

Adopsi Agroteknologi, Efisiensi Produksi, dan Kinerja Agribisnis Perkebunan Kelapa Sawit Rakyat dan Perusahaan dalam Mendukung Implementasi Biodiesel B50 di Indonesia

Surya Fajri¹, Heru Gunawan², Indra Satria³, Azwar Anas⁴, ,

^{1,2,3,4} Fakultas Pertanian, Universitas Asahan Jl. Jend. Ahmad Yani, Kisaran, Asahan, Sumatera Utara 21224

ARTICLE INFO

Article history:

Received Jul 12, 2026

Revised Jul 19, 2026

Accepted Jul 26, 2026

Keywords:

Adopsi teknologi

Biodiesel B50

Efisiensi teknis

Kelapa sawit rakyat

Kinerja agribisnis

ABSTRACT

Mandatori biodiesel B50 yang berlaku sejak 1 Juli 2026 meningkatkan kebutuhan minyak sawit mentah (CPO) domestik hingga 15,7 juta ton per tahun, sementara produksi CPO nasional stagnan pada kisaran 48–51 juta ton dan kesenjangan produktivitas antara perkebunan rakyat dan perusahaan masih lebar. Tujuan: Penelitian ini bertujuan menganalisis perbandingan tingkat adopsi agroteknologi, efisiensi teknis produksi, dan kinerja agribisnis antara perkebunan kelapa sawit rakyat dan perusahaan serta implikasinya terhadap pemenuhan bahan baku B50. Metode: Penelitian menggunakan pendekatan campuran (mixed methods) dengan strategi concurrent embedded berdesain komparatif di Kabupaten Asahan, Sumatera Utara, pada Januari–Mei 2026 terhadap 30 pekebun swadaya dan empat unit kebun perusahaan yang dipilih secara purposive; data dianalisis dengan indeks adopsi teknologi, Data Envelopment Analysis (DEA), dan analisis pendapatan usahatani (R/C ratio) yang diperdalam dengan wawancara kualitatif. Hasil: Indeks adopsi agroteknologi perkebunan rakyat hanya 58,4 persen dibandingkan 91,7 persen pada perusahaan; rata-rata efisiensi teknis rakyat 0,672 (CRS) dengan hanya 10,0 persen unit efisien, sedangkan perusahaan mencapai 0,928; produktivitas tandan buah segar rakyat 14,6 ton per hektare per tahun berbanding 21,8 ton pada perusahaan, dengan R/C ratio 1,86 berbanding 2,34. Kesimpulan: Peningkatan adopsi agroteknologi kebun rakyat melalui peremajaan, benih bersertifikat, dan pemupukan berimbang merupakan jalur intensifikasi paling realistis untuk menutup defisit bahan baku B50 tanpa ekspansi lahan. Kebaruan penelitian ini terletak pada integrasi analisis komparatif adopsi teknologi, efisiensi DEA, dan kinerja agribisnis dua tipologi pengelolaan sawit dalam kerangka kebijakan energi B50 yang belum pernah dikaji sebelumnya

Corresponding Author:

Surya Fajri,
Fakultas Pertanian,
Universitas Asahan,
Jl. Jend. Ahmad Yani, Kisaran, Asahan, Sumatera Utara 21224.
Email: bankfajri@gmail.com

1. PENDAHULUAN

Kelapa sawit merupakan komoditas perkebunan paling strategis dalam perekonomian Indonesia. Luas areal perkebunan kelapa sawit nasional mencapai 16,83 juta hektare dengan produksi minyak sawit mentah (crude palm oil/CPO) pada kisaran 48–51 juta ton per tahun dalam lima tahun terakhir, menjadikan Indonesia produsen sekaligus eksportir minyak sawit terbesar dunia (Perkebunan, 2023). Dari total luasan tersebut, perkebunan rakyat menguasai sekitar 41 persen atau 6,9 juta hektare, sementara sisanya dikelola perkebunan besar swasta dan negara. Sektor ini menyerap lebih dari 16 juta tenaga kerja langsung dan tidak langsung serta menyumbang devisa ekspor

terbesar di luar minyak dan gas, sehingga dinamika kebijakan yang menyentuh komoditas ini berdampak luas terhadap perekonomian nasional (Purba & Sipayung, 2017); (Gatto et al., 2015).

Peran strategis kelapa sawit semakin menguat seiring transformasi kebijakan energi nasional. Pemerintah Indonesia secara bertahap menaikkan mandatori pencampuran biodiesel dari B30 (2020), B35 (2023), B40 (2025), hingga B50 yang resmi diberlakukan pada 1 Juli 2026. Realisasi penyaluran biodiesel tahun 2025 mencapai 14,94 juta kiloliter atau 95,67 persen dari target, dan target penyaluran 2026 direvisi naik menjadi 17,60 juta kiloliter setelah B50 diberlakukan. Konsumsi CPO domestik untuk biodiesel diproyeksikan mencapai 15,7–16 juta ton per tahun pada implementasi penuh B50, dengan tambahan kebutuhan 1,74 juta ton pada semester kedua 2026 dan 3–3,5 juta ton per tahun pada pelaksanaan setahun penuh. Kebijakan ini diestimasikan menghemat devisa Rp157,28 triliun dan menurunkan emisi 46,72 juta ton CO₂, tetapi pada saat yang sama menekan volume ekspor dan penerimaan pungutan ekspor yang menjadi sumber pembiayaan insentif biodiesel (Halimatussadiah et al., 2021); (Dharmawan et al., 2020).

Di balik optimisme kebijakan tersebut, fenomena terkini justru menunjukkan ketegangan struktural antara ambisi kebijakan energi dan kapasitas produksi hulu. Ketika konsumsi domestik meningkat cepat sementara produksi stagnan dan moratorium pembukaan lahan baru tetap berlaku, satu-satunya jalur pemenuhan bahan baku yang berkelanjutan adalah intensifikasi produksi pada lahan eksisting (Mukherjee & Sovacool, 2014); (Naylor & Higgins, 2018). Di sinilah kesenjangan produktivitas antara dua tipologi pengelolaan menjadi krusial: produktivitas CPO perkebunan rakyat rata-rata hanya 2,5–3,2 ton per hektare per tahun, jauh di bawah perkebunan perusahaan yang mencapai 4–5 ton, bahkan lebih rendah lagi dibandingkan potensi genetik bahan tanam unggul sebesar 7–8 ton (Woittiez et al., 2017); (Euler, Hoffmann, et al., 2016). Kesenjangan hasil (yield gap) ini bersumber dari perbedaan adopsi agroteknologi, mulai dari penggunaan benih bersertifikat, pemupukan berimbang, pengendalian organisme pengganggu tanaman, hingga manajemen panen.

