

Strategi Hilirisasi Minyak Sawit Mentah (Crude Palm Oil) di Provinsi Riau, Indonesia: Kajian Sistematis terhadap Pendekatan, Dampak, dan Arah Kebijakan

Kenepri^{*1}, Mayda Ayu Safitri²

¹ Universitas Abdurrah² Universitas Abdurrah

e-mail: kenepri@univrab.ac.id, 2364201006@student.univrab.ac.id

Diterima: 23 September 2026
Direview: 28 September 2026
Diterbitkan: 28 September 2026

Hak Cipta © 2023 oleh Penulis (dkk) dan Jurnal SUMUR

*This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

Abstract – The downstream processing of crude palm oil (CPO) is one of the strategies to increase the added value of the palm oil industry, promote economic growth, and support sustainable development in Riau Province. Downstream processing involves transforming CPO into various value-added products, such as cooking oil, biodiesel, oleochemicals, and other derivative products. This study aims to examine the development of CPO downstream processing in Riau, particularly from technological, economic, social, environmental, policy, and governance perspectives. This study employs a *Systematic Literature Review* (SLR) method. The findings show that technological developments, including advanced extraction, refining technologies, and *lean manufacturing*, can improve the efficiency and added value of palm oil products. However, CPO downstream processing still faces several challenges, particularly in ensuring equitable economic benefits, environmental management, policy implementation, and coordination among stakeholders. The use of digital technology also has the potential to improve the efficiency and governance of the palm oil industry, but it requires stronger policy support and community involvement. Therefore, stronger collaboration among the government, industry, communities, and academia is needed to ensure that CPO downstream processing in Riau develops in an inclusive and sustainable manner and provides broader benefits to society.

Keywords: CPO downstream processing, palm oil industry, Riau Province, added value, sustainability, governance.

Abstrak □ Hilirisasi minyak sawit mentah (*Crude Palm Oil*/CPO) merupakan salah satu strategi untuk meningkatkan nilai tambah industri sawit, mendorong pertumbuhan ekonomi, dan mendukung pembangunan berkelanjutan di Provinsi Riau. Hilirisasi dilakukan melalui pengolahan CPO menjadi berbagai produk bernilai tambah, seperti minyak goreng, biodiesel, oleokimia, dan produk turunan lainnya. Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji perkembangan hilirisasi CPO di Riau, khususnya dari aspek teknologi, ekonomi, sosial, lingkungan, serta kebijakan dan tata kelola. Penelitian menggunakan metode *Systematic Literature Review*. Hasil kajian menunjukkan bahwa perkembangan teknologi, seperti teknologi ekstraksi, pemurnian, dan *lean manufacturing*, dapat meningkatkan efisiensi dan nilai tambah produk sawit. Namun, hilirisasi CPO masih menghadapi berbagai tantangan, terutama dalam pemerataan manfaat ekonomi, pengelolaan lingkungan, penerapan kebijakan, dan koordinasi antar-pihak. Pemanfaatan teknologi digital memiliki peluang untuk meningkatkan efisiensi dan tata kelola industri sawit, tetapi masih membutuhkan dukungan kebijakan dan keterlibatan masyarakat. Oleh karena itu, diperlukan penguatan kerja sama antara pemerintah, industri, masyarakat, dan akademisi agar hilirisasi CPO di Riau dapat berkembang secara inklusif, berkelanjutan, dan memberikan manfaat yang lebih luas bagi masyarakat.

Kata kunci: hilirisasi CPO, industri sawit, Provinsi Riau, nilai tambah, keberlanjutan, tata kelola.

I. PENDAHULUAN

Minyak sawit mentah atau *Crude Palm Oil* (CPO) merupakan salah satu komoditas strategis yang berkontribusi signifikan terhadap perekonomian Indonesia, khususnya dalam mendukung perkembangan sektor agroindustri. Provinsi Riau dikenal sebagai salah satu sentra utama produksi kelapa sawit nasional, sehingga pertumbuhan industri kelapa sawit turut memengaruhi dinamika perekonomian serta kehidupan sosial masyarakat di wilayah tersebut. Tingginya potensi produksi CPO menjadi peluang strategis bagi Riau untuk tidak hanya berfungsi sebagai wilayah penghasil bahan baku, tetapi juga mengembangkan industri hilir berbasis kelapa sawit melalui pengolahan produk yang memiliki nilai tambah ekonomi lebih tinggi.

