menengah Nasional (RPJMN) dan Rencana Pembangunan Jangka Menengah Daerah (RPJMD).

B. Pemerintah mengembangkan mekanisme insentif berbasis ESG dan nilai tambah ekonomi.

Insentif merupakan salah satu instrumen utama dalam pengembangan *biofuel*, karena dapat membuat *biofuel* lebih ekonomis dan mampu bersaing dengan BBM konvensional yang tata kelolanya sudah mapan dan efisien. Untuk itu, penguatan ketahanan energi berbasis *biofuel* perlu didukung oleh kebijakan insentif, baik fiskal maupun non-fiskal.

Namun, insentif ini sebaiknya dikembangkan dengan berbasis pada indikator *Environment, Social, and Governance* (ESG) serta nilai tambah ekonomi (*value added*). Pemerintah perlu merancang instrumen yang mampu menilai aspek ESG dan kontribusi ekonomi dari setiap jenis *biofuel* di seluruh rantai pasok. Instrumen ini akan menjadi dasar untuk menentukan besaran insentif dan penerimaannya, sehingga pengembangan *biofuel* dapat selaras dengan kebijakan insentif yang tepat dan berkelanjutan.

C. Pemerintah melakukan penegakan hukum terhadap tata kelola insentif biodiesel sebagai instrumen pengendalian dan perbaikan tata kelola.

Selama satu dekade terakhir, pelaksanaan program mandatori pencampuran biodiesel tidak diiringi tata kelola yang memadai, khususnya terkait insentif. Program ini didukung oleh insentif yang diberikan melalui BPDP menggunakan dana perkebunan sawit. Insentif dialokasikan kepada BUBBN melalui penunjukan langsung dengan kontrak pengadaan tahunan, di mana pemerintah menutup selisih antara HIP Biodiesel dan HIP Solar.

Namun, dalam praktiknya banyak menimbulkan pelanggaran hukum, seperti penunjukan BUBBN sebagai pemasok biodiesel yang tidak transparan, penetapan HIP Biodiesel yang tidak kredibel sehingga insentif yang dibayarkan lebih tinggi dibanding harga pasar, serta munculnya konflik

kepentingan. Oleh karena itu, aparat penegak hukum perlu menindak pelanggaran tersebut.

Selain itu, pemerintah harus memperbaiki tata kelola program insentif biodiesel agar menjadi lebih transparan dan akuntabel, dengan dasar penilaian berbasis indikator ESG dan nilai tambah ekonomi.

[IESR]

[IESR]

[Wicak Baskoro/Landscape Alliance]

BAB 6

PENUTUP

BAB VI. PENUTUP

Biofuel memiliki peran strategis dalam memperkuat ketahanan energi di Indonesia dalam berbagai aspek. *Biofuel* dapat mengisi ruang penyediaan energi terbarukan dalam program transisi energi menuju *net zero emission* pada 2060. Perbaikan tata kelola, rantai pasok, dan kebijakan menjadi kunci dalam pencapaian visi awal pengembangan *biofuel* oleh pemerintah, yaitu mendukung ketahanan energi dan mendorong pembangunan perdesaan.

Sebagai sumber energi terbarukan, peran *biofuel* tidak hanya memperkuat bauran energi, tetapi juga mendorong pengembangan ekonomi yang lebih inklusif. Berbeda dengan BBM konvensional yang membutuhkan teknologi tinggi dan investasi besar, *biofuel* memungkinkan ekosistem industri yang lebih partisipatif. Pelibatan komunitas dalam rantai pasok menjadi kunci penting dalam pengembangan *biofuel*.

Komunitas dapat menjadi aktor utama dalam penyediaan bahan baku. Pemanfaatan bahan baku generasi kedua, seperti limbah dan residu sawit, minyak jelantah (*Used Cooking Oil*/UCO), serta tanaman non-pangan seperti biji karet, jarak pagar, nyamplung, kemiri sunan, dan malapari, sangat potensial dikembangkan oleh komunitas. Hal ini tidak hanya menyediakan sumber energi, tetapi juga menciptakan peluang ekonomi baru yang bernilai tambah tinggi, mempercepat inklusivitas ekonomi dan pembangunan lokal.

Dalam rantai industri, *biofuel* juga menjadi solusi untuk memperkuat ketahanan energi di wilayah tertinggal, terluar, dan terdepan yang akses energinya masih terbatas. Wilayah-wilayah ini harus menjadi target prioritas dalam strategi pengembangan *biofuel*.

Selain itu, pemerintah perlu fokus pada pengembangan *biofuel* untuk transportasi laut dan udara. Kedua moda ini lebih layak menggunakan *biofuel* dibanding transportasi darat. Penyusunan peta jalan jangka panjang untuk sektor ini menjadi panduan strategis dalam pengembangan *biofuel* nasional.

Aspek teknologi menjadi faktor krusial. Berbagai pilihan teknologi tersedia, sehingga pemerintah harus mampu mengembangkan teknologi tepat guna sesuai jenis *biofuel*, target pengguna, dan ekosistem pengembangan. Kesalahan dalam pemilihan teknologi akan membuat pengembangan *biofuel* tidak efisien.

Keberlanjutan menjadi pilar utama dalam pengembangan *biofuel*. Sistem sertifikasi keberlanjutan harus segera dibangun sebagai instrumen pasar penting dalam rantai pasok. Tata kelola harus berbasis ESG dan nilai tambah ekonomi, yang menjadi dasar bagi perancangan sistem insentif.

Terakhir, pemerintah harus memastikan tata kelola program *biofuel* berjalan dengan baik. Semua aspek akuntabilitas dan transparansi harus dijalankan secara konsisten, jauh dari konflik kepentingan, agar potensi dan nilai tambah ekonomi dari pengembangan *biofuel* dapat dioptimalkan dan manfaatnya terdistribusi secara lebih inklusif.

Jika semua aspek ini dikelola dengan baik, *biofuel* di Indonesia dapat menjadi arus utama dalam memperkuat ketahanan energi dan mendukung transisi energi berkeadilan dan inklusif. Pada akhirnya, tantangan bukan semata-mata apakah Indonesia mampu mengembangkan industri *biofuel*, melainkan apakah pemerintah memiliki komitmen untuk memastikan pengembangannya dilakukan secara berkelanjutan, transparan dan memberikan manfaat yang lebih luas bagi masyarakat. Keberhasilan transisi *biofuel* ditentukan keberanian memperkuat tata kelola dan memastikan bahwa efisiensi ekonomi berjalan seiring dengan keadilan sosial dan perlindungan lingkungan. Pertanyaannya, apakah pemerintah bersedia melaksanakan rekomendasi ini untuk mewujudkan pengembangan *biofuel* yang berkontribusi pada ketahanan energi dan inklusivitas ekonomi? Semoga pemerintah berkenan dengan semua rekomendasi tersebut untuk mewujudkan pengembangan *biofuel* yang berkontribusi terhadap ketahanan energi dan inklusivitas ekonomi.

DAFTAR PUSTAKA

350.org Indonesia dan CELIOS. (2024). Peluang dan Tantangan Pendanaan Energi Terbarukan Berbasis Komunitas. https://celios.co.id/wp-content/uploads/2024/12/Peluang_dan_Tantangan_Pendanaan_energi_terbarukan_Berbasis_Komunitas_compressed_aa222bb374.pdf

Aatola, H., Larmi, M., Sarjovaara, T., & Mikkonen, S. (2008, April 14–17). *Hydrotreated vegetable oil (HVO) as a renewable diesel fuel: Trade-off between NO_x, particulate emission, and fuel consumption of a heavy duty engine* (SAE Technical Paper No. 2008-01-2500). *SAE International.* https://doi.org/10.4271/2008-01-2500

Agrawal, A., & Ribot, J. (1999). Accountability in decentralization: A framework with South Asian and West African cases. Journal of Developing Areas, 33(4), 473-502.

Aguiar, D.R.D., Taheripour, F., Silva, D.A.L. (2025). Ethanol fuel in Brasil: policies and carbon emission avoidance. *Biofuels, 16*(3), 248–258. https://doi.org/10.1080/17597269.2024.2405765.

Agung, F. (2025). Program B40 Berjalan, Aprobi Beberkan Tantangan Harga. https://industri.kontan.co.id/news/program-b40-berjalan-aprobi-beberkan-tantangan-harga

A'ini, Y., & Jannah, W. (2016). Pengaruh Penurunan Harga Karet Mentah Terhada Daya Beli Masyarakat di Pasar Desa Pasir Jaya. Jurnal Ilmiah Cano Ekonomos, 5(2), 125–132

Aliansi Masyarakat Adat Nusantara (AMAN). (2025). *Pembukaan kawasan hutan untuk proyek strategis nasional (PSN) di sektor pangan dan energi dan ancamannya terhadap hak masyarakat adat atas hutan adat.* https://www.aman.or.id/files/publication-documentation/10571POLICY

Andersen, S.P., Allen, B., Domingo, G.C. (2021). Biomass in the EU Green Deal: Towards consensus on the use of biomass for EU bioenergy. Policy report, Institute for European Environmental Policy (IEEP). https://ieep.eu/wp-content/uploads/2022/12/Biomass-in-the-EU-Green-Deal.pdf.

Amir, S., Nurlaila, I., & Yuliar, S. (2008). Cultivating energy, reducing poverty: Biofuel development in an Indonesian village. *Perspectives on Global Development and Technology, 7*(2), 113–132. https://doi.org/10.1163/156914908X318474

Amnesia. (2025). Sepanjang Tahun 2024, Ini Jumlah Konflik Agraria di Indonesia. https://amnesia.id/sepanjang-tahun-2024-ini-jumlah-konflik-agraria-di-indonesia/

Anggraini, N. (2025). New Study: Community biofuels could help Indonesia meet energy goals without ecological damage. https://changemakr.asia/new-study-community-biofuels-could-help-indonesia-meet-energy-goals-without-ecological-damage/

Antara News. (2021). Survei temukan Presiden jadi pemimpin opini utama terkait biodiesel. https://www.antaranews.com/berita/1994620/survei-temukan-presiden-jadi-pemimpin-opini-utama-terkait-biodiesel?

Antwi, S.H., & Ley, D. (2021). Renewable energy project implementation in Africa: Ensuring sustainability through community acceptability. Scientific African 11 (2021) e00679. https://doi.org/10.1016/j.sciaf.2020.e00679.

Artati, Y., Jaung, W., Juniwaty, K. S., Andini, S., Lee, S. M., Segah, H., & Baral, H. (2019). Bioenergy production on degraded land: Landowner perceptions in Central Kalimantan, Indonesia. *Forests, 10*(2), 99. https://doi.org/10.3390/f10020099

ASEAN Secretariat. (2025). *Promoting the production of sustainable aviation fuels from agricultural waste in the ASEAN region.* https://asean.org/wp-content/uploads/2025/04/12634962-RPT-6-Techno-Economic-Assessment-Final-Report_April-2025.pdf

Asosiasi Produsen Biofuel Indonesia. (2024). *Mengenal biodiesel lebih jauh.* APROBI. https://www.aprobi.or.id

Asosiasi Petani Tebu Rakyat Indonesia (APTRI). (2025). *Petani tebu dukung program BBM E10, minta jaminan pasar etanol dan gula.* Kompas. https://money.kompas.com/read/2025/10/13/104134626/petani-tebu-dukung-program-bbm-e10-minta-jaminan-pasar-etanol-dan-gula

Atabani, A. E., Silitonga, A. S., Ong, H. C., Mahlia, T. M. I., Masjuki, H. H., Badruddin, I. A., & Fayaz, H. (2013). Non-edible vegetable oils: A critical evaluation of oil extraction, fatty acid compositions, biodiesel production, characteristics, engine performance and emissions production. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 18, 211-245.

AUC-ECA. (2013). Africa bioenergy policy framework and guidelines: Towards harmonizing sustainable bioenergy development in Africa. https://au.int/sites/default/files/documents/32183-doc-africa_bioenergy_policy-e.pdf.

Auriga. (2024). *Politically exposed person dalam jejaring biodiesel Indonesia.* https://auriga.or.id/report/download/id/report/110/politically_exposed_persons_dalam_jejaring_biodiesel_indonesia_fin_id.pdf

Auriga Nusantara. (t.t.). Kebijakan subsidi biodiesel Indonesia minim transparansi, keberadaan PEP di korporasi melanggengkannya? https://auriga.or.id/press_release/detail/51/kebijakan-subsidi-biodiesel-indonesia-minim-transparansi-keberadaan-pep-di-korporasi-melanggengkannya?lang=id

Authority (FELDA). Middle-East Journal of Scientific Research 22 (1): 18-25. https://www.idosi.org/mejsr/mejsr22(1)14/3.pdf

Auzani, A., Hidayat, J., Purba, E., Putra, M., Nugroho, Y., Setiapraja, H., & Suryantoro, M. (2025). High-concentration palm biodiesel fuel filtration: a comparative analysis of existing filtration systems and design of a cross-flow ceramic membrane filter rig for marine diesel engines. *Journal of Physics: Conference Series.* 3103. https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1742-6596/3103/1/012008

Awaliyah, N.N., Iranto, D., Mukhtar, S. (2024). Policy analysis of European Union Deforestation Regulation (EUDR) on Indonesian palm oil exports. *Proceeding of International Student Conference on Business, Education, Economics, Accounting, and Management, 1*(1), 501–510. https://doi.org/10.21009/isc-beam.011.34

Badan Pengelola Dana Perkebunan Kelapa Sawit. (2024). Laporan Tahunan Badan Pengelola Dana Perkebunan Kelapa Sawit.