Permasalahan penelitian ini berangkat dari kenyataan bahwa keberhasilan B50 secara langsung dipertaruhkan pada kemampuan perkebunan rakyat menaikkan produktivitasnya. Program Peremajaan Sawit Rakyat (PSR) menargetkan produktivitas kebun rakyat naik menjadi 6–8 ton tandan buah segar (TBS) per hektare per semester, namun realisasi peremajaan masih jauh di bawah target tahunan 180 ribu hektare. Apabila kesenjangan adopsi teknologi dan efisiensi produksi tidak tertangani, implementasi B50 berisiko menggerus volume ekspor hingga 13–20 juta ton CPO, menekan penerimaan negara, dan pada gilirannya memperlemah keberlanjutan skema insentif biodiesel itu sendiri (Dharmawan et al., 2020); (Jelsma et al., 2017). Ironisnya, pekebun rakyat yang diharapkan menjadi penopang pasokan justru kelompok yang paling tertinggal secara teknologi dan kelembagaan (Krishna et al., 2017).

Meskipun urgensi persoalan tersebut nyata, kajian komparatif yang mengaitkan langsung adopsi agroteknologi, efisiensi produksi, dan kinerja agribisnis dua tipologi pengelolaan sawit dalam kerangka kebijakan B50 masih sangat terbatas. Penelitian terdahulu umumnya menyoroti satu dimensi secara terpisah: kesenjangan hasil agronomis (Woittiez et al., 2017), determinan adopsi input pada pekebun swadaya (Euler, Schwarze, et al., 2016), efisiensi teknis pekebun plasma (Alwarritzi et al., 2015), dampak sosial-ekonomi ekspansi sawit (Gatto et al., 2015), atau dilema keberlanjutan kebijakan biodiesel pada tataran makro (Halimatussadiah et al., 2021). Belum ada studi yang mengintegrasikan ketiga dimensi tersebut secara komparatif antara perkebunan rakyat dan perusahaan, apalagi yang memosisikannya dalam konteks kebutuhan bahan baku B50 yang baru resmi berlaku. Sintesis penelitian terdahulu disajikan pada Tabel 1. Kebaruan (novelty) penelitian ini adalah integrasi analisis indeks adopsi agroteknologi, efisiensi Data Envelopment Analysis (DEA), dan kinerja agribisnis dalam satu kerangka komparatif rakyat–perusahaan yang secara eksplisit dihubungkan dengan neraca bahan baku kebijakan biodiesel B50.

Tabel 1. Sintesis literatur terdahulu

Peneliti (Tahun)	Fokus kajian	Temuan utama	Celah penelitian
Woittiez et al. (2017)	Yield gap kelapa sawit	Kesenjangan hasil hingga 50% dari potensi, terutama akibat pemupukan dan bahan tanam	Tidak membandingkan tipologi pengelolaan

Peneliti (Tahun)	Fokus kajian	Temuan utama	Celah penelitian
Euler, Schwarze, et al. (2016)	Ekspansi sawit pekebun swadaya Sumatera	Adopsi input pekebun swadaya rendah dan heterogen	Tidak mengukur efisiensi dan kinerja usaha
Alwarritzi et al. (2015)	Efisiensi teknis pekebun sawit (DEA)	Rata-rata efisiensi teknis pekebun 0,63; dipengaruhi umur tanaman dan luas lahan	Tanpa pembandingan kebun perusahaan
Gatto et al. (2015)	Dinamika penggunaan lahan sawit	Booming sawit mengubah struktur agraria pedesaan	Tidak menyentuh dimensi teknologi produksi
Krishna et al. (2017)	Dampak kesejahteraan ekspansi sawit	Manfaat ekonomi terdistribusi tidak merata antarpelaku	Tidak mengaitkan dengan kebijakan energi
Jelsma et al. (2017)	Tipologi pekebun swadaya	Heterogenitas pekebun menuntut intervensi terdiferensiasi	Tidak menganalisis efisiensi kuantitatif
Halimatussadiyah et al. (2021)	Ekonomi kebijakan biodiesel progresif	Proposisi ekonomi biodiesel sensitif terhadap disparitas harga CPO–solar	Analisis makro, tanpa dimensi usahatani
Dharmawan et al. (2020)	Dilema keberlanjutan biodiesel	Trade-off energi, ekspor, dan keberlanjutan bahan baku	Tidak menguji kesiapan hulu secara empiris

Sumber: Diolah dari berbagai literatur (2015–2021)

Bertolak dari celah tersebut, penelitian ini bertujuan membandingkan tingkat adopsi agroteknologi, efisiensi teknis produksi (DEA), dan kinerja agribisnis antara perkebunan kelapa sawit rakyat dan perusahaan, serta merumuskan implikasinya terhadap strategi pemenuhan bahan baku biodiesel B50. Hasilnya diharapkan menjadi basis empiris kebijakan intensifikasi perkebunan rakyat sebagai penopang keberlanjutan mandatori biodiesel nasional

2. METODE PENELITIAN

Lokasi dan Waktu Penelitian

Penelitian dilaksanakan di Kabupaten Asahan, Provinsi Sumatera Utara, pada Januari hingga Mei 2026. Lokasi dipilih secara sengaja (purposive) dengan pertimbangan Kabupaten Asahan merupakan salah satu sentra kelapa sawit utama di Sumatera Utara yang memiliki koeksistensi perkebunan rakyat swadaya, perkebunan besar negara, dan perkebunan besar swasta dalam satu lanskap agroekologi yang relatif homogen, sehingga perbandingan antartipologi pengelolaan dapat dilakukan dengan meminimalkan bias kondisi biofisik. Posisi geografis lokasi penelitian pada lanskap Pulau Sumatera disajikan pada Gambar 1; Kabupaten Asahan terletak di pesisir timur Sumatera Utara yang berbatasan dengan Selat Malaka, koridor sentra sawit tertua di Indonesia dengan kerapatan pabrik kelapa sawit yang tinggi.



Gambar 1. Peta lokasi penelitian di Kabupaten Asahan, Provinsi Sumatera Utara

Jenis dan Sumber Data

Penelitian ini secara eksplisit menggunakan pendekatan campuran (mixed methods) dengan strategi concurrent embedded design: komponen kuantitatif menjadi metode dominan untuk mengukur adopsi, efisiensi, dan kinerja secara komparatif-eksplanatif, sedangkan komponen kualitatif disisipkan untuk menggali konteks, alasan, dan hambatan di balik angka-angka tersebut. Data primer kuantitatif dikumpulkan melalui wawancara terstruktur berpedoman kuesioner kepada pekebun swadaya dan penelusuran catatan produksi kebun perusahaan, sementara data kualitatif diperoleh melalui wawancara mendalam dengan manajemen kebun, penyuluh, dan pengurus kelembagaan pekebun, serta observasi lapangan terhadap praktik budidaya. Data sekunder mencakup statistik produksi dan luas areal dari Badan Pusat Statistik dan Direktorat Jenderal Perkebunan, dokumen kebijakan mandatori biodiesel Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral, laporan Gabungan Pengusaha Kelapa Sawit Indonesia (GAPKI), catatan produksi unit kebun perusahaan, serta publikasi ilmiah pada jurnal bereputasi.