Salah satu upaya untuk meningkatkan nilai tambah tersebut melalui hilirisasi industri sawit. Hilirisasi merupakan proses pengolahan CPO menjadi berbagai produk turunan, seperti minyak goreng, biodiesel, oleokimia, dan produk olahan lainnya. Pengembangan hilirisasi diharapkan dapat meningkatkan nilai ekonomi komoditas sawit, menciptakan lapangan kerja, memperkuat

industri dalam negeri, serta mendorong pertumbuhan ekonomi daerah. Selain memberikan manfaat ekonomi, hilirisasi menjadi bagian dari upaya meningkatkan daya saing industri sawit Indonesia dalam menghadapi perkembangan pasar global.

Pengembangan hilirisasi CPO di Riau masih menghadapi berbagai tantangan. Manfaat ekonomi dari industri sawit belum sepenuhnya dirasakan secara merata oleh seluruh masyarakat, sementara persoalan lingkungan seperti degradasi lahan, limbah industri, dan keberlanjutan perkebunan masih menjadi perhatian. Di sisi lain, kebijakan hilirisasi melibatkan berbagai kepentingan dan lembaga sehingga pelaksanaannya membutuhkan koordinasi dan tata kelola yang baik. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa keberhasilan hilirisasi tidak hanya ditentukan oleh peningkatan teknologi produksi, tetapi juga oleh faktor ekonomi, sosial, lingkungan, kebijakan, dan hubungan antar pemangku kepentingan.

Perkembangan teknologi memberikan peluang untuk meningkatkan efisiensi dan kualitas produk hasil hilirisasi. Berbagai inovasi dalam proses ekstraksi, pemurnian, pengolahan, serta penerapan *lean manufacturing* dan teknologi digital dapat mendukung peningkatan produktivitas dan nilai tambah industri sawit. Namun, penerapan teknologi tersebut perlu disertai dengan kebijakan yang mendukung, sumber daya manusia yang memadai, serta keterlibatan masyarakat agar manfaat hilirisasi dapat dirasakan secara lebih luas.

Berdasarkan kondisi tersebut diperlukan kajian yang melihat hilirisasi CPO secara lebih menyeluruh. Kajian tidak hanya berfokus pada aspek teknologi, tetapi juga memperhatikan dampak ekonomi, sosial, lingkungan, serta kebijakan dan tata kelola. Pendekatan tersebut penting karena penelitian mengenai hilirisasi CPO selama ini berasal dari berbagai bidang ilmu, seperti teknik industri, ekonomi, ilmu lingkungan, kebijakan publik, dan pembangunan pedesaan. Kajian yang mengintegrasikan berbagai perspektif tersebut diharapkan dapat memberikan pemahaman yang lebih komprehensif mengenai perkembangan hilirisasi CPO di Riau.

Penelitian ini menggunakan pendekatan *Systematic Literature Review* mengenai hilirisasi CPO di Provinsi Riau. Kajian mencakup penelitian di bidang teknologi industri, ekonomi, lingkungan, kebijakan publik, dan pembangunan masyarakat. Melalui kajian tersebut, penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi perkembangan teknologi hilirisasi, menganalisis dampak sosial-ekonomi dan lingkungan, serta mengkaji kebijakan dan tata kelola yang memengaruhi perkembangan hilirisasi CPO di Riau. Hasil kajian diharapkan dapat memberikan gambaran mengenai peluang dan tantangan pengembangan hilirisasi CPO di Riau serta menjadi bahan pertimbangan dalam merumuskan kebijakan yang mendorong peningkatan nilai tambah, pemerataan manfaat ekonomi, perlindungan lingkungan, dan penguatan daya saing industri sawit secara berkelanjutan.