Badan Pengelola Dana Perkebunan (BPDP). (2016). *Annual Report 2016.* https://www.bpdp.or.id/annual-report-bpdpks-tahun-2016

Badan Pengelola Dana Perkebunan (BPDP). (2018). *Annual Report 2018.* http://www.bpdp.or.id/annual-report-bpdpks-tahun-2018

Badan Pengelola Dana Perkebunan (BPDP). (2020). *Annual Report 2020.* https://www.bpdp.or.id/annual-report-bpdpks-tahun-2020

Badan Pengelola Dana Perkebunan (BPDP). (2022). *Laporan kinerja 2022.* https://www.bpdp.or.id/laporan-kinerja-bpdpks-2022

Badan Pengelola Dana Perkebunan (BPDP). (2023). *Laporan kinerja 2023.* http://www.bpdp.or.id/laporan-kinerja-bpdpks-2023

Badan Pengelola Dana Perkebunan (BPDP). (2023). *Mitos dan fakta industri minyak sawit Indonesia dalam isu sosial, ekonomi dan lingkungan global.* https://www.bpdp.or.id/uploads/2025/Mitos%20Fakta%20Ed.%204_rev%20200323.pdf

Badan Pengelola Dana Perkebunan (BPDP). (2024). *Annual Report 2024.* https://www.bpdp.or.id/annual-report-bpdpks-tahun-2024

Badan Pengelola Dana Perkebunan (BPDP). (2024). *Laporan kinerja 2024.* https://www.bpdp.or.id/uploads/2025/LAPORAN_KINERJA_BPDPKS_TAHUN_2024.pdf.pdf

Badan Pengelola Dana Perkebunan (BPDP). (2025). *Kelapa sawit sebagai pahlawan devisa Indonesia.* https://www.bpdp.or.id/kelapa-sawit-sebagai-pahlawan-devisa-indonesia

Badan Standardisasi Nasional. (2024, 6 Mei). *BSN siap dukung upaya industri penerbangan berkelanjutan dengan sertifikasi SAF*. BSN. https://www.bsn.go.id/main/berita/detail/19271/bsn-siap-dukung-upaya-industri-penerbangan-berkelanjutan-dengan-sertifikasi-saf

Baker, E., Carley, S., Castellanos, S., Nock, D., Bozeman, J., Konisky, D., Monyei, C., Shah, M., & Sovacool, B. (2023). Metrics for Decision-Making in Energy Justice. *Annual Review of Environment and Resources,* 48, 737-760. https://research-hub.nrel.gov/en/publications/metrics-for-decision-making-in-energy-justice/

Baral H, Sears R.R., Brady, M., Meybeck, A., Gitz, V., Njenga, M., Li, Y., Duguma, L.A., Lopez, A., & Martius, C. (2021). Biomass, Bioenergy and Biomaterials. FTA Highlights of a Decade 2011-2021 series. Highlight No. 8. Bogor, Indonesia: The CGIAR Research Program on Forests, Trees and Agroforestry (FTA). https://doi.org/10.17528/CIFOR/008218

Baral H, Leksono, B., & Seol, M. (2022). Bioenergy for landscape restoration and livelihoods: Re-creating energysmart ecosystems on degraded landscapes. Bogor, Indonesia: CIFOR. https://doi.org/10.17528/cifor/008500

Baral H, Shin, S., & Murdiyarso, D. (2023). The critical nexus between bioenergy and land use. Bogor, Indonesia: Center for Global Sustainability, CIFOR-ICRAF, and IPB University. https://www.cifor-icraf.org/knowledge/publication/8970/

Barau, Salisu, A., & Said, I. (2016). From goodwill to good deals: FELDA land resettlement scheme and the ascendancy of the landless poor in Malaysia. Land Use Policy, 54: 423-431.

Basri, F., & Gatot. A. (2020). Kajian Makroekonomi Biodiesel. Jakarta: Indonesia.

Basri, F. & Putra, G.A. (2020). *Kajian makroekonomi biodiesel.* https://www.greenpeace.org/static/planet4-indonesia-stateless/2020/11/a4239ee6-kajian-makroekonomi-biodiesel_baca-digital_final_lores.pdf

Bauner, D., Bennet, P., Biramo, I., Buffi, M., Davies, A., Ekbom, T., Harahap, F., Oliveira, D., Samavati, M., Thomsen, S., Urban F., Walsh, T. (2025). *Lowering Hinders for Maritime Biofuels.* IEA Bioenergy. ISBN# 979-12-80907-52-3.

BBC Indonesia. (2025, Oktober 11). *Kebijakan 10% etanol pada BBM dikhawatirkan memperparah deforestasi dan konflik lahan.* https://www.bbc.com/indonesia/articles/ced5qvp2q3go

Betahita. (2025). *BPDPKS, Sang Juru Bayar Sawit yang Terpeleset.* https://papua.betahita.id/news/detail/11370/bpdpks-sang-juru-bayar-sawit-yang-terpeleset.html?v=1756691263

Bezerra, L.G., Gomes, G., Rodrigues, V. (2025). Renovabio: Biomass producers to receive revenue from the sale of CBIOs. https://www.tauilchequer.com.br/en/insights/publications/2025/01/renovabio-biomass-producers-to-receive-revenue-from-the-sale-of-cbios.

Bloomberg Technoz. (2025). Update Megaproyek Bioetanol di Merauke: Bebas Cukai, Pakai *EBT.* https://www.bloombergtechnoz.com/detail-news/84991/update-megaproyek-bioetanol-di-merauke-bebas-cukai-pakai-ebt. Diakses pada 30 Oktober 2025

Bobade, S. N., & Khyade, V. B. (2012). Detail study on the properties of Pongamia pinnata (Karanja) for the production of biofuel. *Research Journal of Chemical Sciences, 2*(7), 16–20.

Borras, S. M., & Franco, J. C. (2012). Global land grabbing and trajectories of agrarian change. Journal of Agrarian Change, 12(1), 34-59.

Brady M, Sharma, S., Baral, H., & Nasi, R. (2023). Bioenergy sustainability in the global South: constraints and opportunities. Occasional Paper 2. Bogor, Indonesia: CIFOR (Center for International Forestry Research); and Nairobi, Kenya: World Agroforestry (ICRAF). https://doi.org/10.17528/cifor-icraf/008846

BRIN. (2023). *Potensi bioavtur untuk bahan bakar pesawat terbang.* https://brin.go.id/reviews/115393/potensi-bioavtur-untuk-bahan-bakar-pesawat-terbang

Brooks, K.P., Snowden-Swan, L.P., Jones, S.B., Butcher, M.G., Lee, G.S.J., Anderson, D.M., Frye J.G., Holladay, J.E., Owen, J., Harmon, L., Burton, F., Palou-Rivera, I., Plaza, J., Handler, R., Shonnard, D. Chapter 6 - Low-Carbon Aviation Fuel Through the Alcohol to Jet Pathway. Biofuels for Aviation. 100-150. https://doi.org/10.1016/B978-0-12-804568-8.00006-8.

Bronkhorst E, Cavallo E, van Dorth tot Medler M-M, Klinghammer S, Smit HH, Gijsenbergh A, van der Laan C. 2017. Current practices and innovations in smallholder palm oil finance in Indonesia and Malaysia: Long-term financing solutions to promote sustainable supply chains. Occasional Paper 177. Bogor, Indonesia: CIFOR.

Buffi, M., & Matola, V. (2023). Feedstock production on marginal and contaminated land. Joint Research Centre (JRC) the European Commission, Future Biogas and Consorzio Italiano Biogas (CIB). https://bip-europe.eu/wp-content/uploads/2023/12/BIP-TF3.2-EU-wide-potential-assessment-for-feedstock-Dec2023-1.pdf.

Buragohain, B., Mahanta, P., & Moholkar, V.S. (2010). Biomass gasification for decentralized power generation: The Indian perspective. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 14(1), 2010, 73-92. https://doi.org/10.1016/j.rser.2009.07.034.

Bustomi, S.; Rostiwati, T.; Sudradjat, R.; Kosasih, A.S.; Anggraeni, I.; Leksono, B.; Irawanti, S.; Kurniaty, R.; Syamsuwida, D.; Effendi, R.; et al. Nyamplung (Calophyllum inophyllum L.) Sumber Energi Biofuel Yang Potensial; Kementerian Kehutanan: Jakarta, Indonesia, 2008

Cahyono, E. (2022). *Ekspansi perkebunan sawit dari mistifikasi ke pusaran politik land grabbing*. https://sajogyo-institute.org/wp-content/uploads/2022/03/Eko-c-Ekspansi-Sawit-dan-LandGrabbing-Buku-Sengkarut-Agraria-Sawit-2020.pdf

Calvin, Y.L., Hariyanto, P.A.T., Usman, A.I., Masuku,M., Wibowo, C.S., Maymuchar, Anggarani, R., Fathurrahman, N.A., Sugiarto, B. (2021). Volatility and physicochemical properties of gasoline-ethanol blends with gasoline RON-based 88, 90, and 92. *Fuel*, 307, https://doi.org/10.1016/j.fuel.2021.121850

Casa. (2022). Carbon finance for smallholder farmers and agribusinesses: Analytical briefing on agroforestry solutions. https://casaprogramme.com/wp-content/uploads/2024/06/TechnoServe-December-2022-Carbon-Finance-for-Smallholder-Farmers-and-Agribusinesses-Analytical-briefing-on-agroforestry-solutions-CASA.pdf.

CBI. (2025). Brasil sustainable debt state of the market report H1 2025. Climate Bonds Initiative. https://www.climatebonds.net/files/documents/publications/Brasil_Sustainable_Debt_H1_2025_02A.pdf.

Center for International Forestry Research and World Agroforestry. (2025). *Sustainable Community-based Reforestation and Enterprises (SCORE): achieving climate and livelihood goals through locally appropriate forest landscape restoration models in Indonesia*. 2024 Fourth Technical Report. Bogor, Indonesia: Center for International Forestry Research and World Agroforestry (CIFOR-ICRAF). Unpublished.

Charoenrit, P.P., Jatuporn, C., Pantavisid, S., Suvanvihok, V., Rueangrit, P. (2021). Testing for price transmission in Thailand's oil palm and palm oil markets: An empirical study using time series analysis. Int. J. Agr. Ext. 09 (03) 2021. 451-459. DOI: 10.33687/ijae.009.03.3656.

Chaudhary, V.P., Chandra, R., Denis, D.M., D'Silva, T.C., Isha, A. (2022). Agri-biomass-based bio-energy supply model: An inclusive sustainable and circular economy approach for a self-resilient rural India. https://doi.org/10.1002/bbb.2373.

Chin, M. (2011). Biofuels in Malaysia: an analysis of the legal and institutional framework. Working Paper 64. CIFOR, Bogor, Indonesia.

Clemens, H., Bailis, R., Nyambane, A., Ndung'u, V. (2018). Africa Biogas Partnership Program: A review of clean cooking implementation through market development in East Africa. Energy for Sustainable Development, 46, 23-31. https://doi.org/10.1016/j.esd.2018.05.012.

Climate Transparency Report Philippines. (2020). https://www.climate-transparency.org/wp-content/uploads/2021/01/Philippines-CT-2020.pdf

Coherent, M.I. (2025). Brasil flexfuel cars market size and share analysis: Growth trends and forecasts (2025-2032). https://www.coherentmi.com/industry-reports/Brasil-flexfuel-cars-market.

Cotula, L. (2010). *Land tenure issues in agricultural investment* (SOLAW Background Thematic Report No. TR05B). Food and Agriculture Organization of the United Nations. https://www.fao.org/fileadmin/templates/solaw/files/thematic_reports/TR_05B_web.pdf

CPI. (2016). Flex cars and competition in fuel retail markets. Climate Policy Initiative. https://climatepolicyinitiative.org/wp-content/uploads/2017/08/WorkingPaper_Flex_Cars_CPI_final.pdf.

Creswell, J. W., & Creswell, J. D. (2023). *Research Design: Qualitative, Quantitative, and Mixed Methods Approaches*. Sage. https://www.ucg.ac.me/skladiste/blog_609332/objava_105202/fajlovi/Creswell.pdf

Dewan Pertimbangan Presiden. (2025). Bahlil Kaji Pengembangan BBM Mengandung Etanol 10%.https://wantimpres.go.id/id/newsflows/bahlil-kaji-pengembangan-bbm-mengandung-etanol-10/

Dewi, N.C., Yunus, L., Arif, K. (2024). Pola kemitraan perusahaan kelapa sawit dengan petani di Kecamatan Wiwirano Kabupaten Konawe Utara (Studi kasus PT. Damai Jaya Lestari). *Jurnal AGRIBIS*, 10(1), 9-20. https://doi.org/10.36563/agribis.v10i1.1012

Deutsche Welle. (2025). Proyek bioetanol Prabowo dinilai berisiko bagi hutan Papua. https://amp.dw.com/id/ambisi-bioetanol-prabowo-bawa-ancaman-risiko-ekologis-papua/a75212418. Diakses pada 30 Oktober 2025

DFDL. (2024). Malaysia's progress in green investment: A general overview. Energy, Natural Resources and Infrastructure. https://www.dfdl.com/insights/legal-and-tax-updates/malaysias-progress-in-green-investment-a-general-overview/.

Dharmawan, A.H., Fauzi, A., Putri, E.I.K., Pacheco, P., Dermawan, A., Nuva, N., Amalia, R., Sudaryanti, D.A. (2020). Bioenergy policy: The biodiesel sustainability dilemma in Indonesia. *International Journal of Sustainable Development and Planning*, 15(4), 537-546. https://doi.org/10.18280/ijsdp.150414

Dimitriadis, A., Natsios, I., Dimaratos, A., Katsaounis, D., Samaras, Z., & Bezergianni, S. (2018). *Evaluation of a hydrotreated vegetable oil (HVO) and effects on emissions of a passenger car diesel engine. Frontiers in Mechanical Engineering*, 4, 7. https://doi.org/10.3389/fmech.2018.00007

Dharmawan, A. H., Nuva, Sudaryanti, D. A., Prameswari, A. A., Amalia, R., & Dermawan, A. (2018). Pengembangan bioenergi di Indonesia: Peluang dan tantangan kebijakan industri biodiesel (Working Paper No. 242). Center for International Forestry Research (CIFOR). https://doi.org/10.17528/cifor/006890

Djaja, I., Yusuf, M.A., Rangga, N. (2025). Evaluation of land suitability for sugarcane (Saccharum officinarum L.) for sustainable land use district Jagebob Merauke Regency. *IOP Conference Series Earth and Environmental Science*, 1471(1). https://doi.org/10.1088/1755-1315/1471/1/01201

Djatmika, P., Listiningrum, P., Sumarno, T. B., Mahira, D. F., & Sianipar, C. P. M. (2024). Just Transition in Biofuel Development towards Low-Carbon Economy: Multi-Actor Perspectives on Policies and Practices in Indonesia. *Energies*, 17(1), 141. https://doi.org/10.3390/en17010141

Du, X., & Carriquiry, M.A. (2013). Flex-fuel vehicle adoption and dynamics of ethanol prices: Lessons from Brasil. Energy Policy, 59, 507-512. https://doi.org/10.1016/j.enpol.2013.04.008.

Dupoux, M., & Martens, D. (2025). Barriers to implementing EU green policies. Joint Research Centre, Publications Office of the European Union, Luxembourg. https://data.europa.eu/doi/10.2760/1709887.