Metode Pengambilan Sampel

Sampel pekebun rakyat sebanyak 30 pekebun swadaya ditentukan secara purposive sampling dengan kriteria: mengelola kebun sawit menghasilkan berumur 8–20 tahun, luas pengusahaan 1–10 hektare, dan berdomisili di tiga kecamatan sentra produksi. Sampel perusahaan sebanyak empat unit kebun (satu kebun perkebunan negara dan tiga kebun perkebunan besar swasta) dipilih dengan kriteria memiliki tanaman menghasilkan pada kelas umur setara dengan sampel rakyat serta bersedia memberikan data produksi dan biaya. Justifikasi penggunaan purposive sampling adalah ketiadaan kerangka sampel (sampling frame) pekebun swadaya yang lengkap serta kebutuhan komparabilitas kelas umur tanaman antarkelompok (Jelsma et al., 2017). Penentuan jumlah sampel didasarkan pada dua pertimbangan. Pertama, keterwakilan: 30 pekebun memenuhi ambang minimal 30 unit yang lazim disyaratkan untuk analisis statistik parametrik berdasarkan teorema limit pusat, sekaligus memenuhi kaidah praktis DEA bahwa jumlah unit pengamatan sekurang-kurangnya tiga kali jumlah total input dan output (5 variabel $\times$ 3 = 15 unit) agar daya pembeda frontier terjaga (Coelli et al., 2005); sementara itu, empat unit kebun merupakan sensus terhadap seluruh perusahaan di wilayah studi yang memenuhi kriteria kelas umur dan bersedia membuka data produksi serta biaya. Kedua, saturasi data untuk komponen kualitatif: wawancara mendalam dihentikan pada informan kesebelas karena tiga informan terakhir tidak lagi memunculkan tema baru, yang menandakan kejenuhan informasi telah tercapai.

Metode Analisis Data

Tujuan pertama dianalisis menggunakan indeks adopsi agroteknologi yang mengukur penerapan tujuh komponen teknologi anjuran: benih unggul bersertifikat, pemupukan berimbang sesuai rekomendasi, pengendalian organisme pengganggu tanaman terpadu, kastrasi dan penunasan, kriteria panen matang optimal, peremajaan tepat waktu, dan pencatatan usaha. Indeks adopsi dihitung dengan formula (Rogers, 2003); (Feder et al., 1985):

$$IA = (\sum Si / \sum Smaks) \times 100\% \quad \dots\dots\dots (1)$$

Keterangan:

IA = indeks adopsi agroteknologi (%)

Si = skor penerapan komponen teknologi ke-i (0–3)

Smaks = skor maksimum seluruh komponen

Sebagai ilustrasi perhitungan, pekebun yang memperoleh total skor 12 dari skor maksimum 21 (tujuh komponen $\times$ skor maksimum 3) memiliki $IA = (12/21) \times 100\% = 57,1$ persen, sehingga tergolong kategori adopsi sedang (interval 40–60 persen). Selanjutnya, tujuan kedua dianalisis dengan Data Envelopment Analysis (DEA) berorientasi input pada asumsi constant returns to scale (CRS) model CCR (Charnes et al., 1978) dan variable returns to scale (VRS) model BCC (Banker et al., 1984), dengan output berupa produksi TBS (kg/ha/tahun) dan input meliputi pupuk (kg/ha), herbisida (liter/ha), tenaga kerja (HOK/ha), dan biaya perawatan (Rp/ha). Skor efisiensi teknis diperoleh dari penyelesaian program linier (Coelli et al., 2005); (Farrell, 1957):

$$\min \theta, \lambda \text{ } \theta; \text{ syarat: } -y_i + Y\lambda \geq 0; \theta x_i - X\lambda \geq 0; \lambda \geq 0 \quad \dots\dots\dots (2)$$

Keterangan:

θ = skor efisiensi teknis unit ke-i ($0 < \theta \leq 1$)

y_i, x_i = vektor output dan input unit ke-i

Y, X = matriks output dan input seluruh unit

λ = vektor bobot intensitas

Efisiensi skala dihitung sebagai rasio skor CRS terhadap VRS. Tujuan ketiga dianalisis dengan analisis pendapatan usahatani dan rasio penerimaan terhadap biaya (Soekartawi, 2016):

$$R/C = TR / TC = (Y \times P_y) / (FC + VC) \quad \dots\dots\dots (3)$$

Keterangan:

R/C = rasio penerimaan terhadap biaya

TR = penerimaan total (Rp/ha/tahun); TC = biaya total (Rp/ha/tahun)

Y = produksi TBS (kg); P_y = harga TBS (Rp/kg)

FC = biaya tetap; VC = biaya variabel

Sebagai contoh, usahatani dengan produksi TBS 14.600 kg per hektare per tahun pada harga Rp2.750 per kilogram memperoleh penerimaan total Rp40,15 juta; apabila biaya totalnya Rp21,60 juta, maka $R/C = 40,15/21,60 = 1,86$, yang berarti setiap satu rupiah biaya menghasilkan Rp1,86 penerimaan. Untuk melengkapi analisis, perbedaan rerata antarkelompok diuji dengan uji-t sampel independen pada taraf nyata lima persen, sedangkan tujuan keempat dianalisis secara deskriptif-kuantitatif dengan menghitung kontribusi potensial peningkatan produktivitas kebun rakyat terhadap neraca kebutuhan CPO program B50. Definisi operasional variabel disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Definisi operasional variabel

Variabel	Definisi operasional	Indikator	Skala
Adopsi agroteknologi	Tingkat penerapan tujuh komponen teknologi budidaya anjuran	Indeks adopsi (%)	Rasio
Produksi TBS	Bobot tandan buah segar yang dipanen per satuan luas per tahun	kg/ha/tahun	Rasio
Input pupuk	Jumlah pupuk makro yang diaplikasikan per satuan luas	kg/ha/tahun	Rasio
Tenaga kerja	Curahan kerja budidaya dan panen setara hari orang kerja	HOK/ha/tahun	Rasio
Efisiensi teknis	Rasio output aktual terhadap output potensial pada frontier	Skor DEA (0–1)	Rasio
Penerimaan usaha	Nilai produksi TBS pada harga jual yang diterima	Rp/ha/tahun	Rasio
Kinerja agribisnis	Kelayakan ekonomi usaha berdasarkan perbandingan penerimaan dan biaya	R/C ratio	Rasio

Sumber: Dikembangkan dari (Soekartawi, 2016) dan (Coelli et al., 2005)

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Gambaran Umum Objek Penelitian

Karakteristik kedua tipologi pengelolaan menunjukkan perbedaan struktural yang mendasar. Pekebun swadaya rata-rata mengelola 3,2 hektare dengan umur tanaman dominan 12–18 tahun, sebagian besar (63,3 persen) menggunakan bahan tanam tidak bersertifikat yang diperoleh dari pembibitan lokal, dan hanya 20,0 persen yang tergabung dalam kelembagaan kelompok tani atau koperasi aktif. Sebaliknya, seluruh unit kebun perusahaan menggunakan bahan tanam unggul bersertifikat, menerapkan standar prosedur operasional budidaya tertulis, memiliki tenaga agronomis khusus, dan terhubung langsung dengan pabrik kelapa sawit sehingga rantai pasok TBS lebih pendek. Karakteristik responden dan unit analisis di Kabupaten Asahan hasil survei tahun 2026 disajikan pada Tabel 3. Temuan ini konsisten dengan tipologi pekebun swadaya yang dilaporkan

(Jelsma et al., 2017) bahwa mayoritas pekebun beroperasi dengan dukungan kelembagaan dan akses input yang lemah.