II. PENELITIAN YANG TERKAIT

Yulia Setia Lestari, Muzzar Kresna, Nur Hadiati Endah, Nailatalmuna Nitrasatri Atmaja, Irwanto E. P., dan Brian Pratistha (2025) melakukan penelitian berjudul *“Policy Strategy to Stimulate Indonesia’s Palm Oil Downstream Industries.”* Penelitian ini membahas strategi kebijakan untuk mendorong pengembangan industri hilir kelapa sawit di Indonesia. Kajian tersebut melihat beberapa kelompok industri hilir, antara lain *oleo-food*, oleokimia, dan bioenergi. Penelitian ini menggunakan pendekatan *Analytic Hierarchy Process* (AHP) untuk mengidentifikasi strategi kebijakan yang dapat mendukung pengembangan industri hilir sawit. Penelitian tersebut relevan karena menunjukkan bahwa pengembangan hilirisasi tidak hanya membutuhkan peningkatan produksi, tetapi juga kebijakan yang mampu mendorong investasi, pengembangan industri, dan peningkatan nilai tambah.

Taufiqur Rachman, Marimin, Andes Ismayana, dan Sugiarto (2024) melakukan penelitian berjudul *“Model Development of a Downstreaming Policy for Crude Palm Oil for Domestic and Export Needs: A Systematic Literature Review and Future Agendas.”* Penelitian ini menggunakan *Systematic Literature Review* dengan pendekatan PRISMA dan menganalisis 104 artikel mengenai kebijakan alokasi dan hilirisasi CPO di Indonesia. Hasil kajian menunjukkan adanya kebutuhan untuk mengembangkan model kebijakan yang lebih dinamis, termasuk penggunaan *Soft System Dynamic Methodology*, pemodelan prediktif, simulasi sistem, serta pengembangan skenario kebijakan hilirisasi. Penelitian ini memiliki kesamaan yang kuat dengan penelitian yang dilakukan karena sama-sama menggunakan pendekatan kajian literatur untuk memahami arah kebijakan hilirisasi CPO. Perbedaannya, penelitian ini lebih menekankan pengembangan model kebijakan, sedangkan penelitian yang dilakukan berfokus pada teknologi, dampak sosial-ekonomi dan lingkungan, serta tata kelola hilirisasi CPO di Riau.

Hariyanti, Syahza, dan Zulkarnain (2024) melalui penelitian *“Economic Transformation Based on Leading Commodities through Sustainable Development of the Oil Palm Industry”* mengkaji transformasi ekonomi berbasis komoditas unggulan melalui pengembangan industri kelapa sawit berkelanjutan. Penelitian ini secara khusus mengambil konteks Bengkalis, Provinsi Riau, dan menggunakan pendekatan *mixed methods*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa industri kelapa sawit memiliki peran penting dalam transformasi ekonomi daerah, tetapi pengembangannya perlu memperhatikan aspek keberlanjutan. Penelitian ini memiliki relevansi yang kuat dengan kajian mengenai hilirisasi CPO karena sama-sama menempatkan kelapa sawit sebagai komoditas strategis dalam transformasi ekonomi Riau.

Prima Gandhi dan Fumie Takanashi (2025) melakukan penelitian berjudul *“Sustainable Palm Oil Downstream Value Chain in Industrial Zones: A Case Study in Riau Province, Indonesia.”* Penelitian ini secara khusus membahas rantai nilai hilir kelapa sawit di kawasan industri Riau dengan memperhatikan aspek keberlanjutan, tata kelola, kawasan industri, dan rantai nilai. Penelitian tersebut relevan karena memperlihatkan bahwa pengembangan hilirisasi sawit perlu dilihat sebagai bagian dari rantai nilai yang melibatkan berbagai aktor, bukan hanya sebagai kegiatan pengolahan CPO. Penelitian ini juga memperkuat argumentasi bahwa tata kelola dan koordinasi antaraktor merupakan bagian penting dalam membangun industri hilir sawit yang berkelanjutan.