Economic Research Institute for ASEAN and East Asia. (2024). *Developing biofuel-based road transport industry: Market penetration assessment of biodiesel (B100) and bioethanol (E100) as road transport fuels in Indonesia (ERIA Research Project Report FY2024 No. 13)*. https://www.eria.org/uploads/Developing-Biofuel-Based-Road-Transport-Industry.pdf

Edeh, I. (2021). Bioethanol production: *An overview. In Bioethanol Technologies. IntechOpen*. https://doi.org/10.5772/intechopen.94895

Eijck van, J., & Romijn, H. (2008). Prospects for Jatropha biofuels in Tanzania: An analysis with Strategic Niche Management. Energy Policy, 26 (2008) 311-325. https://doi.org/10.1016/j.enpol.2007.09.016.

Eijk van J. (2009). Case Study: The smallholder model of biofuel production in Tanzania. https://university.open.ac.uk/technology/mozambique/sites/www.open.ac.uk.technology.mozambique/files/pics/d128523.pdf.

Ekaputri, A.D., Gaveau, D.L.A., Heilmayr, R. (2025). Uneven participation of independent and contract smallholders in certified palm oil mill markets in Indonesia. *Commun Earth Environ*, 6, 721 (2025). https://doi.org/10.1038/s43247-025-02683-6.

El-Gendy, N.S., Madian, H.R., & Amr, S.S. (2013). Design and optimization of a process for sugarcane molasses fermentation by Saccharomyces cerevisiae using response surface methodology. Int J Microbiol. 815631. https://doi.org/10.1155/2013/815631.

Enerdata. (2020). Biofuel evolution perspectives: *Conventional biofuels still cover most of global production. Executive Briefing. Enerdata*. https://d1owejb4br3l12.cloudfront.net/publications/executive-briefing/biofuel-evolution-per spectives.pdf

European Commission. (2019). *RED II Delegated Act on High ILUC-risk Feedstock*. https://www.ofimagazine.com/news/ec-publishes-redii-delegated-act-on-high-iluc-risk-feedstocks

EU. (2017). EU sustainability criteria for bioenergy. https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/BRIE/2017/608660/EPRS_BRI(2017)608660_EN.pdf.

EU. (2025). Bioenergy. Knowledge Centre for Biodiversity. https://knowledge4policy.ec.europa.eu/biodiversity/bioenergy_en.

EU. (2025). Commission simplifies rules on sustainability and EU investments, delivering over €6 billion in administrative relief. https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/ip_25_614.

FAO. (2010). Bioenergy and food security: The BEFS analytical framework. Rome: FAO.

FAO. (2012). Voluntary guidelines on the responsible governance of tenure of land, fisheries and forests. Rome: FAO.

FAO. (2013). Biofuels and the sustainability challenge: A global assessment of sustainability issues, trends and policies for biofuels and related feedstock. https://www.fao.org/4/i3126e/i3126e.pdf.

FAO. (2009). Small scale bioenergy initiatives: Brief description and preliminary lessons on livelihood impacts from case studies in Asia, Latin America and Africa. https://www.fao.org/4/i1273e/i1273e.pdf.

FAO. (2009). Case studies on bioenergy policy and law: options for sustainability. https://www.fao.org/4/i1285e/i1285e.pdf.

FAO. (2010). Bioenergy and food security: The BEFS analysis for Thailand. https://www.fao.org/fileadmin/user_upload/fsn/docs/BESF_Thailand.pdf.

FAO. (2012). Smallholders in global bioenergy value chains and certification: Evidence from three case studies. https://www.fao.org/4/i2597e/i2597e00.pdf.

Fatimah, Y. A. (2015). Fantasy, values, and identity in bioenergy innovation: Examining the promise of jatropha for Indonesia. *Energy Research & Social Science, 7*, 108–116. https://doi.org/10.1016/j.erss.2015.03.008

Fertahi, S., Elalami, D., Tayibi, S., Taarji, N., Lyamlouli, K., Bargaz, A., Oukarroum, A., Zeroual, Y., El Bouhssini, M., & Barakat, A. (2023). The current status and challenges of biomass biorefineries in Africa: A critical review and future perspectives for bioeconomy development. Science of The Total Environment, 870, 162001. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.162001.

FGV. (2013). Enriching values a continuous journey: Sustainability Report. FELDA Global Ventures Holdings Berhad. https://www.fgvholdings.com/wp-content/uploads/2020/02/Felda-Global-Ventures-Holdings-Berhad-Sustainability-Report-2013.pdf.

FGV. (2024). Harnessing potential: Annual Integrated Report 2024. FELDA Global Ventures Holdings Berhad. https://www.insage.com.my/BursaNews/Attachment/202504/20250430/FGV-AN20250430A1-1.pdf.

Filho, W.L., Wall, T., Williams, K., Dinis, M.A.P., Martin, R.A.F., Mazhar, M., & Gatto, A. (2025). European sustainability reporting standards: An assessment of requirements and preparedness of EU companies. Journal of Environmental Management, 380. https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2025.125008.

Finco, Alves. M, & Doppler, W. (2011). The Brasilian Biodiesel Program and Regional Development: Cases from Northern Brasil. *Redes. Revista do Desenvolvimento Regional* 16(3): 215-241.

Finco, Alves. M, & Doppler, W. (2011). The Brasilian Program of Biodiesel and its 'Pro-Poor' Strategy: Reality or Dream? A Multi-Dimensional Measurement of Poverty using Fuzzy Sets. *Quarterly Journal of International Agriculture* 50(2): 133-154.

Firdaus, A., Apriliyanti, I.D. (2024). *Menelusuri dinamika imaji kebijakan biofuel: Eksplorasi peran dan perspektif beragam aktor di Indonesia*. https://etd.repository.ugm.ac.id/penelitian/detail/248125

Fitchett, D. (1999). Bank for Agriculture and Agricultural Cooperatives (BAAC), Thailand (case study). Consultative Group to Assist the Poorest (CGAP). https://www.rfilc.org/wp-content/uploads/2020/08/1142961589282_Fitchett_BAAC_case_study.pdf.

Fortune Indonesia. (2025). APROBI tentang Rencana B50: Pasokan CPO Jadi Kendala Utama. https://www.fortuneidn.com/news/aprobi-tentang-rencana-b50-pasokan-cpo-jadi-kendalautama-00-my5jv-b8gt1p

Freitas, L.C., & Kaneko, S. (2011). Ethanol demand under the flex-fuel technology regime in Brasil. Energy Economics, 33(6), 1146-1154. https://doi.org/10.1016/j.eneco.2011.03.011.

Gabungan Pengusaha Kelapa Sawit Indonesia (GAPKI). (2024). *Kinerja industri minyak sawit tahun 2023 dan prospek tahun 2024*. GAPKI. https://gapki.id/news/2024/02/27/kinerja-industri-minyak-sawit-tahun-2023-prospek-tahun-2024/

Gabungan Pengusaha Kelapa Sawit Indonesia (GAPKI). (2017). Perkembangan Mandatori Biodiesel dan Prospek Indonesia dalam Pasar Biodiesel Dunia. https://gapki.id/news/2017/07/28/perkembangan-mandatori-biodiesel-dan-prospek-indonesia-dalam-pasar-biodiesel-dunia/

Gabungan Pengusaha Kelapa Sawit Indonesia (GAPKI). (2025). Produksi Dan Ekspor Naik, Stok Berkurang. https://gapki.id/news/2024/12/24/produksi-dan-ekspor-naik-stok-berkurang/

Gardner, Benzie, M., Borner, J., Dawkins, E., Ficks, S., ... et.al. (2019). Transparency and sustainability in global commodity supply chains. *World Development* 121, 163-177, https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2018.05.025

Gabisa, E.W., & Gheewala, S.H. (2025). Policy implications and recommendations for sustainable bioenergy development in Ethiopia. Sustainable Future, 9, 100612. https://doi.org/10.1016/j.sftr.2025.100612.

GGGI. Landscape analysis of BioCNG in India. The Global Green Growth Institute. https://gggi.org/wp-content/uploads/2021/10/Landscape-Report-of-BioCNG-in-India-GGGI-1.pdf.

Global Biofuels Alliance. (2025). Role of non-grain-based biofuels in India's energy transition. https://biofuelsalliance.com/assets/img/Role-of-NGB-Biofuels-in-India-energy-transition.pdf

Godara, G.S. (2025). Ethanol blending in India, ethanol blending programme (E20): Significance and issues. https://padhai.ai/blogs-padhai/india-ethanol-blending-ebp-e20-upsc.

Goodstats. (2024). Jumlah Letusan Konflik Agraria di Indonesia Terus Meningkat dalam 2 TahunTerakhir. https://goodstats.id/article/jumlah-letusan-konflik-agraria-di-indonesia-terus-meningkat-dalam-2-tahun-terakhir-sXICd

Grangeia, C., Santos, L., & Lazaro, L. (2022). The Brasilian biofuel policy (RenovaBio) and its uncertainties: An assessment of technical, socioeconomic and institutional aspects. *Energy Conversion and Management*, 13(100156). https://www.researchgate.net/publication/357115203_The_Brasilian_Biofuel_Policy_RenovaBio_and_its_uncertainties_an_assessment_of_technical_socioeconomic_and_institutional_aspects

Grasse, D. (2022). Oil Crops and Social Conflict: Evidence From Indonesia. *Journal of Conflict Resolution*, 66(9), 1663-1691. https://doi.org/10.1177/00220027221084826

Green Network Asia. (2023). *Membuka potensi bioenergi Indonesia dan JET-P sebagai pendorong rebranding*. https://greennetwork.id/opini/membuka-potensi-bioenergi-indonesia-dan-jet-p-sebagai-pendorong-rebranding/

Grimsby, L.K., Aune, J.B., Johnsen, F.H. (2012). Human energy requirements in Jatropha oil production for rural electrification in Tanzania. Energy for Sustainable Development, 16, Issue 3, 297-302. https://doi.org/10.1016/j.esd.2012.04.002.

Gunawan, S., & Hapsari, S. (2025). Phytochemistry and Biological Activities of *Calophyllum inophyllum*. In: Murthy, H.N. (eds) Bioactive Compounds in Mangroves and their Associates. Reference Series in Phytochemistry. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-031-63920-3_8-1

Hakim, M.L., Jannah, D.A., Fatah, A.N., Pradana, D.Y., Agustiani, Y.K., Jikhan, F.C. (2025). Peluang dan hambatan kebijakan biodiesel B50 dalam mewujudkan transisi energi nasional di Indonesia. *Journal of Social Contemplativa*, 3(2), 79–89. https://doi.org/10.61183/jsc.v3i2.101

Halimatussadiah, A., Nainggolan, D., Yui, S., Moeis, F.R., Siregar, A.A. (2021). Progressive biodiesel policy in Indonesia: Does the Government's economic proposition hold? *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 150. https://doi.org/10.1016/j.rser.2021.111431

Hanafiah, M.K., Abd Mutalib, A.H., Miard, P., Goh, C.S., Mohd Sah, S.A, & Ruppert, N. (2022). Impact of Malaysian palm oil on sustainable development goals: co-benefits and trade-offs across mitigation strategies. *Sustain Sci*. 2022;17(4):1639-1661. https://doi.org/10.1007/s11625-021-01052-4.

Hanafi, H., Susanto, H., Wahyuni, T., Mawardi, R., Cahyono, T., Susilawati, H. L., ... & Martini, T. (2024). Carbon sequestration potential of Tamanu (Calophyllum inophyllum) in Gunung Kidul, Yogyakarta. In *BIO Web of Conferences* (Vol. 99, p. 05004). EDP Sciences. https://doi.org/10.1051/bioconf/20249905004

Harun, E., & Ilham, J. (2014). Pemetaan Potensi dan Pemanfaatan Hybrid Energi Terbarukan dalam Menunjang Terwujudnya Desa Mandiri Energi di Provinsi Gorontalo. Universitas Negeri Gorontalo.

Hasan, F., Abdullah, I., Hidayat, A.N., & Buana, L. (2025). Menunda Kenaikan Tarif Layanan BPDPKS: Langkah Strategis di Tengah Ketidakpastian dan Tekanan Global. *Indef Policy Brief*. https://indef.or.id/wp-content/uploads/2025/05/022025_pb_sawit.pdf

Hashmi, M., Hameed, A. (2020). Bioethanol production from sugarcane molasses an industrial waste product. National Journal of Biological Sciences, 1(I). https://journals.wumardan.edu.pk/papers/01-23Muzna%20(6).pdf.

Herdiansyah, M., Mustarini, D. V., & Qadriina, I. (2024). Structuration, risk management, and institutional dynamics in resolving palm oil conflicts. *Open Agriculture*, 9(1), 287–300. https://doi.org/10.1515/opag-2022-0323

Hidayat, J. A. (2024). *Pengembangan cross flow sistem filtrasi bahan bakar biodiesel kelapa sawit B30 di Kapal Perang Republik Indonesia menggunakan ceramic membrane filter* [Disertasi, Universitas Indonesia]. Perpustakaan Universitas Indonesia.

Huda, M. (2025). Towards a Just Energy Transition in Southeast Asia. Yusof Ishak Institute, 35. https://www.iseas.edu.sg/wp-content/uploads/2025/04/ISEAS_Perspective_2025_35.pdf

Human Rights Watch. (2019). *When We Lost the Forest, We Lost Everything: Oil Palm Plantations and Rights Violations in Indonesia*. https://www.hrw.org/report/2019/09/23/when-we-lost-forest-we-lost-everything/oil-palm-plantations-and-rights-violations

Hunicz, J., Krzaczek, P., Geca, M., Rybak, A., & Mikulski, M. (2021). Comparative study of combustion and emissions of diesel engine fuelled with FAME and HVO. *Combustion Engines*, 184(1), 72-78. https://www.combustion-engines.eu/pdf-135066-63542?filename=Comparative%20study %20of.pdf

Hunsberger, C., German, L., & Goetz, A. (2017). Unbundling the biofuel promise: Querying the ability of liquid biofuels to deliver on socio-economic policy expectations. Energy Policy, 108, 791-805. https://doi.org/10.1016/j.enpol.2017.04.017

ICEED. (2009). Biofuels in Africa: A pathway to development. International Research Center for Energy and Economic Development.

IDEAS. (2020). Structural changes and the prospects for FELDA. https://shop.freiheit.org/download/P2@1001/373373/2020-09-10%20GLC_Brief%20IDEAS_Structural%20Changes%20and%20the%20Prospect%20for%20FELDA.pdf.

IDSCIPUB. (2024).Uni Eropa Batasi Sawit, Ekonomi Indonesia Kena Imbas. https://idscipub.com/kebijakan-uni-eropa-sawit-indonesia/

IEA. (2023). *Global EV Outlook*. International Energy Agency. https://www.iea.org/reports/global-ev-outlook-2023

IEA Bioenergy. (2009). Bioenergy: The impact of indirect land use change. https://www.ieabioenergy.com/wp-content/uploads/2013/10/ExCo63-Indirect-land-use-change-summary-and-conclusions1.pdf.