Tabel 3. Karakteristik perkebunan sampel

Karakteristik	Rakyat (n=30)	Perusahaan (n=4)	Keterangan
Rata-rata luas kelolaan (ha)	3,2	3.815	per unit
Umur tanaman dominan (tahun)	12–18	10–17	TM
Bahan tanam bersertifikat (%)	36,7	100,0	
Kepadatan tanam (pohon/ha)	128	136	rata-rata
Keanggotaan kelembagaan (%)	20,0	—	poktan/koperasi
Pengalaman berkebun (tahun)	15,8	—	rata-rata
Jarak ke pabrik kelapa sawit (km)	18,4	6,2	rata-rata

Sumber: Data primer diolah (2026)

Tingkat Adopsi Agroteknologi

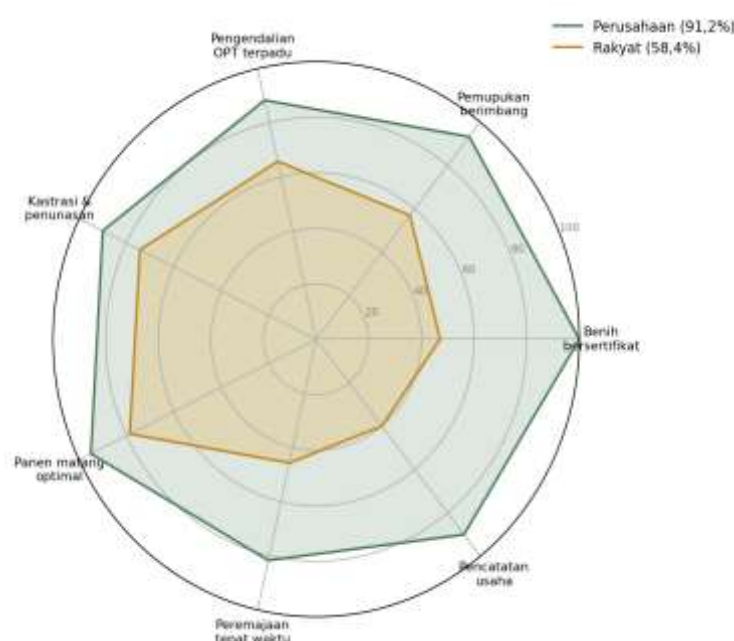
Hasil pengukuran indeks adopsi menunjukkan kesenjangan teknologi yang lebar dan signifikan antara kedua tipologi (Tabel 4). Indeks adopsi agregat perkebunan rakyat sebesar 58,4 persen (kategori sedang), berbeda nyata dengan perusahaan sebesar 91,7 persen (kategori sangat tinggi) pada taraf uji satu persen. Kesenjangan paling tajam terjadi pada komponen benih unggul bersertifikat, peremajaan tepat waktu, dan pencatatan usaha. Rendahnya adopsi benih bersertifikat pada pekebun rakyat merupakan persoalan jangka panjang karena keputusan bahan tanam bersifat tidak terpulihkan selama satu siklus 25 tahun; kebun yang telanjur dibangun dengan benih palsu akan terkunci pada produktivitas rendah sepanjang umur ekonomisnya (Woittiez et al., 2017). Pola serupa dilaporkan (Euler, Schwarze, et al., 2016) bahwa keterbatasan modal, informasi, dan akses kelembagaan menjadi penghambat utama adopsi input pada pekebun swadaya Sumatera, serta sejalan dengan kerangka (Feder et al., 1985) bahwa ketidakpastian dan kendala kredit menekan laju adopsi teknologi yang membutuhkan investasi awal besar. Secara kritis perlu dicatat bahwa kesenjangan adopsi dalam penelitian ini lebih lebar daripada yang umum dilaporkan pada studi pekebun plasma; penjelasannya terletak pada komposisi sampel yang seluruhnya pekebun swadaya murni tanpa riwayat kemitraan inti-plasma, sehingga mereka tidak pernah menerima paket teknologi, bahan tanam, dan pendampingan yang biasanya melekat pada skema plasma (Jelsma et al., 2017). Dengan kata lain, angka adopsi rendah di sini bukan semata cermin kapasitas individu pekebun, melainkan cermin absennya saluran kelembagaan transfer teknologi - sebuah perbedaan diagnosis yang berimplikasi pada pilihan intervensi kebijakan.

Tabel 4. Skor adopsi agroteknologi (%)

Komponen teknologi	Rakyat (%)	Perusahaan (%)	Selisih (%)
Benih unggul bersertifikat	46,7	100,0	53,3
Pemupukan berimbang sesuai rekomendasi	56,7	91,7	35,0
Pengendalian OPT terpadu	65,6	91,7	26,1
Kastrasi dan penunasan	74,4	91,7	17,3
Kriteria panen matang optimal	78,9	100,0	21,1
Peremajaan tepat waktu	45,6	83,3	37,7
Pencatatan usaha (farm record)	41,1	83,3	42,2
Indeks adopsi agregat	58,4	91,7	33,3

Keterangan: Angka merupakan persentase skor adopsi terhadap skor maksimum tiap komponen, bukan proporsi pekebun; selisih agregat signifikan pada uji-t ($p < 0,01$). Sumber: Data primer diolah (2026)

Visualisasi profil adopsi dalam bentuk kurva radar (Gambar 2) memperlihatkan pola kesenjangan secara lebih intuitif: poligon adopsi perusahaan hampir memenuhi lingkaran luar secara merata pada ketujuh sumbu, sedangkan poligon rakyat menyempit tajam pada tiga sumbu yang sama, yaitu benih bersertifikat, peremajaan, dan pencatatan usaha. Bentuk poligon rakyat yang timpang ini mengandung informasi diagnostik penting: komponen yang relatif tinggi adopsinya (panen matang, kastrasi-penunasan) adalah praktik berbiaya rendah dan berbalikan cepat, sedangkan komponen yang paling tertinggal justru praktik berinvestasi besar dan berbalikan lambat. Pola demikian konsisten dengan prediksi teori adopsi bahwa petani kecil merespons cepat inovasi murah-berisiko-rendah dan menunda inovasi padat modal (Rogers, 2003); (Feder et al., 1985), sehingga intervensi kebijakan yang efektif harus menyasar pelonggaran kendala modal dan risiko, bukan sekadar penyuluhan pengetahuan.