Donald Siahaan, Ilmi Fadhilah Rizki, Frisda Rimbun Panjaitan, Manda Edy Mulyono, Brahmani Dewa Bajra, dan

Mulki Salendra Kusumah (2025) melakukan penelitian berjudul *“Factors Affecting Crude Palm Oil Quality Across the Supply Chain and Implications for Downstream Industries in North Sumatra and Riau.”* Penelitian ini menganalisis faktor-faktor yang memengaruhi kualitas CPO sepanjang rantai pasok, mulai dari produksi tandan buah segar, pengolahan di pabrik kelapa sawit, transportasi, penyimpanan, hingga kebutuhan industri hilir. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kualitas CPO menjadi faktor penting bagi pemenuhan kebutuhan industri hilir. Penelitian ini relevan dengan kajian yang dilakukan karena menunjukkan bahwa keberhasilan hilirisasi tidak hanya ditentukan oleh kebijakan dan kapasitas industri, tetapi juga oleh kualitas bahan baku dan pengelolaan rantai pasok.

III. METODE PENELITIAN

ekonomi di tingkat komunitas sebagian besar diinferensikan dari studi kasus, bukan survei regional yang komprehensif. Keterbatasan-keterbatasan ini menjadi pertimbangan penting dalam menafsirkan temuan kajian. Kajian ini menggunakan pendekatan tinjauan literatur sistematis (systematic literature review) yang mengumpulkan temuan dari artikel jurnal terindeks Scopus, laporan kebijakan, dan studi pemodelan dengan fokus wilayah kajian pada Provinsi Riau, Indonesia. Sintesis dilakukan melalui empat tahap utama sebagai berikut.

Tinjauan Literatur Sistematis: penerapan metodologi PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses) dan analisis bibliometrik untuk mengidentifikasi dan mengkategorikan studi yang relevan. **Meta-Analisis:** agregasi temuan empiris terkait dampak teknologi, ekonomi, lingkungan, dan kebijakan dari berbagai studi yang ditelaah. **Pendekatan Pemodelan:** penelaahan simulasi dinamis, model Computable General Equilibrium (CGE), dan model berbasis agen (agent-based model) untuk analisis skenario kebijakan. **Studi Kasus:** penelaahan mendalam terhadap proyek percontohan dan intervensi di tingkat komunitas.

Artikel-Artikel yang relevan dengan tema hilirisasi CPO di Riau dan konteks Indonesia yang lebih luas berhasil diidentifikasi dan disintesis dalam kajian ini. Sebagian besar studi berfokus pada Provinsi Riau, sedangkan sebagian temuan lain diekstrapolasi dari konteks Indonesia atau Asia Tenggara secara lebih luas mengingat keterbatasan data pada tingkat kabupaten/kota. Data mengenai pilot proyek transformasi digital terbaru dan integrasi penuh Industri 4.0 masih tergolong terbatas, sementara efektivitas kebijakan pada umumnya dinilai melalui pendekatan kualitatif atau proyeksi berbasis model, bukan hasil empiris jangka panjang. Dampak lingkungan dan sosial.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian strategi hilirisasi CPO di Provinsi Riau berkembang melalui berbagai pendekatan yang mencakup inovasi teknologi, peningkatan manfaat ekonomi dan sosial, penguatan keberlanjutan lingkungan, kebijakan dan tata kelola, serta transformasi digital. Berbagai pendekatan tersebut menunjukkan adanya peluang peningkatan nilai tambah dan efisiensi industri, meskipun masih terdapat tantangan dalam pemerataan manfaat, pengelolaan lingkungan, kesiapan teknologi, dan koordinasi antar pemangku kepentingan.

4.1 Inovasi Teknologi dalam Hilirisasi CPO

Kajian literatur menunjukkan bahwa pemurnian dan ekstraksi CPO melalui teknologi membran terus berkembang pesat. Ultrafiltrasi (UF) berbasis membran polyethersulfone (PES) mampu mencapai tingkat penyisihan fosfolipid lebih dari 99%, menawarkan alternatif bebas bahan kimia untuk proses degumming meskipun kurang efektif dalam menyisihkan asam lemak bebas (Aryanti et al., 2018). Membran polipropilena (PP) superhidrofobik dan membran PVDF termodifikasi juga terbukti meningkatkan penyisihan air dan padatan, dengan pemulihan fluks dan resistansi terhadap fouling yang lebih baik (Wenten et al., 2019), (Widiastuti et al., 2022). Sementara itu, ekstraksi-distilasi terintegrasi untuk pemulihan minyak dari spent bleaching earth (SBE) terbukti mampu mengurangi limbah berbahaya sekaligus memungkinkan pemulihan sumber daya (Amalina et al., 2026).