IEA Bioenergy. (2016). Bioenergy feedstock production on grasslands and pastures: Brasilian experiences and global outlook. https://www.ieabioenergy.com/wp-content/uploads/2018/01/IEA-Bioenergy-Task-43-TR20 16-06.pdf.

IEA Bioenergy. (2021). Implementation of bioenergy in India. https://www.ieabioenergy.com/wp-content/uploads/2021/11/CountryReport2021_India_final.pdf.

IEA Bioenergy. (2023). Assessment of successes and lessons learned for biofuels deployment. https://www.ieabioenergy.com/wp-content/uploads/2022/08/IEABio_LLBF_WP1report_final.pdf.

IEA Bioenergy. (2024). Implementation of bioenergy in Brasil: 2024 update. https://www.ieabioenergy.com/wp-content/uploads/2024/12/CountryReport2024_Brasil_final.pdf.

IESR. (2021). Critical review on the biofuel development policy in Indonesia. https://iesr.or.id/wp-content/uploads/2021/05/Critical-review-on-biofuel_IESR040521.pdf.

IIED. (2007). Biofuels: Strategic choices for commodity dependent developing countries. https://www.iied.org/sites/default/files/pdfs/migrate/G02587.pdf.

IIED. (2009). Biofuels in Africa: Growing small-scale opportunities. https://www.iied.org/sites/default/files/pdfs/migrate/17059IIED.pdf.

Igwebuike, C. M., Awad, S., & Andrès, Y. (2024). Renewable energy potential: *Second-generation biomass as feedstock for bioethanol production. Molecules*, 29(7), 1619. https://doi.org/10.3390/molecules29071619

Ikbal, M., Alfitri, A., Putra, R., Thamrin, M.H., Adam, R. (2025). Analisis kebijakan kelapa sawit dan implikasi terhadap keberlanjutan ekologis. *Jurnal Locus: Penelitian dan Pengabdian*, 4(9), 9062–9078. https://doi.org/10.58344/locus.v4i9.4858

Institute for Essential Services Reform (IESR). (2021). Critical Review on the Biofuel Development Policy in Indonesia. *Study Report*. https://iesr.or.id/wp-content/uploads/2021/05/Critical-review-on-biofuel_IESR040521.pdf

Institute for Essential Services Reform (IESR). (2022). Governance Challenges in Indonesia's Energy Transition. https://ieefa.org/articles/governance-challenges-indonesias-energy-transition

Institute for Essential Services Reform (IESR). (2024). Indonesia Energy Transition Outlook 2024. Jakarta: Institute for Essential Services Reform. https://iesr.or.id/wp-content/uploads/2024/12/Indonesia-Energy-Transition-Outlook-2025-Digital-Version.pdf

International Air Transport Association. (2025). *What is Sustainable Aviation Fuel (SAF)*. Retrieved from https://www.iata.org/en/programs/sustainability/sustainable-aviation-fuels/

International Council on Clean Transportation. (2021). *Potential biofuel production pathways in Indonesia: Overview of processes, feedstocks, and types of fuel.* https://theicct.org/publication/potential-biofuel-production-pathways-in-indonesia-overview-of-processes-feedstocks-and-types-of-fuel/

International Council on Clean Transportation (ICCT). (2021). *Peluang pemanfaatan limbah lemak dan minyak sebagai bahan baku untuk biodiesel dan renewable diesel di Indonesia*. https://theicct.org/wp-content/uploads/2021/06/Waste-fats-and-oils-biodiesel-indonesia-bh-mar2021.pdf

International Council on Clean Transportation (ICCT). (2022). *An estimate of current collection and potential collection of used cooking oil from major Asian exporting countries.* https://theicct.org/publication/asia-fuels-waste-oil-estimates-feb22/

International Council on Clean Transportation (ICCT). (2023).Producing high quality biodiesel from used cooking oil in Indonesia. https://theicct.org/publication/producing-high-quality-biodiesel-from-used-cooking-oil-in-indonesia-aug23

International Council on Clean Transportation (ICCT). (2025). *A fiscal incentive program to produce sustainable aviation fuel from used cooking oil in Indonesia*. https://theicct.org/publication/fiscal-incentive-program-to-produce-saf-from-used-cooking-oil-in-indonesia-oct25/

International Renewable Energy Agency (IRENA). (2022). Bioenergy for the energy transition Ensuring sustainability and overcoming barriers. Abu Dhabi: International Renewable Energy Agency. https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2022/Aug/IRENA_Bioenergy_for_the_transition_2022.pdf

International Renewable Energy Agency (IRENA). (2024). *Sustainable aviation fuels in Southeast Asia: A regional perspective on bio-based solutions*. https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2024/Dec/IRENA_Sustainable_aviation_fuel_Southeast_asia_2024.pdf

Instruksi Presiden Nomor 1 Tahun 2006 tentang Penyediaan dan Pemanfaatan Bahan Bakar Nabati (Biofuel).

IPCC. (2022). Climate Change 2022: Mitigation of Climate Change. Cambridge University Press.

IRENA. (2025). Bioenergy for Sustainable Development. https://www.ieabioenergy.com/wp-content/uploads/2017/01/BIOENERGY-AND-SUSTAINABLE-DEVELOPMENT_v20170105-cob-x.pdf

IRENA. (2025). Brasil's biofuel industry: Lessons, challenges and opportunities. International Renewable Energy Agency. Abu Dhabi. https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2025/Oct/IRENA_TEC_Brasil_biofuels_industry_2025.pdf.

JAM. (2022). The East African Regional Bioeconomy Strategy 2021/22-2031/32. https://faolex.fao.org/docs/pdf/eac227608.pdf.

Jaung, W., Wiraguna, E., Okarda, B., Artati, Y., Goh, C. S., Syahru, R., ... & Baral, H. (2018). Spatial assessment of degraded lands for biofuel production in Indonesia. *Sustainability*, 10(12), 4595. https://doi.org/10.3390/su10124595

Jelsma, I., Slingerland, M., Giller, K.E., Bijman, J. (2017). Collective action in a smallholder oil palm production system in Indonesia: The key to sustainable and inclusive smallholder palm oil?. Journal of Rural Studies, 54, 198-210. https://doi.org/10.1016/j.jrurstud.2017.06.005.

Jong, G., & Peters, M. (2025). Green Deal challenged: obstacles in sustainability reporting.https://www.projectivegroup.com/green-deal-challenged-obstacles-in-sustainability-reporting/

Karama, S. (2013). The miracle that never was: An exploratory study on the propagation of Jatropha in Kenya and its effect on smallholders. Master thesis in Sustainable Development at Uppsala University, No. 173, 40 pp, 30 ECTS/hp. https://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:682082/FULLTEXT01.pdf.

Kedir, M.F., Onchieku, M.J., Ntalikwa, J.S., & Mutta, D. (2022). Developing circular economy in Eastern Africa through liquid biofuels: cases of Ethiopia, Kenya and Tanzania. AFF Working Paper. African Forest Forum, Nairobi. https://www.researchgate.net/publication/368739237_DEVELOPING_CIRCULAR_ECONOMIES_IN_EASTERN_AFRICA_COUNTRIES_THROUGH_LIQUID_BIOFUELS_CASES_OF_ETHIOPIA_KENYA_AND_TANZANIA

Kedir, M.F., & Doris, M. (2025). Liquid biofuel production in Eastern Africa: The sustainability challenge of land and feedstock availability. Bionatural Journal, 2 (3). https://bionaturajournal.com/2024.01.04.21.html.

Kementerian ESDM. (2018). *Peraturan Pemerintah Nomor 79 Tahun 2014 tentang Kebijakan Energi Nasional*; Peraturan Presiden Nomor 22 Tahun 2017 tentang Rencana Umum Energi Nasional (RUEN); Peraturan Gubernur Jawa Barat Nomor 9 Tahun 2018 tentang Pembentukan Dewan Energi Daerah.

Kementerian ESDM. (2019). *Laporan Kinerja Sekretariat Jenderal Dewan Energi Nasional 2019. Kementerian ESDM*. Retrieved from https://www.esdm.go.id/assets/media/content/content-laporan-kinerja-setjen-den-2019.pdf.

Kementerian ESDM (2022). Indonesia Dorong Pemanfaatan Biofuel Demi Capai Transisi Energi yang Adil dan Merata. https://www.esdm.go.id/id/media-center/arsip-berita/indonesia-dorong-pemanfaatan-biofuel-demi-capai-transisi-energi-yang-adil-dan-merata

Kementerian ESDM. (2023). Program B35 Segera Diluncurkan Februari 2023. https://esdm.go.id/id/media-center/arsip-berita/menteri-esdm-program-b35-segera-diluncurkan-februari-2023-

Kementerian ESDM. (2023). Strategi Transisi Energi Indonesia Menuju Net Zero Indonesia. https://iesr.or.id/wp-content/uploads/2023/09/130923-DEK-IETD-IESR-ESDM.pdf

Kementerian ESDM. (2021). *Capaian kinerja sektor ESDM tahun 2021 & rencana 2022*. https://www.esdm.go.id/assets/media/content/content-capaian-kinerja-sektor-esdm-tahun2021-dan-rencana-tahun-2022.pdf

Kementerian ESDM. (2023). *Buku saku bioenergi*. https://ebtke.esdm.go.id/api/storage/2025/elibrary/file/xlYZhs1MO6_11022025023103.pdf

Kementerian ESDM. (2024). *RI punya 13 industri bioetanol, cuma 2 yang bisa ngolah jadi bensin*. CNBC Indonesia. https://www.cnbcindonesia.com/news/20240708153203-4-552720/ri-punya-13-industri-bioetanol-cuma-2-yang-bisa-ngolah-jadi-bensin

Kementerian ESDM. (2024). *Capaian Kinerja Sektor ESDM Tahun 2024*. https://esdm.go.id/assets/media/file/file-capaian-kinerja-sektor-esdm-tahun-2024.pdf

Kementerian ESDM. (2024). *Sukses dengan biodesel dan bioavtur, kini pemerintah uji coba bensin sawit*. https://www.esdm.go.id/id/media-center/arsip-berita/sukses-dengan-biodesel-dan-bioavtur-kini-pemerintah-uji-coba-bensin-sawit

Kementerian ESDM. (2024). Handbook of Energy & Economic Statistics of Indonesia. https://www.esdm.go.id/assets/media/content/content-handbook-of-energy-and-economicstatistics-of-indonesia-2024.pdf

Kementerian ESDM. (2025). *Pentingnya penambahan infrastruktur B40*. Majalah Sawit Indonesia. https://sawitindonesia.com/pentingnya-penambahan-infrastruktur-b40/

Kementerian ESDM. (2025). *Penerapan mandatori bioavtur 3 persen ditarget 2026*. Kompas. https://money.kompas.com/read/2025/02/18/195046826/penerapan-mandatori-bioavtur-3-persen-ditarget-2026.

Kementerian ESDM. (2025). ESDM: *implementasi biodiesel B40 terkendala penyimpanan dan transportasi*. Tempo. https://www.tempo.co/ekonomi/esdm-implementasi-biodiesel-b40-terkendala-penyimpanan-dan-transportasi-1209466

Kementerian ESDM. (2025). *ESDM target mandatori bioetanol 5 persen berlaku 2026, dimulai dari Jawa*. Kumparan. https://kumparan.com/kumparanbisnis/25507eJUGyR

Kementerian ESDM. (2025). *Kewajiban BBM campur bioetanol 5% ditargetkan berlaku tahun depan*. Detikcom. https://finance.detik.com/energi/d-7917133/kewajiban-bbm-campur-bioetanol-5-ditargetkan-berlaku-tahun-depan

Kementerian ESDM. (2025). *Pembebasan cukai etanol untuk BBM masih tersendat, ESDM ungkap sebabnya*. Bisnis.com. https://ekonomi.bisnis.com/read/20250516/44/1877494/pembebasan-cukai-etanol-untuk-bbm-masih-tersendat-esdm-ungkap-sebabnya

Kementerian ESDM. (2025). *Bioetanol bakal bikin Indonesia 'sultan' energi baru*. APROBI. https://www.aprobi.or.id/id/bioetanol-bakal-bikin-indonesia-sultan-energi-baru/

Kementerian ESDM. (2025). *ESDM ungkap alasan alokasi dana subsidi biodiesel B40 bertambah Rp16 triliun*. Bisnis.com. https://ekonomi.bisnis.com/read/20250812/44/1901454/esdm-ungkap-alasan-alokasi-dana-subsidi-biodiesel-b40-bertambah-rp16-triliun

Kementerian ESDM. (2025). *Campuran bioetanol 10 persen untuk bensin bakal diwajibkan, industri dalam negeri siap?* Kompas. https://www.kompas.id/artikel/pemerintah-targetkan-implementasi-bioetanol-10-persen-dibensin-dua-tahun-lagi

Kementerian ESDM. (2025). *Ingin stop solar impor, Indonesia terapkan B50 di 2026*. Kompas. https://www.kompas.id/artikel/ingin-stop-solar-impor-indonesia-terapkan-b50-di-2026

Kementerian ESDM. (2025). *Inovasi Pertamina di 1 tahun Prabowo-Gibran: B40 hingga bioavtur dari jelantah*. Kumparan. https://kumparan.com/kumparanbisnis/inovasi-pertamina-di-1-tahun-prabowo-gibran-b40-hingga-bioavtur-dari-jelantah

Kementerian ESDM. (2025). *Janji Bahlil siapkan insentif buat pengembangan BBM etanol*. Detikcom. https://finance.detik.com/energi/d-8177098/janji-bahlil-siapkan-insentif-buat-pengembangan-bbm-etanol

Kementerian ESDM. (2025). *Olahan jelantah mengudara, bahan bakar penerbangan pertama di Indonesia*. https://www.esdm.go.id/id/media-center/arsip-berita/olahan-jelantah-mengudara-bahan-bakar-penerbangan-pertama-di-indonesia

Kementerian ESDM. (2025). *Program mandatori B40, strategi pemerintah wujudkan ketahanan energi nasional 2025*. https://ebtke.esdm.go.id/artikel/berita/program-mandatori-b40-strategi-pemerintah-wujudkan-ketahanan-energi-nasional-2025

Kementerian ESDM. (2025). *Stop impor solar, pemerintah segera terapkan mandatori B50 tahun 2026*. https://www.esdm.go.id/id/media-center/arsip-berita/stop-impor-solar-pemerintah-segera-terapkan-mandatori-b50-tahun-2026

Kementerian ESDM. (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

Direktorat Bioenergi, Direktorat Jenderal Energi Baru, Terbarukan dan Konversi Energi, Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral. (2024). *Pedoman umum penanganan dan penyimpanan bahan bakar nabati dan campurannya dengan kandungan maksimum 40% untuk mesin diesel*. Kementerian ESDM. https://www.scribd.com/document/726430387/Buku-Pedoman-B40-ESDM.

Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia. 2026. Mandatori biodiesel perkuat ketahanan energi, pemerintah targetkan stop impor solar 2026. https://www.esdm.go.id/id/media-center/arsip-berita/mandatori-biodiesel-perkuat-ketahanan-energi-pemerintah-targetkan-stop-impor-solar-2026

Kementerian PPN/Bappenas. (2025). *Kolaborasi Bappenas dengan BPDPKS, Wujudkan Pengelolaan Komoditas Perkebunan Berbasis Data dan Berkelanjutan*. https://www.bappenas.go.id/id/berita/kolaborasi-bappenas-dengan-bpdpks-wujudkan-pengelolaan-komoditas-perkebunan-berbasis-data-dan-berkelanjutan-lZaPW

Kementerian Investasi dan Hilirisasi. (2022). *Peta jalan hilirisasi investasi strategis komoditas biofuel sektor perkebunan*. https://ppid.bkpm.go.id/wp-content/uploads/2024/10/BIOFUEL_EXUM-IND-1.pdf

Kementerian Investasi dan Hilirisasi. (2025). *Mau terapkan BBM campuran E10, RI butuh 4 juta KL etanol*. CNBC Indonesia. https://www.cnbcindonesia.com/news/20251028133555-4-679890/mau-terapkan-bbm-campuran-e10-ri-butuh-4-juta-kl-etanol

Kementerian Keuangan. (2024). *Melalui dukungan riset, BPDPKS perkuat daya saing global industri kelapa sawit Indonesia*. https://mediakeuangan.kemenkeu.go.id/article/show/melalui-dukungan-riset-bpdpks-perkuat-daya-saing-global-industri-kelapa-sawit-indonesia

Kementerian Koordinator Bidang Kemaritiman dan Investasi. (2024). *Peta jalan pengembangan industri Sustainable Aviation Fuel (SAF) Indonesia*. https://maritim.go.id/uploads/magazine/20241015092900-2024-10-15magazine092716.pdf

Kementerian Koordinator Bidang Perekonomian Republik Indonesia. (2022, Maret 24). Akselerasi transisi energi bersih dan meraih net zero emission melalui kebijakan biodiesel. https://www.ekon.go.id/publikasi/detail/3952/akselerasi-transisi-energi-bersih-dan-meraihnet-zero-emission-melalui-kebijakan-biodiesel

Kementerian Perhubungan. (2023). *Kemenhub bersama Kementerian ESDM lakukan uji terbang bahan bakar campuran bioavtur pada pesawat jet komersial*. https://hubud.kemenhub.go.id/hubud/website/berita/4567

Kementerian Pertanian. (2025). *Gula nasional: Dari ketergantungan menuju kedaulatan*. https://perkebunan.brmp.pertanian.go.id/berita/gula-nasional-dari-ketergantungan-menujukedaulatan

Kementerian Pertanian. (2025). *Pemerintah percepat swasembada gula, KUR tebu rakyat jadi andalan*. https://psp.pertanian.go.id/berita/pemerintah-percepat-swasembada-gula-kur-tebu-rakyat-jadi-andalan

Kementerian Investasi/BKPM. (2024). Peta jalan (roadmap) hilirisasi investasi strategis 2023-2040. https://ppid.bkpm.go.id/wp-content/uploads/2024/10/BIOFUEL_INFOGRAFIS.pdf.

Keputusan Presiden Nomor 10 Tahun 2006 tentang Tim Nasional Pengembangan Bahan Bakar Nabati untuk Mempercepat Pengurangan Kemiskinan dan Pengangguran.

Khabibulloh, M., Suhartatik, N., Mustofa, A. (2024). Masa depan dan pengembangan bioetanol di Indonesia. *AGRITEKNO: Jurnal Teknologi Pertanian*, 13(2), 210-223. https://doi.org/10.30598/jagritekno.2024.13.1.210

Kharina, A., Searle, S., Rachmadini, D., Kurniawan, A., Prionggo, A. (2018). The Potential Economic, Health and Greenhouse Gas Benefits of Incorporating Used Cooking Oil into Indonesia's Biodiesel. *ICCT White Paper*. https://theicct.org/wp-content/uploads/2021/06/UCO_Biodiesel_Indonesia_20180919.pdf

Kim, D., Kim, S., Oh, S., & No, S.-Y. (2014). *Engine performance and emission characteristics of hydrotreated vegetable oil in light duty diesel engines. Fuel,* 125, 36–43. https://doi.org/10.1016/j.fuel.2014.01.089

Kissi, S., Sarkodie, W.O., Takase, M., Amankwah, E. (2025). Biofuel in Ghana: Potentials and strategies for policy implementation. Fuel Communication, 22, 100134. https://doi.org/10.1016/j.jfueco.2025.100134.

Knothe G., Krahl J., Van Gerpen J. (2005). *The Biodiesel Handbook. Taylor & Francis / AOCS Press, Champaign (IL)*. https://books.google.co.id/books/about/The_Biodiesel_Handbook.html?id=a051QEoxZVYC&redir_esc=y

Kompas. (2023). *Penyidik dalami dana biodiesel di kasus dugaan korupsi BPDPKS*. https://www.kompas.id/artikel/penyidik-dalami-dana-biodiesel-di-kasus-dugaan-korupsi-bpdpks

Kompas. (2025). *Kandungan etanol, asumsi ilmiah, dan kebijakan energi*.https://www.kompas.id/artikel/kandungan-etanol-asumsi-ilmiah-dan-kebijakan-energi

Kompas. (2025). *B50 diterapkan Semester II-2026, Bahlil sebut RI bakal berhenti impor solar*. https://money.kompas.com/read/2025/10/09/201825726/b50-diterapkan-semester-ii-2026-bahlil-sebut-ri-bakal-berhenti-impor-solar

Komisi Pemberantasan Korupsi (KPK). (2016). *Kajian Sistem Komoditas Sawit.* https://auriga.or.id/cms/uploads/pdf/related/2/4/4_kajian_sawit_kpk_2016_en.pdf

Kothari, R., Vashishtha, A., Singh, H.M., Pathak, V.V., Tyagi, V.V., Yadav, B.C., Ashokkumar, V., Singh, D.P. (2020). Assessment of Indian bioenergy policy for sustainable environment and its impact for rural India: Strategic implementation and challenges. Environmental Technology & Innovation, Volume 20, 2020, 101078. https://doi.org/10.1016/j.eti.2020.101078.

Koundouri, P., Dellis, K., & Plataniotis, A. (2023). The green transformation of Europe: challenges, opportunities, and the way forward. https://www.eliamep.gr/wp-content/uploads/2023/12/Policy-briefs-special-edition-Leventis1-EN-final.pdf.

Krishna, N. (2025). Powering self-reliance: India's road to bio-energy security and sustainable growth. https://www.udayindia.in/news/powering-self-relianceindias-road-to-bio-energy-security-and-sustainable-growth.

Krungsri. (2023). Industry Outlook 2024-2026: Palm Oil Industry. https://www.krungsri.com/en/research/industry/industry-outlook/agriculture/palm-oil/io/plam-oil-industry-2024-2026.

Kumar, G, Padhy, R., Das, D., & Narayana, S.A. (2024). Ethanol fuel blending program in India: Analysis of environmental, economic, and policy aspects using system dynamics approach. Journal of Advanced Transportation. https://doi.org/10.1155/2024/2002187.

Kusumawardhani, D., Asmara, A.Y., Purwadi, Pradana, A.W., Indriasari, D.T. (2022). A collaborative governance model for bioethanol research and innovation ecosystem. *IOP Conference Series Earth and Environmental Science*, 1105(1). https://doi.org/10.1088/1755-1315/1105/1/012042

Lasarte-Lopez, J., & Barek, M.R. (2025). The EU bioeconomy at a glance: Focus on economic value added, employment and innovation. European Commission. Seville, 2025, JRC143759. https://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/handle/JRC143759.

Laung-Iem, K., & Thanarak, P. (2021). Forecasting of biodiesel prices in Thailand using time series decomposition method for long term from 2017 to 2036. In: International Journal of Energy Economics and Policy 11 (4), S. 593 - 600. https://www.econjournals.com/index.php/ijeep/article/download/10666/5959.

Leksono, B., Rahman, S., Larjavaara, M., Purbaya, D., Arpiwi, N., Samsudin Y., Artati, Y...dkk. (2021). Pongamia: A possible option for degraded land restoration and bioenergy production in Indonesia. *Bioenergy for landscape restoration and livelihoods*, 192-215.

Limayem, A., & Ricke, S. C. (2012). *Lignocellulosic biomass for bioethanol production: Current perspectives, potential issues and future prospects. Progress in Energy and Combustion Science*, 38(4), 449–467. https://doi.org/10.1016/j.pecs.2012.03.002

Lima, M.G.B. (2012). An institutional analysis of biofuel policies and their social implications: Lessons from Brasil, India and Indonesia. UNRISD. https://www.files.ethz.ch/isn/144260/9%20Bastos%20Lima.pdf.

Löffler, H., Afiff, S. A., Burgers, P., Govers, C., Heeres, H. J., Karyanto, O., Manurung, R., Vel, J.A. C., Visscher, S., & Zwaagstra, T. (2014). *Agriculture beyond food: Experiences from Indonesia*. NWO/WOTRO. https://pure.knaw.nl/ws/portalfiles/portal/7024041/ABF_boek_definitief.pdf

LPEM FEB UI, Australian National University, IESR, & SMERU Research Institute. (2024). Policy Brief: Towards Inclusive Energy Transition in Indonesia.

LPEM FEB UI & Greenpeace Indonesia. (2020). *Risiko kebijakan biodiesel dari sudut pandang indikator makroekonomi dan lingkungan*. https://www.greenpeace.org/static/planet4-indonesia-stateless/2020/11/cc19cf62-laporanbiodiesel-lpem_bahasa-indonesia_final.pdf

Lutz, G. (2025). Implementing the RED III Directive: German government drafts second greenhouse gas reduction quota bill. https://www.gleisslutz.com/en/news-events/know-how/implementing-red-iii-directive-german-government-drafts-second-greenhouse-gas-reduction-quota-bill.

Madani Berkelanjutan. (2022). *Dinamika diskursus bahan bakar nabati (BBN) di Indonesia dalam konteks ekologis, ekonomi, dan sosial*. https://madaniberkelanjutan.id/wp-content/uploads/2023/10/Translated-The-Dynamics-of-the-Discourse-on-Biofuels-in-Indonesia-in-Its-Ecological-Economic-and-Social-Contexts-Madani-Berkelanjutan-edited-new.pdf

Madani Berkelanjutan. (2024). *Kertas kebijakan urgensi perbaikan tata kelola sawit melalui kebijakan penghentian pemberian izin dalam perspektif ekonomi dan daya dukung daya tampung lingkungan hidup (D3TLH)*. https://madaniberkelanjutan.id/kertas-kebijakan-urgensi-perbaikan-tata-kelola-sawit-melalui-kebijakan-penghentian-pemberian-izin-dalam-perspektif-ekonomi-dan-daya-dukung-daya-tampung-lingkungan-hidup-d3tlh/

Madani Berkelanjutan & Mongabay. (2022). Menggapai Asa Bahan Bakar Nabati Indonesia: Kumpulan Essay Narasi Jurnalistik.

Madani Berkelanjutan. (2023). Pengembangan Insentif Untuk Diversifikasi Bahan Baku Industri BBN. *Policy Brief.*

Madani Berkelanjutan. (2024). Kondisi Pemungkin Untuk Diversifikasi Bahan Baku BBN Indonesia. *Policy Brief*.

Madani Berkelanjutan. (2025). Rasionalisasi Bauran Energi dan Transformasi Tata Kelola Bahan Bakar Nabati (BBN) di Indonesia. *Policy Brief*. https://madaniberkelanjutan.id/wp-content/uploads/2025/05/with-full-signatories-Rasionalisasi-Bauran-Energi-dan-BBN-di-Indonesia.pdf

Madani Berkelanjutan & Mongabay. (2022). Menggapai Asa Bahan Bakar Nabati Indonesia: Kumpulan Essay Narasi Jurnalistik.

Madani Berkelanjutan. (2023). Diversifikasi Bahan Baku: Cara Pandang Lain Menyikapi BBN Indonesia. *Policy Brief*.

Madani Berkelanjutan. (2025). Surat Cinta Madani pada Pemerintahan Prabowo: Kecemasan Ekologi di Tengah Kepungan Dinasti Oligarki. https://madaniberkelanjutan.id/wp-content/uploads/2025/05/Surat-Cinta-MADANI-pada-Pemerintahan-Prabowo-Kecemasan-Ekologi-di-Tengah-Kepungan-Dinasti-Oligarki.pdf

Madani Insight. (2025). Deforestasi di Rezim Transisi: Hilangnya Hutan Alam Tahun 2024. https://madaniberkelanjutan.id/deforestasi-di-rezim-transisi-hilangnya-hutan-alam-tahun-2024/

Malins, C. (2017). Driving deforestation: the impact of expanding palm oil demand through biofuel policy. London: Cerulogy. https://www.cerulogy.com/wp-content/uploads/2018/02/Cerulogy_Driving-deforestation_Jan2018.pdf

Mai-Moulin, T., Hoefnagels, R., Grundmann, P., Junginger, M. (2021). Effective sustainability criteria for bioenergy: Towards the implementation of the European Renewable Directive II. https://doi.org/10.1016/j.rser.2020.110645.

Mark, S., Das, S., Maisnam, G. (2025). A study on ethanol blended petrol and its impact on Indian agriculture. International Journal of Agriculture and Food Science, 7(6): 169-173. https://www.agriculturaljournals.com/archives/2025/vol7issue6/PartC/7-6-12-661.pdf.

Martin, M., Mwakaje, A.G., Eklund, A. (2009). Biofuel development initiatives in Tanzania: Development activities, scales of production and conditions for implementation and utilization. Journal of Cleaner Production 17 (2009) S69-S76. https://www.pismin.com/10.1016/j.jclepro.2009.05.002

Material Economics. (2021). EU Biomass use in a net-zero economy: A course correction for EU biomass. https://www.climate-kic.org/wp-content/uploads/2021/06/MATERIAL-ECONOMICS-EU-BIOMASS-USE-IN-A-NET-ZERO-ECONOMY-ONLINE-VERSION.pdf.