Gambar 2. Kurva radar profil adopsi tujuh komponen agroteknologi

Efisiensi Teknis Produksi

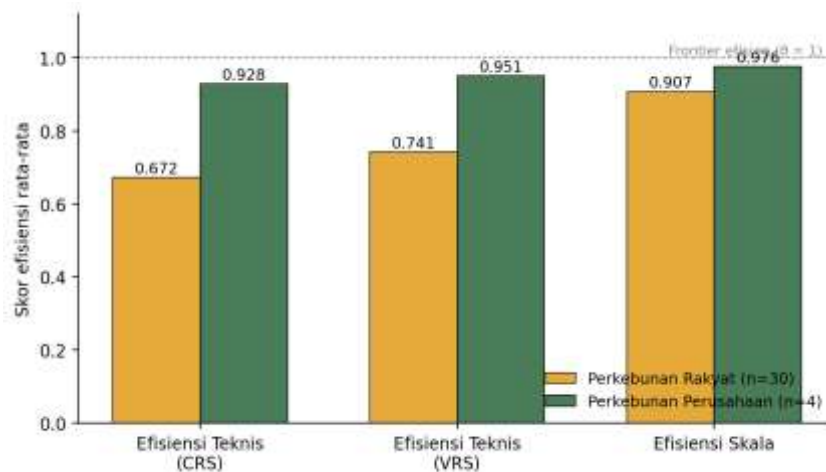
Hasil analisis DEA memperkuat temuan kesenjangan adopsi (Tabel 5; Gambar 3). Rata-rata efisiensi teknis perkebunan rakyat hanya 0,672 pada asumsi CRS dan 0,741 pada asumsi VRS, yang berarti dengan tingkat output yang sama pekebun rakyat sesungguhnya dapat menghemat penggunaan input sekitar 26–33 persen apabila beroperasi pada praktik terbaik. Hanya tiga pekebun (10,0 persen) yang berada pada frontier efisien, sementara dua dari empat unit kebun perusahaan (50,0 persen) efisien penuh dengan rata-rata skor 0,928. Nilai efisiensi skala rakyat sebesar 0,907 mengindikasikan sebagian inefisiensi bersumber dari skala usaha yang belum optimal, namun porsi terbesar tetap merupakan inefisiensi teknis murni akibat kesalahan alokasi dan aplikasi input, khususnya pemupukan yang tidak berimbang antara dosis, jenis, dan waktu aplikasi. Temuan ini sejalan dengan (Alwarritzi et al., 2015) yang melaporkan rata-rata efisiensi teknis pekebun sawit Indonesia sebesar 0,63. Skor rata-rata yang sedikit lebih tinggi dalam penelitian ini (0,672) dapat dijelaskan oleh tiga faktor: sampel dibatasi pada tanaman menghasilkan kelas umur produktif 8–20 tahun sehingga unit dengan tanaman tua-renta tereliminasi, lokasi studi merupakan sentra sawit mapan dengan kepadatan pabrik tinggi yang memperbaiki akses input dan pasar, serta frontier dibentuk bersama unit perusahaan yang justru memperjelas jarak inefisiensi relatif. Sebaliknya, besaran kesenjangan hasil yang teridentifikasi (sekitar 33 persen dari capaian perusahaan) lebih kecil daripada estimasi (Woittiez et al., 2017) sebesar 40–50 persen dari potensi; perbedaan ini bersumber dari acuan pembandingan yang digunakan, yakni praktik terbaik aktual perusahaan

setempat dalam penelitian ini versus potensi hasil terbatas air (water-limited potential yield) pada kajian tersebut. Keduanya konvergen pada satu diagnosis: manajemen hara adalah penyumbang inefisiensi terbesar setelah kualitas bahan tanam.

Tabel 5. Sebaran skor efisiensi teknis (CRS)

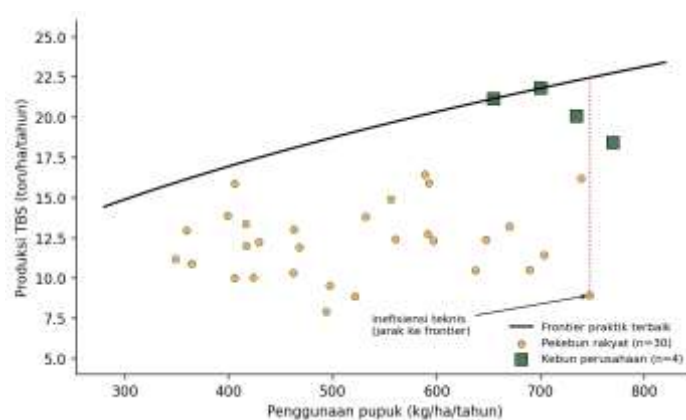
Kelas skor efisiensi	Rakyat (unit)	Rakyat (%)	Perusahaan (unit)
1,000 (efisien penuh)	3	10,0	2
0,800–0,999	5	16,7	2
0,600–0,799	12	40,0	0
0,400–0,599	9	30,0	0
< 0,400	1	3,3	0
Rata-rata skor	0,672	—	0,928

Sumber: Hasil analisis DEA-CCR berorientasi input (2026)



Gambar 3. Perbandingan rata-rata skor efisiensi teknis dan efisiensi skala hasil analisis DEA

Mekanisme di balik skor efisiensi tersebut dapat dijelaskan melalui kurva frontier produksi (Gambar 4) yang memetakan hubungan penggunaan pupuk dengan produksi TBS seluruh unit sampel. Kurva frontier yang cekung ke bawah mencerminkan hukum kenaikan hasil yang semakin berkurang (diminishing returns): tambahan pupuk pada dosis tinggi memberi tambahan produksi yang kian kecil. Titik-titik kebun perusahaan mengelompok rapat di sekitar frontier, sedangkan sebaran pekebun rakyat berada jauh di bawahnya dengan jarak vertikal yang menggambarkan besaran inefisiensi teknis masing-masing unit. Dua pola penting terbaca dari kurva ini. Pertama, sebagian pekebun dengan dosis pupuk tinggi tetap berproduksi rendah, yang mengindikasikan persoalan bukan pada kuantitas melainkan pada ketepatan jenis, waktu, dan cara aplikasi pupuk — temuan yang selaras dengan diagnosis (Woittiez et al., 2017) tentang dominannya salah kelola hara dalam pembentukan yield gap. Kedua, terdapat segelintir pekebun rakyat yang menempel frontier pada dosis moderat; keberadaan mereka membuktikan bahwa praktik terbaik dapat dicapai pada skala kecil, sehingga frontier tersebut realistis dijadikan acuan (benchmark) program pendampingan sesama pekebun (farmer-to-farmer).