Pada aspek lean manufacturing, pendekatan Value Stream Mapping (VSM) dan Overall Equipment Effectiveness (OEE) digunakan untuk mengidentifikasi dan meminimalkan pemborosan (waste), dengan kualitas bahan baku sebagai faktor penentu utama (Susilawati et al., 2023). Analisis Data Envelopment Analysis dan SWOT turut merekomendasikan pertanian organik, digitalisasi, dan perluasan akses pembiayaan bagi petani swadaya sebagai langkah strategis peningkatan efisiensi (Kurniati et al., 2026). Di sisi kontrol proses, teknologi near-infrared (NIR) terbukti mengurangi penggunaan bahan kimia berbahaya dan mempercepat waktu analisis di pabrik dan kilang (Simanjuntak et al., 2020), sementara sistem kontrol suhu untuk pemulihan etanol turut meningkatkan efisiensi ekstraksi berkelanjutan (Abdurrahman et al., 2025).

Terkait pengendalian fouling, mekanisme penyumbatan lapisan cake/gel diidentifikasi sebagai mekanisme fouling dominan pada membran UF, terutama dengan keberadaan asam oleat (Aryanti et al., 2020). Berbagai strategi pengendalian—ozonasi, digesti anaerobik, dan pembersihan kimia yang disesuaikan (misalnya dengan NaOH atau asam)—terbukti mengurangi frekuensi pembersihan dan memulihkan fluks, sehingga meningkatkan efektivitas biaya jangka panjang (Zulhendri et al., 2025), (Said et al., 2014), (Aryanti et al., 2017). Air scouring dan sistem hibrida oksidasi lanjutan/UF bahkan mampu mencapai pemulihan fluks lebih dari 90% (Wenten et al., 2019), (Martini & Ang, 2019), sementara integrasi pra-perlakuan dan protokol pembersihan terbukti menekan biaya operasional dan memperpanjang usia pakai membran (Zulhendri et al., 2025), (Ratman et al., 2021).

Pada aspek valorisasi limbah terintegrasi, ekstraksi berbasis pelarut dan distilasi mampu menekan kandungan minyak SBE hingga di bawah 3%, sehingga limbah tersebut dapat diklasifikasikan sebagai limbah tidak berbahaya dan dapat dimanfaatkan lebih lanjut (Amalina et al., 2026). SBE yang diaktivasi asam dan dikalsinasi dapat digunakan kembali sebagai adsorben, sehingga mengurangi beban lingkungan (Iryani et al., 2023), sementara konsorsium bakteri lipolitik indigen terbukti mampu mendegradasi minyak residu dalam SBE hingga 1% dalam waktu 59 hari (Widjajanti & Soleha, 2023). SBE dan serat limbah sawit juga terbukti dapat meningkatkan sifat beton ringan, membuka jalur valorisasi bagi produk sampingan padat (Budiman et al., 2020), dengan kelayakan teknoekonomi yang menjanjikan—skenario pemulihan minyak dan valorisasi SBE menghasilkan IRR lebih dari 23% dan periode pengembalian kurang dari 4 tahun (Adiarso et al., 2024).