Mbanga, J. (2024). Beyond the grid: How East Africa is navigating the path to rural electrification. https://acme-ug.org/2024/04/30/beyond-the-grid-how-east-africa-is-navigating-the-path-to-rural-electrification/

Media Ekonomi Bisnis. (2025). *Bensin dicampur etanol 10% butuh dukungan 1 juta kebun tebu, lahan kosong menipis*. Bisnis.com. https://ekonomi.bisnis.com/read/20251021/44/1922168/bensin-dicampur-etanol-10-butuhdukungan-1-juta-kebun-tebu-lahan-kosong-menipis

Meletiou, A., Grace, M., Darbi, M., Pham-Truffert, M., Locher-Krause, K., Rueff, H. (2019). EU renewable energy policies, global biodiversity, and the UN SDGs. https://eklipse.eu/wp-content/uploads/website_db/Request/Energy/Energy_Report.pdf

Metal, K. (2025). Biofuel production in India: Opportunities, trends, and market potential. https://kumarmetal.com/biofuel-production-in-india-opportunities-trends-and-market-potential/

MIGHT. (2013). Malaysia biomass industry action plan 2020: Driving SMEs towards sustainable future. https://mzv.gov.cz/file/4599597/Msia_Biomass_Industry_Action_Plan_2020.pdf.

Mitchell, D. (2011). Biofuels in Africa: Opportunities, prospects and challenges. The World Bank. Wshing D.C. https://doi.org/10.1596/978-0-8213-8516-6.

Mkoma, S.L., & Mabiki, F.P. (2011). Theoretical and Practical Evaluation of Jatropha as Energy Source Biofuel in Tanzania. https://doi.org/10.5772/16476.

Mohamad, Z, Ruzman, M.N., Tapah, S., Talib, J., Mamat, M., Wan Hassan, W.Z., Alias, J., & Yunos, N. (2014). Rural land management in Malaysia: Referring to the role of Federal Land Development

MoPNG. (2023). Biofuels Study Report. https://powermin.gov.in/sites/default/files/uploads/20230203_Biofuel_Study.pdf.

Mongabay. (2025). Community-based biofuels offer 'sensible' alternative to palm oil for Indonesia, analysis shows. https://news.mongabay.com/2025/05/community-based-biofuels-offer-sensible-alternative-to-palm-oil-for-indonesia-analysis-shows/

Mongabay. (2025). *Masyarakat adat di Merauke tersingkir proyek tebu dan bioetanol, transisi energi berkeadilan?* https://mongabay.co.id/2025/06/28/masyarakat-adat-di-merauke-tersingkir-proyek-tebu-dan-bioetanol-transisi-energi-berkeadilan/

Mshandete, A.M. (2011). Biofuels in Tanzania: Status, opportunities and challenges. Journal of Applied Biosciences 40: 2677-2705. http://cf.tfcg.org/pubs/Biofuels%20in%20Tanzania%202011.pdf.

MSPO. (2024). Malaysian Sustainable Palm Oil (MSPO) Certification Requirements.https://www.bsigroup.com/siteassets/pdf/en/about-us/malaysian-sustainable-palm-oil-mspo-certification-requirements.pdf.

Muslihudin, M., Kusumanegara, S., & Ahdiati, T. (2015). The program implementation of energy self-sufficient village based on Calophyllum inophyllum in Purworejo, Central Java, Indonesia. Proceeding Engineering International Committee, 4, 27–31.

Muslimin, D., Alamin, Z., Alizunna, D., Ainia, R., Prakoso, F., ... et. al. (2024). Metodologi Penelitian: Pendekatan Kuantitatif, Kualitatif, dan Campuran. Sumatra Barat: CV Lauk Puyu Press. https://www.researchgate.net/publication/382169599_Metodologi_Penelitian_Pendekatan_Kuantitatif_Kualitatif_dan_Campuran

Muzaki, A., Kurniati, E. (2024). Analisis kebijakan pengembangan komoditas kelapa sawit dan dampaknya terhadap ekonomi petani Di Lampung. *Jurnal Ekonomi Pertanian dan Agribisnis*, 1(2), 31-43.

Mwakaje, A.G. (2012). Can Tanzania realise rural development through biofuel plantations? Insights from the study in Rufiji District. Energy for Sustainable Development, 16(3), 320-327. https://doi.org/10.1016/j.esd.2012.07.001.

Nadia & Badaruddin. (2025). Geoeconomic implications of Indonesia's B50 biodiesel program on global biofuel supply. Jurnal Asia Pacific Studies, 9(2), 176-199. https://10.33541/japs.v9i2.6953.

Nair, P. K. R. (2011). Agroforestry systems and environmental quality: Introduction. Journal of Environmental Quality, 40(3), 784-790.

National Renewable Energy Laboratory. (2013). *Handbook for handling, storing, and dispensing E85 and other ethanol-gasoline blends. U.S. Department of Energy*. https://docs.nrel.gov/docs/fy13osti/57590.pdf

Ndenyele, W., Pommerolle, M., Shauri, H., Nato, G. (2025). Ghost biofuel projects: Abandoned Jatropha Curcas plantations and community wellbeing in Tana River County of Kenya. https://revues.imist.ma/index.php/AJLP-GS/article/view/52049/28888.

Nexdigm. (2024). Incentives for New Manufacturing Set Ups in India. https://www.eoilapaz.gov.in/content/Incentives-for-New-Manufacturing-Set-Ups-in-India-_-Nexdigm.pdf.

Nogueira, L.A.H., Souza, G.M., Cortez, L.A.B., & Cruz, C.H.B. Biofuels for Transport. Future Energy (Third Edition), 173-197. https://doi.org/10.1016/B978-0-08-102886-5.00009-8.

Nupueng, S., Ooosterveer, P. & Mol, A.P.J. (2018). Implementing a palm oil-based biodiesel policy: The case of Thailand. https://doi.org/10.1002/ese3.240.

Nupueng, S., Niyomdecha, H., Chansamran, S., Tantong, P., Pramudya, E.P. (2021). Biodiesel industry in Thailand: The roles of actors in networks. Academy of Strategic Management Journal, 20(6). https://www.abacademies.org/articles/biodiesel-industry-in-thailand-the-roles-of-actors-innetworks.pdf.

Nugroho, A.A., Yusuf, R.R., Rahayu, N.S. (2024). *Eksklusi petani pada industri kelapa sawit: Dalih kemitraan pada perkebunan inti-plasma skema kredit koperasi primer anggota*. https://www.researchgate.net/profile/Alih-Nugroho-2/publication/376857765

Nurfatriani, F.R., Sari, G.K., Saputra, W., Komarudin, H. (2022). Oil palm economic benefit distribution to regions for environmental sustainability: Indonesia's revenue-sharing scheme. Land, 11(9), 1452. https://doi.org/10.3390/land11091452

Nuryadin, D., Nurcholis, M., Rahmanda, G.A., Pratama, I.W. (2024). Optimization of aviation biofuel development as sustainable energy through simulation of system dynamics modeling. *Nature Environment and Pollution Technology*, 23(2), 1123–1131. https://doi.org/10.46488/nept.2024.v23i02.046

ODI. (2011). Biofuels in Easter Africa: Dangers yes, but much potential as well. https://www.files.ethz.ch/isn/133775/5989.pdf.

OECD. (2025). Agricultural policy monitoring and evaluation 2025: Making the most of the trade and environment nexus in agriculture. OECD Publishing, Paris. https://doi.org/10.1787/a80ac398-en.

Osman, W., Rosli, M.H., Mazli, W., & Samsuri, S. (2024). Comparative review of biodiesel production and purification. *Carbon Capture Science & Technology*, 13, 100264. https://doi.org/10.1016/j.ccst.2024.100264

Ostrom, E. (2010). Beyond markets and states: polycentric governance of complex economic systems. *American economic review*, 100(3), 641-672.

Oyedunle, D. T., Gendy, E. A., Barasa, M., Oyedunle, D. O., Oni, B., & Tiong, S. K. (2024). Review on utilization of rubber seed oil for biodiesel production: Oil extraction, biodiesel conversion, merits, and challenges. Cleaner Engineering and Technology, 21, 100773. https://doi.org/10.1016/j.clet.2024.100773.

Pacheco, P., Gnych, S., Dermawan, A., Komarudin, H., & Okarda, B. (2017). The palm oil global value chain: Implications for economic growth and social and environmental sustainability. Working Paper 220. Bogor, Indonesia: CIFOR. https://www.cifor-icraf.org/publications/pdf_files/WPapers/WP220Pacheco.pdf.

Padder, S. A., Khan, R., & Rather, R. A. (2024). *Biofuel generations: New insights into challenges and opportunities in their microbe-derived industrial production. Biomass and Bioenergy*, 185, 107220. https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2024.107220

Pahmi, G., Gunawan, D., & Soemarwoto, B. (2023). Reverse Social Impact of Oil Palm Plantation Expansion: A Study of Three Communities in Jambi, Indonesia. *Forest and Society*, 7(1), 69-88. https://doi.org/10.24259/fs.v7i1.24803

Palupi, S., Sukapti, Y., Prasetyo, P., & Tomte, A. (2021). *Dalam Perangkap Sistem Monokultur Industri Perkebunan Sawit Studi Perbandingan Desa Sawit dan Desa Non-sawit*. Jakarta: The Ins⊖tute for Ecosoc Rights. https://ecosocrights.org/2021/01/16/dalam-perangkap-sistem-monokultur-industri-perkebunan-sawit/

Paminto, A., Koestoer, R.H.S., Karuniasa, M., Frimawaty, E. (2022). Komparasi kebijakan pengembangan bahan bakar nabati di Indonesia dan Kolombia: Dilema antara pasar, kapasitas produksi dan daya serap. *Matra Pembaruan: Jurnal Inovasi Kebijakan*, 6(1), 43–55. https://doi.org/10.21787/mp.6.1.2022.43-55

Pandey, S, & Kandasamy, P. (2024). Thailand's biofuel subsidy navigates EV threat amid E20, feedstock, SAF transition. FEATURE: Thailand's biofuel subsidy navigates EV threat amid E20, feedstock, SAF transition | S&P Global

Papilo, P., Marimin, M., Hambali, E., Machfud, M., Yani, M., Asrol, M., Evanila, E., Prasetya, H., & Mahmud, J. (2022). Palm oil-based bioenergy sustainability and policy in Indonesia and Malaysia: A systematic review and future agendas. *Heliyon*, 8, (10). https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2022.e10919

Patel, K., Singh, S.K. (2024). Sustainable waste management: a comprehensive life cycle assessment of bioethanol production from agricultural and municipal waste. Environ Sci Pollut Res 31, 51431–51446. https://doi.org/10.1007/s11356-024-34612-z.

Patnaik, S., Tripathi, S., Jain, A. (2019). Roadmap for Access to Clean Cooking Energy in India, New Delhi: Council on Energy, Environment and Water. Council on Energy, Environment and Water (CEEW). https://www.niti.gov.in/sites/default/files/2023-02/CEEW-Roadmap_for_Access_to_Clean_Cooking_Energy_in_India-Report.pdf

Pauly, M., & Keegstra, K. (2008). *Cell-wall carbohydrates and their modification as a resource for biofuels and biomaterials*. *The Plant Journal*, 54(4), 559-568. https://doi.org/10.1111/j.1365-313X.2008.03463.x

PISCES. (2011). Liquid biofuels strategies and policies in selected African countries: A review of some of the challenges, activities and policy options for liquid biofuels. https://assets.publishing.service.gov.uk/media/57a08aede5274a27b200084b/PISCES-Liquid-Biofuels-Report.pdf.

Pecurul-Botines, M., Secco, L., Bouriaud, L., Giurca, A. (2023). Meeting the European Union's Forest Strategy goals: A comparative European assessment. From Science to Policy 15. European Forest Institute. https://doi.org/10.36333/fs15.

Pemerintah Indonesia. (2008). Peraturan Menteri ESDM Nomor 32 Tahun 2008 tentang Penyediaan, Pemanfaatan dan Tata Niaga Bahan Bakar Nabati (Biofuel) sebagai Bahan Bakar Lain. Jakarta: Sekretariat Negara.

Pemerintah Indonesia. (2015). Peraturan Presiden Nomor 61 Tahun 2015 tentang Penghimpunan dan Penggunaan Dana Perkebunan Sawit. Jakarta: Sekretariat Negara.

Pemerintah Indonesia. (2015). Peraturan Menteri ESDM Nomor 12 Tahun 2015 tentang Perubahan Ketiga Peraturan Kementerian ESDM Nomor 32 Tahun 2008 tentang Penyediaan, Pemanfaatan dan Tata Niaga Bahan Bakar Nabati (Biofuel) sebagai Bahan Bakar Lain. Jakarta: Sekretariat Negara.

Pemerintah Indonesia. (2021). Peraturan Menteri ESDM Nomor 24 Tahun 2021 tentang Penyediaan dan Pemanfaatan Bahan Bakar Nabati Jenis Biodiesel dalam Kerangka Pembiayaan oleh Badan Pengelola Dana Perkebunan Kelapa Sawit. Jakarta: Sekretariat Negara.

Pemerintah Indonesia. (2023). Peraturan Presiden Nomor 40 Tahun 2023 tentang Percepatan Swasembada Gula Nasional dan Penyediaan Bioetanol sebagai Bahan Bakar Nabati (Biofuel). Jakarta: Sekretariat Negara.

Pemerintah Indonesia. (2025). Peraturan Menteri ESDM Nomor 4 Tahun 2025 tentang Pengusahaan dan Pemanfaatan Bahan Bakar Nabati. Jakarta: Sekretariat Negara.

Pemerintah Indonesia. (2014). Undang-Undang Nomor 39 Tahun 2014 tentang Perkebunan. Jakarta: Sekretariat Negara.

Pemerintah Indonesia. (2022). Undang-Undang Nomor 13 Tahun 2022 tentang Pembentukan Peraturan Perundang-Undangan. Jakarta: Sekretariat Negara.

Pemerintah Indonesia. (2015). Peraturan Menteri Keuangan Nomor 113/PMK.01/2015 tentang Organisasi dan Tata Kerja Badan Pengelola Dana Perkebunan Sawit.

Pemerintah Indonesia. (2016). Keputusan Menteri ESDM Nomor 6034K/12/MEM/2016 tentang Harga Indeks Pasar Bahan Bakar Nabati (Biofuel) yang Dicampuri ke Dalam Bahan Bakar Minyak.

Pemerintah Indonesia. (2019). Peraturan Menteri Pertanian Nomor 45 Tahun 2019 tentang Pelayanan Perizinan Berusaha Terintegrasi secara Elektronik di Bidang Pertanian.