Gambar 4. Kurva frontier produksi: hubungan penggunaan pupuk dan produksi TBS unit sampel.

Kinerja Agribisnis

Perbedaan adopsi teknologi dan efisiensi bermuara pada kesenjangan kinerja agribisnis (Tabel 6). Produktivitas TBS perkebunan rakyat 14,6 ton per hektare per tahun atau hanya 67 persen dari capaian perusahaan sebesar 21,8 ton, dengan rendemen minyak yang juga lebih rendah (19,2 persen berbanding 22,1 persen) akibat praktik panen buah mentah dan penundaan pengangkutan. Dari sisi ekonomi, biaya produksi per kilogram TBS pekebun rakyat justru lebih tinggi (Rp1.480 berbanding Rp1.330) karena skala pembelian input kecil dan rantai tataniaga yang panjang melalui pedagang pengumpul memangkas harga jual di tingkat pekebun. Kombinasi produktivitas rendah dan margin tipis menghasilkan R/C ratio 1,86 pada usahatani rakyat berbanding 2,34 pada perusahaan; keduanya layak secara ekonomi ($R/C > 1$) namun ketangguhan usaha rakyat jauh lebih rentan terhadap gejolak harga TBS dan kenaikan harga pupuk (Soekartawi, 2016); (Krishna et al., 2017). Kondisi ini menegaskan bahwa manfaat ekonomi sawit terdistribusi tidak merata di sepanjang rantai nilai, sebagaimana ditemukan (Gatto et al., 2015) pada lanskap sawit Sumatera. Menariknya, temuan R/C usahatani rakyat yang tetap di atas satu sekaligus mengoreksi anggapan bahwa kebun rakyat berproduktivitas rendah tidak menguntungkan; senada dengan (Krishna et al., 2017), usaha sawit rakyat tetap memberikan pengembalian ekonomi yang layak, tetapi selisih R/C sebesar 0,48 poin terhadap perusahaan menunjukkan sebagian besar potensi nilai tambah bocor melalui inefisiensi teknis dan rantai tataniaga, bukan hilang karena komoditasnya sendiri tidak kompetitif.

Tabel 6. Kinerja agribisnis kedua tipologi

Indikator kinerja	Satuan	Rakyat	Perusahaan
Produktivitas TBS	ton/ha/tahun	14,6	21,8
Rendemen minyak (OER)	%	19,2	22,1
Produktivitas setara CPO	ton/ha/tahun	2,80	4,82
Biaya produksi TBS	Rp/kg	1.480	1.330
Harga jual TBS diterima	Rp/kg	2.750	3.120
Penerimaan total	juta Rp/ha/tahun	40,2	68,0
Biaya total	juta Rp/ha/tahun	21,6	29,0
Pendapatan bersih	juta Rp/ha/tahun	18,6	39,0
R/C ratio	—	1,86	2,34

Sumber: Data primer diolah (2026); harga rata-rata Januari–Mei 2026

Untuk menelusuri sumber perbedaan biaya, Tabel 7 merinci struktur biaya usaha kedua tipologi. Terlihat bahwa pekebun rakyat mengalokasikan porsi pupuk lebih kecil secara absolut (Rp7,4 juta berbanding Rp11,8 juta per hektare) tetapi menanggung biaya transportasi TBS per

hektare yang justru lebih tinggi (Rp2,0 juta berbanding Rp1,6 juta) akibat jarak angkut rata-rata tiga kali lipat dan volume angkut kecil yang tidak menikmati skala ekonomi. Komposisi ini memperjelas dua kanal kebocoran nilai pada usahatani rakyat: underinvestment pada input produktif (pupuk) dan overpayment pada jasa logistik-tataniaga, sehingga perbaikan tidak cukup dilakukan di kebun saja melainkan harus menjangkau rantai pasok

Tabel 7. Struktur biaya usaha per hektare per tahun (juta Rp)

Komponen biaya	Rakyat	Perusahaan	Pangsa rakyat (%)
Pupuk	7,4	11,8	34,3
Herbisida dan pestisida	1,6	2,1	7,4
Tenaga kerja perawatan	4,2	5,4	19,4
Tenaga kerja panen	5,1	6,3	23,6
Transportasi TBS	2,0	1,6	9,3
Penyusutan alat dan lainnya	1,3	1,8	6,0
Biaya total	21,6	29,0	100,0

Sumber: Data primer diolah (2026)

Sintesis Perbandingan dengan Riset Terdahulu

Sebelum menarik implikasi kebijakan, temuan penelitian ini perlu diposisikan terhadap bukti empiris dari riset-riset yang menjadi kerangka rujukan (Tabel 8). Secara keseluruhan, arah temuan konvergen dengan literatur - kesenjangan adopsi, inefisiensi teknis, dan yield gap kebun rakyat merupakan pola yang persisten lintas lokasi dan periode - namun terdapat perbedaan besaran yang informatif. Skor efisiensi rakyat pada penelitian ini (0,672) sedikit di atas estimasi (Alwarritzi et al., 2015) sebesar 0,63 karena pembatasan kelas umur produktif dan lokasi sentra mapan, sedangkan yield gap 33 persen lebih konservatif daripada rentang 40–50 persen (Woittiez et al., 2017) karena acuan pembandingnya adalah praktik terbaik aktual lokal, bukan potensi teoretis. Konvergensi lintas studi dengan metode dan lokasi berbeda ini memperkuat validitas eksternal temuan sekaligus menegaskan bahwa persoalan produktivitas kebun rakyat bersifat struktural, bukan anomali lokal.

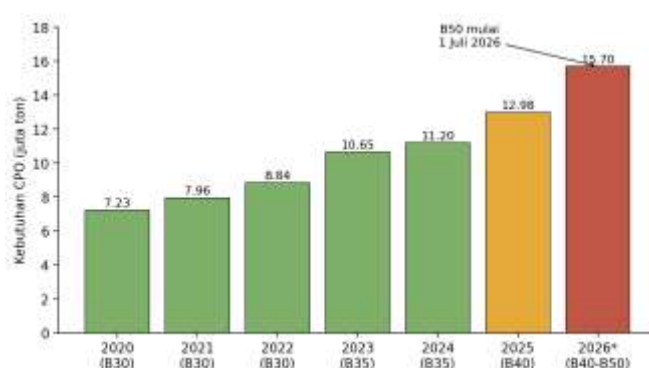
Tabel 8. Posisi temuan penelitian terhadap riset terdahulu

Aspek	Temuan penelitian ini	Riset terdahulu	Posisi temuan
Efisiensi teknis pekebun (DEA)	0,672 (CRS); 10,0% unit efisien	0,63; dipengaruhi umur tanaman dan luas lahan (Alwarritzi et al., 2015)	Konvergen; sedikit lebih tinggi karena seleksi kelas umur
Yield gap kebun rakyat	33% terhadap praktik terbaik lokal	40–50% terhadap potensi hasil (Woittiez et al., 2017; Euler, Hoffmann, et al., 2016)	Konvergen arah; berbeda acuan pembeding
Adopsi input pekebun swadaya	Indeks 58,4%; terendah pada pencatatan, peremajaan, dan benih	Adopsi rendah dan heterogen di Sumatra (Euler, Schwarze, et al., 2016; Jelsma et al., 2017)	Konvergen; kesenjangan lebih lebar pada swadaya murni
Kelayakan ekonomi usaha rakyat	R/C 1,86; tetap layak meski margin tipis	Sawit meningkatkan pendapatan tetapi manfaat tidak merata (Krishna et al., 2017; Gatto et al., 2015)	Konvergen; mengoreksi anggapan kebun rakyat tidak menguntungkan
Keberlanjutan bahan baku biodiesel	Intensifikasi rakyat berpotensi +7 juta ton CPO	Kesiapan hulu menjadi dilema kebijakan (Dharmawan et al., 2020; Halimatussadih et al., 2021)	Melengkapi; memberi kuantifikasi empiris sisi hulu

Sumber: Sintesis penulis terhadap literatur terpilih (2026).

Implikasi terhadap Pemenuhan Bahan Baku Biodiesel B50

Pada tataran kebijakan, temuan mikro tersebut perlu diletakkan dalam trajektori kebutuhan CPO domestik untuk biodiesel yang meningkat tajam seiring eskalasi mandatori dari B30 hingga B50 (Gambar 5). Pada implementasi penuh B50, kebutuhan CPO domestik untuk energi diperkirakan 15,7–16 juta ton per tahun dengan tambahan permintaan 3–3,5 juta ton dibandingkan era B40, sementara moratorium lahan menutup opsi ekspansi ekstensif. Hasil penelitian ini menunjukkan ruang intensifikasi yang sangat besar justru berada pada perkebunan rakyat: apabila kesenjangan produktivitas setara CPO sebesar 2,02 ton per hektare dapat ditutup separuhnya saja pada 6,9 juta hektare kebun rakyat nasional, tambahan pasokan potensial mencapai sekitar 7 juta ton CPO per tahun, atau dua kali lipat kebutuhan tambahan B50 pada tahun penuh. Dengan kata lain, keberlanjutan B50 tidak terkendala ketersediaan lahan melainkan terkendala kecepatan transfer agroteknologi ke kebun rakyat. Temuan ini memberi basis empiris pada peringatan (Dharmawan et al., 2020) bahwa kebijakan biodiesel progresif hanya berkelanjutan apabila disertai perbaikan fundamental di sisi hulu, serta memperkuat argumen (Mukherjee & Sovacool, 2014) bahwa dimensi keadilan bagi pekebun kecil menentukan legitimasi jangka panjang biofuel berbasis sawit. Prioritas intervensi yang ditunjukkan data adalah percepatan Peremajaan Sawit Rakyat dengan jaminan benih bersertifikat, pendampingan pemupukan berimbang berbasis analisis daun dan tanah, penguatan kelembagaan pekebun untuk memperpendek rantai tataniaga TBS, serta perluasan skema kemitraan pekebun–pabrik yang memberi insentif mutu panen (Naylor & Higgins, 2018). Bagi pemerintah daerah, implikasi praktisnya sangat konkret: dinas pertanian kabupaten perlu mempercepat penerbitan Surat Tanda Daftar Budidaya (STDB) yang menjadi prasyarat administratif pekebun mengakses dana peremajaan, membangun basis data spasial kebun rakyat per kelas umur sebagai dasar penargetan peremajaan dan penyuluhan, memfasilitasi penangkar benih bersertifikat di tingkat kecamatan agar benih legal tersedia dekat dan terjangkau, serta menempatkan penyuluh terlatih agronomi sawit pada sentra dengan rasio pendampingan yang memadai. Bagi pelaku usaha, pabrik kelapa sawit dapat mengembangkan kemitraan pasokan langsung dengan koperasi pekebun disertai skema harga berbasis rendemen yang memberi premi bagi buah matang optimal, membuka unit pembibitan bermitra, dan menyediakan layanan analisis daun–tanah berbayar terjangkau; sementara lembaga keuangan daerah dapat merancang kredit peremajaan dengan tenor menyesuaikan masa tanaman belum menghasilkan. Sinergi ketiga aktor inilah yang menentukan seberapa cepat ruang intensifikasi 7 juta ton CPO tersebut dapat direalisasikan.



Gambar 5. Perkembangan kebutuhan CPO domestik untuk program mandatori biodiesel, 2020–2026 (*proyeksi setara tahunan pascaimplementasi B50 per 1 Juli 2026)

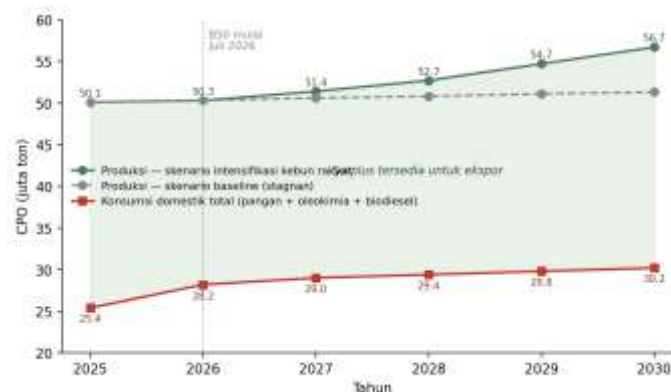
Untuk mengoperasionalkan argumen intensifikasi, Tabel 9 menyajikan tiga skenario penutupan kesenjangan produktivitas kebun rakyat nasional beserta implikasinya terhadap neraca B50, sedangkan Gambar 6 memproyeksikan lintasan neraca CPO 2025–2030 pada skenario baseline dan skenario intensifikasi moderat. Pada skenario baseline dengan produksi stagnan, lonjakan konsumsi domestik pascaimplementasi B50 menggerus surplus ekspor dari sekitar 24,7 juta ton (2025) menjadi 21,1 juta ton (2030), yang berarti tekanan langsung terhadap penerimaan

pungutan ekspor pembiayaan insentif biodiesel - persis mekanisme yang diperingatkan Halimatussadiyah et al. (2021). Sebaliknya, skenario intensifikasi moderat yang menutup separuh kesenjangan produktivitas secara bertahap (mempertimbangkan tenggat tiga hingga empat tahun tanaman peremajaan mencapai fase menghasilkan) mampu memulihkan surplus ekspor ke 26,5 juta ton pada 2030 sekaligus mengamankan pasokan biodiesel. Kurva ini menegaskan bahwa jendela waktu intervensi sangat sempit: keputusan investasi peremajaan dan pemupukan yang diambil pada 2026–2027 baru berbuah penuh pada 2029–2030, tepat ketika kebutuhan B50 tahun penuh menekan neraca paling dalam.