Pemerintah Indonesia. (2024). Keputusan Menteri ESDM Nomor 341.K/EK.01/MEM.E/2024 tentang Pemanfaatan Bahan Bakar Nabati Jenis Biodiesel Sebagai Campuran Bahan Bakar Minyak Jenis Minyak Solar Dalam Rangka Pembiayaan oleh Badan Pengelola Dana Perkebunan Kelapa Sawit Sebesar 40 Persen

Pemerintah Indonesia. (2023). Peraturan Menteri Keuangan Nomor 160 Tahun 2023 tentang Tarif Cukai Etil Alkohol, Minuman yang Mengandung Etil Alkohol dan Konsentrat yang Mengandung Etil Alkohol.

Pertamina. (2021). *2 kilang pertamina siap produksi BBM berbasis sawit!* CNBC Indonesia. https://www.cnbcindonesia.com/news/20211006191114-4-281958/2-kilang-pertamina-siap-produksi-bbm-berbasis-sawit

Pertamina. (2024). *Bioetanol E10 siap ubah masa depan energi bersih Indonesia.* APROBI. https://www.aprobi.or.id/id/bioetanol-e10-siap-ubah-masa-depan-energi-bersih-indonesia/

Ponte, S. (2013). Roundtabling' sustainability: Lessons from the biofuel industry. *Geoforum*. http://dx.doi.org/10.1016/j.geoforum.2013.07.008

Prabandari, A.P. (2024). Sustainable aviation fuel in Indonesia: A Comprehensive overview. *Pakistan Journal of Life and Social Sciences (PJLSS)*, 22(2). https://doi.org/10.57239/pjlss-2024-22.2.001118

Pradana, A. W., Asmara, A. Y., & Syukri, A. F. (2024). Strategi penguatan kebijakan energi biodiesel di Indonesia untuk mewujudkan prinsip ketujuh SDGs. *Prosiding Seminar Nasional Ilmu Teknik (PROSEMNASPROIT)*, 1(1), 131–142. https://doi.org/10.61132/prosemnasproit.v1i1.9

Prasertsri, P. (2024). Biofuels Annual Thailand. https://apps.fas.usda.gov/newgainapi/api/Report/DownloadReportByFileName?fileName=Biofuels+Annual_Bangkok_Thailand_TH2024-0032.pdf

Purohit, P., & Dhar, S. (2015). Biofuel Roadmap for India. UNEP DTU Partnership.https://pure.iiasa.ac.at/id/eprint/11616/1/Biofuel_Roadmap_for_India.pdf.

Purnomo Yusgiantoro Center. (2021). *Indonesia needs to seek out alternative sources for biofuel*. https://purnomoyusgiantorocenter.org/opinion/indonesia-needs-to-seek-out-alternative-sources-for-biofuel/

Purwanto, A.J., Utama, N.A. (2024). *Indonesia's bioethanol goals: A reality check*. https://www.eria.org/news-and-views/indonesia-s-bioethanol-goals--a-reality-check

Putri, U., Asih, F., Pratiwi, A., Yasin, F., & Wiliasih, R. (2023). Desa Mandiri Energi dan Upaya Mengolah Nyamplung Jadi Biofuel. https://www.republika.id/posts/48358/desa-mandiri-energi-dan-upaya-mengolah-nyamplung-jadi-biofuel

Raharja, S., Marimin, Machfud, Papilo, P., Safriyana, Massijaya, M.Y., Asrol, M., Darmawan M.A. (2020). Institutional strengthening model of oil palm independent smallholder in Riau and Jambi Provinces, Indonesia. Heliyon, 6(5). https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2020.e03875.

Rahman, S. A., Baral, H., Sharma, R., Samsudin, Y. B., Meyer, M., Lo, M., ... & Sunderland, T. (2019). Integrating bioenergy and food production on degraded landscapes in Indonesia for improved socioeconomic and environmental outcomes. *Food and Energy Security*, 8(3), e00165. https://doi.org/10.1002/fes3.165

Rahutomo, A.B., Karuniasa, M., Frimawaty, E. (2023). Peningkatan produktivitas lahan pekebun melalui sertifikasi kelapa sawit berkelanjutan di Indonesia. *Analisis Kebijakan Pertanian*, 21(1), 43-55. https://doi.org/10.21082/akp.v21i1.43-55

Ramadhan, R., Mori, A., & Abdoellah, O. (2023). Biofuels Development and Indirect Deforestation. *Environment and Policy*, 61, 167-184.

Ramadhas, A. S., Jayaraj, S., & Muraleedharan, C. (2005). Biodiesel production from high FFA rubber seed oil. Fuel, 84(4), 335-340. https://doi.org/10.1016/j.fuel.2004.09.016

Ravindranath, D., & Rao, S.S.N. (2015). Bioenergy in India: Barriers and policy options. UNDP. https://ledsgp.org/app/uploads/2015/07/Bioenergy-in-India.pdf.

Reddy, A.S., Kasa, V.P., Samal, B., Dubey, B.K., Yadav, V., Pandey, D.S. (2025). Sustainable agricultural waste management in India: Innovations, challenges, and future perspectives. Biomass and Bioenergy, 202, 108261. https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2025.108261.

Republic of Indonesia. (2025). Second Nationally Determined Contribution.

Republik Indonesia. (2024). Peta Jalan Pengembangan Industri Sustainable Aviation Fuel (SAF) Indonesia.

Reuters. (2025). *Indonesia's conducting studies to implement 50% biodiesel blend in 2026*. https://www.reuters.com/sustainability/climate-energy/indonesias-conducting-studies-implement-50-biodiesel-blend-2026-2025-02-18/

Rifa'i, A.F., Pamungkas, W.A., Setyawati, R.B., Setiawan, C.P., Waluyo, J. (2022). Kajian teknoekonomi bioetanol berbahan molasses sebagai alternatif substitusi BBM. *Equilibrium Journal of Chemical Engineering*, 6(1), 61. https://doi.org/10.20961/equilibrium.v6i1.63158

Rodrigues, C.H., Leme, L., & Bermejo, P. (2025). Measuring intergenerational energy justice: Building an index. E3S Web of Conferences, 636.

Rodríguez-Fernández, J., García-Contreras, R., Soriano, J. A., & Sánchez, M. (2020). *Improving fuel economy and engine performance through gasoline fuel octane rating. Energies, 13(13), 3499*. https://www.mdpi.com/1996-1073/13/13/3499

Romadhona, S. L., Masyhur, A. Z., Yuliantika, S. F., Hamdani, D. F., Rijaal, F. A., & Mirzayanti, Y. W. (2024, March 2). Perkembangan biodiesel di Indonesia: Review regulasi dan perspektif pada masa mendatang. *Prosiding Seminar Nasional Teknologi Industri Berkelanjutan IV*. https://ejurnal.itats.ac.id/senastitan/article/view/5521/3796

Romianingsih, N. P. W. (2023). Waste to energy in Indonesia: opportunities and challenges. *Journal Sustainability, Society and Eco-Welfare, 1*(1), 60-69. https://doi.org/10.61511/jssew.v1i1.2023.180.

RSPO. (2024). RSPO independent smallholder standard for the production of sustainable palm oil and oil palm products. https://rspo.org/wp-content/uploads/ENG-ISH-Standard-2024_Adopted_13112024-1.pdf.

Russo, C., Squeo, G., Convertini, G., & Montemurro, F. (2025). *The global energy challenge: Second-generation feedstocks on marginal lands for a sustainable biofuel production. Chemical and Biological Technologies in Agriculture*, 12(1), 7. https://doi.org/10.1186/s40538-025-00729-7

Sahara, Dermawan, A., Amaliah, S., Irawan, T., Dilla, S. (2022). Economic impacts of biodiesel policy in Indonesia: a computable general equilibrium approach. *Economic Structures*, 11(22). https://doi.org/10.1186/s40008-022-00281-9

Saputra, W., Ichsan, M., Permatasari, A., & Syakira, T. (2021). Pandangan Pemangku Kepentingan terhadap Risiko Ekonomi dan Lingkungan dalam Kebijakan Biodiesel di Indonesia. *SPOS Indonesia*. https://sposindonesia.org/wp-content/uploads/2021/12/Working-Paper_SPOSI-KEHATI_ID.pdf

Saputra, W., Sulistyanto, S., Isnaini, K. N. (2022). Analisis kerentanan korupsi dalam kebijakan subsidi biodiesel di Indonesia. *Integritas: Jurnal Antikorupsi,* 7(2), 279-290. https://doi.org/10.32697/integritas.v7i2.815

Sawit News. (2024). Ini Daftar Perusahaan Penerima Subsidi Pengembangan Biodiesel dari BPDPKS. https://sawitnews.co/news/2024/09/27/ini-daftar-perusahaan-penerima-subsidi-pengembangan-biodiesel-dari-bpdpks/

SEI. (2025). The EU Green Deal in turbulent times: insights from the EU Green Policy Tracker from Sweden and Estonia. Stockholm Environment Institute. https://www.sei.org/wp-content/uploads/pdfs/189760/eu-green-deal-turbulent-times-eu-green-policy-tracker-sweden-estonia.pdf.

Serikat Petani Kelapa Sawit (SPKS). (2020). *Tata kelola BPDPKS yang merugikan petani sawit*. https://old.spks.or.id/file/publikasi/TATA_KELOLA_BPDP–KS_YANG_BURUK_MERUGIKAN_PETANI_SAWIT_Kajian_Good_Governance_Badan_Pengelola_Dana_Perkebunan_Kelapa_Sawit.pdf

Serrano, L., Santana, B., Pires, N., & Correia, C. (2021). *Performance, emissions, and efficiency of biodiesel versus hydrotreated vegetable oils (HVO), considering different driving cycles sensitivity analysis (NEDC and WLTP). Fuels*, 2(4), 448-470. https://doi.org/10.3390/fuels2040026

Sharma, R., Wahono, J., & Baral, H. (2018). Bamboo as an alternative bioenergy crop and powerful ally for land restoration in Indonesia. *Sustainability*, 10(12), 4367. https://doi.org/10.3390/su10124367

Simandjuntak, D. (2014). Riding the hype: The role of state-owned enterprise elite actors in the promotion of jatropha in Indonesia. Sustainability, 6(6), 3780–3801. https://doi.org/10.3390/su6063780

Simonsen,T.I; Weiss, N.D., van Dyk,S., van Thuijl, E., and Thomsen, S.T. (2021). *Progress towards biofuels for marine shipping; Status and identification of barriers for utilization of advanced biofuels in the marine sector*. IEA TCP Task 39.

Singh, A. (2024). Sustainable biofuel marketplace in rural India: Navigating challenges and potential opportunities. Global Governance Initiative. https://www.councilonsustainabledevelopment.org/post/sustainable-biofuel-marketplace-in-rural-india-navigating-challenges-and-potential-opportunities.

Sinsuphan, P. (2016). Sustainable palm oil: Including smallholders in a sustainable supply base - A case study in Thailand. https://rspo.org/wp-content/uploads/a-case-study-in-thailand-english.pdf.

Siregar, A.A., Halimatussadiah, A., Moeis, F.R., Anky, W.A.K., Nainggolan, D. (2024). The oil palm replanting imperative: Are smallholder farmers willing to participate?. *Forest Policy and Economics*, 169, 103362. https://doi.org/10.1016/j.forpol.2024.103362

SLU. (2010). Certification Criteria for Sustainable Biomass for Energy. Swedish University of Agricultural Sciences. https://www.worldbioenergy.org/uploads/Report_Certifiering_110405_SL.pdf.

Soccol., C., Vandenberghe, L., Costa, B., Woiciechowski, A., Carvalho, J., Medeiros, A., Francisco, A., & Bonomi, L. (2005). Brasilian Biofuel Program: An Overview. *Journal of Scientific & Industrial Research*, 64: 897-904.

Soni, R., Bagare, V., Kushwaha, N. K., Anad, A., Maravi, I., Lavishkar, A., & Dhaka, A. (2023). Carbon Sequestration Potential of Different Provenance of Pongamia pinnata in Central India. *Int. J. Environ. Clim. Change, 13*(11), 3057-3064. https://doi.org/10.9734/ijecc/2023/v13i113475.

Souza, G. M., dkk. (2022). *The Brasilian Biodiesel Program and Rural Development*. Energy Policy, 165. SPKS. (2020). Tata Kelola BPDPKS yang Buruk Merugikan Petani Sawit: Kajian Good Governance Badan Pengelola Dana Perkebunan Kelapa Sawit.

SPKS. (2023). Raksasa Penerima Subsidi: B35 Untuk Siapa?. https://old.spks.or.id/file/publikasi/Raksasa_Penerima_Subsidi-B35_untuk_siapa.pdf

SPKS. (2025). *Pelibatan Petani Swadaya dalam Rantai Pasok Biodiesel untuk Energi Berkelanjutan dan Kesejahteraan Petani Kecil* [Policy Brief]. https://old.spks.or.id/detail-publikasi-pelibatan-petani-swadaya-dalam-rantai-pasok-biodiesel-untuk-energi-berkelanjutan-dan-kesejahteraan-petani-kecil

Stolf, R, & Oliveira, A.P. (2020). The success of the Brasilian alcohol program (PROÁLCOOL)-a decade-by-decade brief history of ethanol in Brasil. *Engenharia Agrícola*, 22;40(2):243-8. https://doi.org/10.1590/1809-4430-Eng.Agric.v40n2p243-248/2020.

Strasser, J., Grüning, C., Martin, K., Tran, C., Jüde, J. (2025). Cost allocation and incentive mechanisms for the environment, climate protection and resource conservation along global supply chains: Recommendations for selected incentive mechanisms. https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/11850/publikationen/73_2025_texte.pdf.

Sulle, E., & Nelson, F. (2013). Biofuel investment and community land tenure in Tanzania. Maliasili Initiatives. https://mokoro.co.uk/wp-content/uploads/FAC_Working_Paper_073.pdf.

Suprehatin, Ramadhan, E.M.M. (2025). *Kebijakan dan regulasi kelapa sawit Indonesia menghadapi isu deforestasi dan tata kelola lingkungan global*.https://www.researchgate.net/profile/Muhammad-Achsani/publication/397189579

Supriyanto, E., Sentanuhady, J., Dwiputra, A., Permana, A., & Muflikhun, M. A. (2021). *The recent progress of natural sources and manufacturing process of biodiesel: A review. Sustainability, 13*(10), 5599. https://doi.org/10.3390/su13105599

Susmiati, Y. (2018). Prospek produksi bioetanol dari limbah pertanian dan sampah organik. *Industria: Jurnal Teknologi dan Manajemen Agroindustri,* 7(2), 67-80. http://dx.doi.org/10.21776/ub.industria.2018.007.02.1

Sutton, K. (1989). Malaysia's FELDA land settlement model in time and space. Geoforum, 20(3), 339-354. https://doi.org/10.1016/0016-7185(89)90008-0.