Tabel 9. Skenario intensifikasi kebun rakyat dan implikasinya terhadap neraca B50

Skenario	Penutupan gap produktivitas	Tambahan pasokan CPO (juta ton/tahun)	Rasio terhadap tambahan kebutuhan B50*
Pesimis	25%	3,5	1,0–1,2
Moderat	50%	7,0	2,0–2,3
Optimis	75%	10,5	3,0–3,5

Keterangan: *tambahan kebutuhan B50 tahun penuh 3–3,5 juta ton; basis perhitungan: gap setara CPO 2,02 ton/ha pada 6,9 juta ha kebun rakyat. Sumber: Analisis penulis (2026)



Gambar 6. Proyeksi neraca CPO nasional 2025–2030 pada skenario baseline dan intensifikasi kebun rakyat.

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil dan pembahasan, kesimpulan penelitian ini adalah:

1. Adopsi agroteknologi perkebunan rakyat (indeks 58,4 persen; kategori sedang) tertinggal signifikan dari perusahaan (91,7 persen; sangat tinggi), terutama pada benih bersertifikat, peremajaan, dan pencatatan usaha.
2. Efisiensi teknis rakyat (rata-rata 0,672; hanya 10,0 persen unit efisien) jauh di bawah perusahaan (0,928), menyisakan potensi penghematan input 26–33 persen pada tingkat output yang sama.
3. Kinerja agribisnis rakyat tertinggal pada semua indikator — produktivitas TBS 14,6 berbanding 21,8 ton/ha/tahun, setara CPO 2,80 berbanding 4,82 ton, R/C 1,86 berbanding 2,34 — meskipun keduanya tetap layak secara ekonomi.
4. Penutupan separuh kesenjangan produktivitas kebun rakyat nasional berpotensi menambah pasokan sekitar 7 juta ton CPO per tahun, melebihi dua kali kebutuhan tambahan B50 penuh; intensifikasi kebun rakyat adalah kunci keberlanjutan mandatori biodiesel tanpa ekspansi lahan.

Saran yang diajukan adalah:

1. Pemerintah pusat dan daerah: mempercepat realisasi Peremajaan Sawit Rakyat melalui penyederhanaan persyaratan, percepatan STDB, jaminan benih bersertifikat, dan pendampingan agronomis berbasis data spasial kebun.

2. Pelaku usaha: memperluas kemitraan pekebun–pabrik dengan skema harga berbasis rendemen, unit pembibitan bermitra, dan layanan analisis daun–tanah.
3. Pekebun dan kelembagaannya: mengonsolidasikan pembelian input dan penjualan TBS melalui koperasi untuk menekan biaya dan memperbaiki posisi tawar.
4. Penelitian lanjutan: memperluas cakupan agroekologi, menganalisis determinan inefisiensi dengan regresi tahap kedua (Tobit/bootstrap truncated), dan mengevaluasi dampak kausal peremajaan secara kuasi-eksperimental

DAFTAR PUSTAKA

- Alwarritz, W., Nanseki, T., & Chomei, Y. (2015). Analysis of the factors influencing the technical efficiency among oil palm smallholder farmers in Indonesia. *Procedia Environmental Sciences*, 28, 630–638. <https://doi.org/10.1016/j.proenv.2015.07.074>
- Coelli, T. J., Rao, D. S. P., O'Donnell, C. J., & Battese, G. E. (2005). *An introduction to efficiency and productivity analysis* (2nd ed.). Springer.
- 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/ijstdp.150414>
- Euler, M., Hoffmann, M. P., Fathoni, Z., & Schwarze, S. (2016). Exploring yield gaps in smallholder oil palm production systems in eastern Sumatra, Indonesia. *Agricultural Systems*, 146, 111–119. <https://doi.org/10.1016/j.agry.2016.04.007>
- Euler, M., Schwarze, S., Siregar, H., & Qaim, M. (2016). Oil palm expansion among smallholder farmers in Sumatra, Indonesia. *Journal of Agricultural Economics*, 67(3), 658–676. <https://doi.org/10.1111/1477-9552.12163>
- Farrell, M. J. (1957). The measurement of productive efficiency. *Journal of the Royal Statistical Society: Series A (General)*, 120(3), 253–290. <https://doi.org/10.2307/2343100>
- Feder, G., Just, R. E., & Zilberman, D. (1985). Adoption of agricultural innovations in developing countries: A survey. *Economic Development and Cultural Change*, 33(2), 255–298. <https://doi.org/10.1086/451461>
- Gatto, M., Wolini, M., & Qaim, M. (2015). Oil palm boom and land-use dynamics in Indonesia: The role of policies and socioeconomic factors. *Land Use Policy*, 46, 292–303. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2015.03.001>
- 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 Energy*, 170, 302–314. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2021.01.132>
- Jelsma, I., Schoneveld, G. C., Zoomers, A., & van Westen, A. C. M. (2017). Unpacking Indonesia's independent oil palm smallholders: An actor-disaggregated approach to identifying environmental and social performance challenges. *Land Use Policy*, 69, 281–297. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2017.08.012>
- Krishna, V. V., Euler, M., Siregar, H., & Qaim, M. (2017). Differential Livelihood Impacts of Oil Palm Expansion in Indonesia. *Agricultural Economics*, 48(5), 639–653. <https://doi.org/10.1111/agec.12363>
- Mukherjee, I., & Sovacool, B. K. (2014). Palm oil-based biofuels and sustainability in Southeast Asia: A review of Indonesia, Malaysia, and Thailand. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 37, 1–12. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2014.05.001>
- Naylor, R. L., & Higgins, M. M. (2018). The rise in global biodiesel production: Implications for food security. *Global Food Security*, 16, 75–84. <https://doi.org/10.1016/j.gfs.2017.10.004>
- Perkebunan, D. J. (2023). *Statistik perkebunan unggulan nasional 2021–2023: Kelapa sawit*. Kementerian Pertanian RI.
- Purba, J. H. V., & Sipayung, T. (2017). Perkebunan kelapa sawit Indonesia dalam perspektif pembangunan berkelanjutan. *Jurnal Masyarakat Indonesia*, 43(1), 81–94.
- Rogers, E. M. (2003). *Diffusion of innovations* (5th ed.). Free Press.
- Soekartawi. (2016). *Analisis usahatani*. UI Press.
- Woittiez, L. S., van Wijk, M. T., Slingerland, M., van Noordwijk, M., & Giller, K. E. (2017). Yield gaps in oil palm: A quantitative review of contributing factors. *European Journal of Agronomy*, 83, 57–77. <https://doi.org/10.1016/j.eja.2016.11.002>