Swedish Ministry of Climate and Enterprise. (2024). Sweden's first Biennial Transparency Report under the Paris Agreement. https://unfccc.int/sites/default/files/resource/Sweden's%20first%20Biennial%20Transparency%20Report.pdf.

Syakir, M. (2010). Prospek dan kendala pengembangan jarak pagar (*Jatropha curcas L.*) sebagai bahan bakar nabati di Indonesia. Perspektif, 9(2), 55-65.

Syarifa, L. F., Agustina, D. S., Nancy, C., & Supriadi, M. (2016). Dampak rendahnya harga karet terhadap kondisi sosial ekonomi petani karet di Sumatera Selatan. Jurnal Penelitian Karet, 34(1), 119. https://doi.org/10.22302/jpk.v0i0.218

Tata Consulting Engineers. (2024). *Sustainable aviation fuel (SAF)*. TCE. https://www.tataconsultingengineers.com/wp-content/uploads/2024/04/Sustainable-Aviation-Fuel.pdf

Tempo. (2024). *Mengapa konsumsi biodiesel B40 lebih boros dibandingkan B35*. https://www.tempo.co/sains/mengapa-konsumsi-biodiesel-b40-lebih-boros-dibandingkan-b35-1175311

Tim Nasional Pengembangan Bahan Bakar Nabati Untuk Percepatan Pengurangan Kemiskinan Dan Pengangguran. (2006). *Blue Print Pengembangan Bahan Bakar Nabati Untuk Percepatan Pengurangan Kemiskinan Dan Pengangguran 2006 - 2025.*

Tim Nasional Pengembangan BBN. (2006). Konsep Desa Mandiri Energi.

Tempo. (2020). ESDM: B40 Belum Bisa Diterapkan Sampai Pertengahan Tahun Depan. https://www.tempo.co/ekonomi/esdm-b40-belum-bisa-diterapkan-sampai-pertengahan-tahun-depan-564352

Tempo. (2025). Pengusaha Minta Pemerintah Batalkan Penerapan Biodiesel B50.https://www.tempo.co/ekonomi/pengusaha-minta-pemerintah-batalkan-penerapan-biodiesel-b50-2083687

The Indonesian. (2024). Ratusan Ribu Rumah Tangga di Tanah Air Belum Teraliri Listrik. https://theindonesian.id/2024/02/22/ratusan-ribu-rumah-tangga-di-tanah-air-belum-teraliri-listrik/

Thomadakis. (2025). The EU's sustainability rollback is a retreat disguised as simplification. European Capital Markets Institute (ECMI). https://www.ecmi.eu/sites/default/files/no_96_-_the_eus_sustainability_rollback_is_a_retreat_disguised_as_simplification_0.pdf.

Tomomatsu Y, Swallow B. (2007). Jatropha curcas biodiesel production in Africa: economics and potential value chain development for smallholder farmers. WP 54. Nairobi. World Agroforestry Centre. https://www.cifor-icraf.org/publications/downloads/Publications/PDFS/WP15396.pdf.

Traction Energy Asia. (2020). Emisi Gas Rumah Kaca dari Produksi Biodiesel di Indonesia Berdasarkan Analisa Daur Hidup (Life Cycle Analysis). https://tractionenergy.asia/wp-content/uploads/2020/11/lores-LCA_Biodiesel_Palm_Oil_Final_Report.pdf

Traction Energy Asia. (2020). Utilizing and managing biofuel (biodiesel): Lessons learned and best practices from other countries. https://tractionenergy.asia/wp-content/uploads/2021/01/Pemanfaatan-dan-Pengelolaan-Biofuel-Belajar-dari-Dunia-ENGLISH-rev1.pdf

Traction Energy Asia. (2024). *Modeling the impact of crude palm oil usage in Indonesia: Between food and fuel needs*. https://tractionenergy.asia/wp-content/uploads/2024/06/ENG-WP-Modeling-the-Impact-ofCPO-Crude-Palm-Oil-Usage-in-Indonesia_compressed.pdf

Transparency International Indonesia (TII). (2024). *Transparansi kebijakan sawit sebagai sebuah tantangan anti-korupsi*. https://ti.or.id/wp-content/uploads/2024/05/TII-Laporan-Sawit-Konawe-Utara-small.pdf

Transparency International Indonesia (TII). (2025). *Proyek sawit 20 juta hektar: deforestasi masif atau korupsi sistemik*. https://ti.or.id/proyek-sawit-20-juta-hektar-deforestasi-masif-atau-korupsi-sistemik/

UNDP. (2023). Strengthening Energy Governance System: An Energy Governance Framework for A Just Energy Transition. https://www.undp.org/publications/strengthening-energy-governance-systems-energy-governance-framework-just-energy-transition

UNFCCC. (2023). Bioethanol activities in Brasil case study: Good practices and lessons learned on the setup and implementation of national systems of innovation. https://unfccc.int/ttclear/misc_/StaticFiles/gnwoerk_static/TEC_NSI/62e32bf0e1e8453380745fd3352ef753/2acb91947c6748daaac12a7a2d086ec6.pdf.

UNU-IAS. (2012). Biofuels in Africa: Impacts on ecosystem services, biodiversity and human well-being. United Nations University. https://www.cbd.int/cop/cop-11/doc/vtable/Biofuels_in_Africa.pdf.

Uripno, B., Slamet, R. M., & Amanah, S. (2014). Implementation of demonstration plots DME Nyamplung (Calophyllum inophyllum L) in Buluagung and Patutrejo villages. International Journal of Science and Engineering, 7, 81–90.

USDA. (2018). Biofuels Annual: India. Global Agricultural Information Network. USDA. https://apps.fas.usda.gov/newgainapi/api/report/downloadreportbyfilename?filename=Biofuels+Annual_New+Delhi_India_7-10-2018.pdf.

USDA. (2020). Biofuels Annual: Thailand. Global Agricultural Information Network. USDA. https://apps.fas.usda.gov/newgainapi/api/Report/DownloadReportByFileName?fileName=Biofuels+Annual_Bangkok_Thailand_06-30-2020.

USDA. (2023). Biofuels Annual: Brasil. Global Agricultural Information Network. USDA. https://apps.fas.usda.gov/newgainapi/api/Report/DownloadReportByFileName?fileName=Biofuels+Annual_Brasilia_Brasil_BR2023-0018.pdf.

USDA. (2024). Biofuels Annual: Thailand. Global Agricultural Information Network. USDA. https://apps.fas.usda.gov/newgainapi/api/Report/DownloadReportByFileName?fileName=Biofuels+Annual_Bangkok_Thailand_TH2024-0032.pdf.

U.S. Department of Energy. (n.d.). *Ethanol Fuel Basics. Alternative Fuels Data Center*.https://afdc.energy.gov/fuels/ethanol_fuel_basics

US Department of Agriculture (USDA). (2024). *Biofuels annual*. https://apps.fas.usda.gov/newgainapi/api/Report/DownloadReportByFileName?fileName=Biofuels%20Annual_Jakarta_Indonesia_ID2023-0018.pdf

Utami, I.P, Halimatussadiah, A. (2021). Pengaruh tipe petani dan ekspektasi harga dalam sertifikasi kelapa sawit. *Jurnal Ekonomi Pertanian dan Agribisnis,* 5(3), 679-690. https://doi.org/10.21776/ub.jepa.2021.005.03.7

Uzel, S.N., & Braley, A. (2024). A New Era for the European Green Deal: What Challenges are Expected in Its Financing?. https://revolve.media/features/a-new-era-for-the-european-green-deal-summary-and-financing.

Vietnam News Agency. (2024). Thailand cuts palm oil content in biofuel. https://theinvestor.vn/thailand-cuts-palm-oil-content-in-biofuel-d13295.html

Vijay, V., Subbarao, P.M.V., & Chandra, R. (2021). An evaluation on energy self-sufficiency model of a rural cluster through utilization of biomass residue resources: A case study in India. Energy and Climate Change, 2, 100036. https://doi.org/10.1016/j.egycc.2021.100036.

Virgin I, Lutta A, Senyagwa J, Osano P, Tesfaye K, Tafesse F, Ochanga P, Munganyinka E, Masharabu T, Ongol M, Adhiambo R, Muyambi F, Kilelu C, Haileselassie T. (2024). The state of bioeconomy in Eastern Africa: 2024. Stockholm Environment Institute, The East African Science and Technology Commission and Bioinnovate Africa. https://easteco.org/wp-content/uploads/2024/10/The-State-of-The-Bioeconomy-Report-2024.pdf.

VNA. (2024). Thailand cuts palm oil content in biofuel. https://theinvestor.vn/thailand-cuts-palm-oil-content-in-biofuel-d13295.html.

Wandelt, S., Zhang, Y., & Sun, X. (2024). *Sustainable aviation fuels: A meta-review of surveys and key challenges. Journal of Air Transport Research*, 100056. https://doi.org/10.1016/j.jatrs.2024.100056

Wattana S, Purathanung T, Wattana B. (2022). Impacts of palm oil-based biofuel utilization promotion policy in the Thai Transport Sector. Environmental Research, Engineering and Management, 78(2). https://doi.org/10.5755/j01.erem.78.2.30745.

WBA. (2024). India: The next big bioenergy revolution. https://www.worldbioenergy.org/uploads/White%20Paper%20-%20India.pdf.

Wirawan, S.S., Solikhah, M.D., Setiapraja, H., Sugiyono, A. (2023). Biodiesel implementation in Indonesia: Experiences and future perspectives. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 189, 113911. https://doi.org/10.1016/j.rser.2023.113911

World Bank. (2019). Agricultural transformation and inclusive growth: The Malaysian experience. World Bank Group. https://documents1.worldbank.org/curated/en/617611574179512389/pdf/Agricultural-Transformation-and-Inclusive-Growth-The-Malaysian-Experience.pdf.

World Rainforest Movement. (2021). Sembilan alasan menolak pertanian kontrak dengan perusahaan kelapa sawit. https://www.wrm.org.uy//wp-content/uploads/2021/07/IND_Sembilan-Alasan_doublepages.pdf

Yadav, R. (2024). *Comparative Study of Marine Biofuels: MGO, HVO, and FAME*. Spectra Fuels. https://www.spectrafuels.com/comparative-study-of-marine-biofuels-mgo-hvo-and-fame/.

Yayasan Lokahita. (2024). Penentuan Nilai Batas Atas 'Cap' Perkebunan Sawit di Indonesia: Berdasarkan Perspektif Daya Dukung dan Daya Tampung Lingkungan Hidup (D3TLH). https://madaniberkelanjutan.id/wp-content/uploads/2025/02/Laporan-Akhir-Riset-CAP-Sawit-berdasarkan-D3TLH-Jan-25-1.pdf

Yilbasi. (2025). *Biofuels, e-fuels, and waste-derived fuels: Advances, challenges, and future directions. Sustainability*, 17(13), 6145. https://doi.org/10.3390/su17136145

Yosri, R. (2025). Empowering India's clean energy journey with biogas. https://www.ramboll.com/en-apac/insights/decarbonise-for-net-zero/empowering-india-s-clean-energy-journey-with-biogas.

Yuslaini, & Maulidiah, I. (2024). Governing sustainability: land use change impact on the palm oil industry in Riau Province, Indonesia. *Otoritas: Jurnal Ilmu Pemerintahan*, 14(1), 59-75. https://repository.uir.ac.id/23574/

Zaenalabidin, S.M., Djama, M., Magrin, G. (2023). Emerging rurality in Malaysia: The Adaptation of FELDA model. *Oil Palm Industry Economic Journal*. http://odlsystem2.utm.my/5344/1/opiej2023inpress-syahaneem.pdf.

Zakaria AZ, Rizal AM. (2024). Fostering sustainable settlers' income at Felda Bukit Tajau: Harnessing industry 4.0 in oil palm plantation. *International Journal of Academic Research in Business & Social Science*, 14(10). http://dx.doi.org/10.6007/IJARBSS/v14-i10/23344.

Zakia R, Sunitiyoso Y. (2025). Biomass co-firing for electricity in Indonesia: A system thinking approach. Eduvest - Journal of Universal Studies, 5(8).

Zapata, B., Brune, S., & Adero, J. (2010). Retrofitting the Brasilian Biodiesel Programme: Implications for Policy Design. *International Policy Centre for Inclusive Growth*, 15. https://www.semanticscholar.org/paper/Retrofitting-the-Brasilian-Biodiesel-Programme%3A-for-Zapata-Brune/6f90a648a3e82d931635e790921010b7103d3466

Zhao, Q., Cai, X., Mischo, W., & Ma, L. (2020). How do the research and public communities view biofuel development?. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 133. https://ideas.repec.org/a/eee/rensus/v133y2020ics1364032120305542.html

MENAKAR AMBISI DAN REALITAS

Masa Depan *Biofuel* Indonesia dalam Kerangka Transisi Energi yang Berkeadilan

Indonesia menempatkan *biofuel* sebagai salah satu instrumen penting dalam agenda transisi energi. Selama dua dekade, kebijakannya berkembang pesat melalui peningkatan target pencampuran, dukungan insentif, dan perluasan produksi. Namun, di balik ambisi tersebut, masih terdapat kesenjangan antara target dan realitas implementasi. Persoalan tata kelola, dominasi sawit sebagai bahan baku, ketimpangan distribusi manfaat, serta risiko sosial, ekonomi, dan ekologis menunjukkan bahwa keberhasilan biofuel tidak cukup diukur dari seberapa besar volumenya meningkat.

Kajian *Menakar Ambisi dan Realitas* membaca kembali arah perkembangan *biofuel* Indonesia melalui perspektif kebijakan, politik-ekonomi, teknis, sosial, dan ekologis. Dengan memadukan analisis dokumen dan kebijakan, literatur, data kuantitatif, serta pembelajaran dari berbagai negara, kajian ini mempertanyakan kembali posisi biofuel dalam kerangka transisi energi yang berkeadilan.

Kajian ini menawarkan tiga arah strategis: memperkuat *biofuel* berbasis komunitas agar manfaatnya lebih inklusif; mengarahkan biofuel pada sektor transportasi yang sulit dielektrifikasi, terutama transportasi laut dan udara; serta mengintegrasikan pengembangan bioenergi dengan restorasi lahan dan penguatan fungsi ekologis tanpa mengorbankan hutan alam dan hak masyarakat.

Karena itu, pertanyaan tentang masa depan *biofuel* bukan sekadar seberapa tinggi target yang dapat dicapai, tetapi apakah target tersebut selaras dengan realitas sosial, ekonomi, teknis, dan ekologis Indonesia. Transisi energi yang berkeadilan membutuhkan *biofuel* yang tidak hanya lebih besar, tetapi juga lebih tepat guna, inklusif, transparan, dan menghormati batas ekologis.