Dari sisi kelembagaan, belanja penelitian dan pengembangan (R&D) terbukti secara signifikan meningkatkan nilai perusahaan, terutama pada perusahaan berskala besar (Hutauruk, 2024), sementara pengembangan sumber daya manusia dan pemberdayaan komunitas menjadi faktor krusial bagi diversifikasi hilirisasi yang berkelanjutan (Hariyanti et al., 2024), (Kurniati et al., 2025). Kesiapan petani, pendampingan teknis, dan pembiayaan inklusif menjadi prasyarat penting bagi keterlibatan petani swadaya dalam kegiatan pengolahan (Hasnah et al., 2026), sedangkan komitmen pemerintah daerah terhadap regulasi dan program pemberdayaan tetap menjadi kunci keseimbangan antara pertumbuhan dan keberlanjutan (David et al., 2023). Secara keseluruhan, inovasi teknologi di sektor CPO Riau terus berkembang, dengan pemurnian berbasis membran, lean manufacturing, dan valorisasi limbah sebagai garda terdepan; namun tantangan operasional seperti fouling dan pengelolaan limbah, serta kebutuhan sumber daya manusia terampil, tetap menjadi pekerjaan rumah yang menegaskan pentingnya strategi R&D dan peningkatan kapasitas yang terintegrasi (Aryanti et al., 2018), (Amalina et al., 2026), (Hariyanti et al., 2024).

4.2 Dampak Ekonomi dan Sosial terhadap Petani Swadaya dan Masyarakat

Hilirisasi terbukti meningkatkan pendapatan rumah tangga dan membuka peluang kerja, sehingga mendukung pemberdayaan ekonomi lokal (Syahza et al., 2023), (Mehraban et al., 2021). Model pertanian korporat dan koperasi turut memperbaiki akses terhadap pembiayaan, teknologi, dan infrastruktur, sehingga memungkinkan penciptaan nilai tambah (Witjaksono et al., 2024). Meski demikian, petani swadaya masih menghadapi kendala legalitas lahan, akses modal yang terbatas, dan dukungan kelembagaan yang lemah, yang membatasi kemampuan mereka untuk menikmati manfaat hilirisasi secara maksimal (Siregar et al., 2024). Aktivitas di luar sektor pertanian (off-farm) dan hilirisasi terbukti membantu menstabilkan pendapatan serta mengurangi risiko ekonomi bagi petani swadaya (Mehraban et al., 2021). Namun demikian, distribusi keuntungan yang asimetris, ketidakpastian penguasaan lahan, dan celah kebijakan tetap melanggengkan kemiskinan di tengah pertumbuhan industri (Ayompe et al., 2021), (Benoit, 2022).

Pada tataran yang lebih luas, studi keseimbangan umum terhitung (Computable General Equilibrium/CGE) di Sumatera Utara menunjukkan bahwa hilirisasi memberikan dampak positif signifikan terhadap PDB, investasi, ekspor, dan upah riil pada tingkat regional maupun nasional, meskipun turut menciptakan disparitas ekonomi antarwilayah, terutama bagi daerah penghasil CPO seperti Riau dan Jambi (Rifa'i, 2025). Sektor hilir seperti minyak goreng, kosmetik, dan sabun mengalami lonjakan investasi yang tinggi, sementara sektor hulu justru mengalami kontraksi (Rifa'i, 2025). Pada tingkat kebijakan makro, kebijakan mandat biodiesel yang progresif (B30, B35, B40) memang mendorong hilirisasi domestik, tetapi berpotensi menimbulkan kerugian ekspor CPO yang melampaui penghematan impor solar, sekaligus mendorong ekspansi lahan yang harus diantisipasi secara cermat (Halimatussadiah et al., 2021), (Bahtera et al., 2026).

Studi berbasis kabupaten juga memperlihatkan pola serupa. Di Papua Selatan, analisis rantai nilai mengungkap distribusi keuntungan yang timpang, dengan pabrik kelapa sawit (PKS) menyerap 56,2% dari total nilai tambah dibandingkan hanya 21,7% yang diterima petani (Simatupang et al., 2026). Studi di Papua (Merauke) menunjukkan bahwa ekspansi tanpa moratorium dapat meningkatkan produksi secara signifikan namun juga menaikkan volume limbah dan tenaga kerja secara proporsional, sehingga memerlukan strategi komprehensif yang menyeimbangkan pertumbuhan ekonomi dengan perlindungan lingkungan dan kesejahteraan komunitas (David et al., 2023). Persoalan serupa turut ditemukan di luar Indonesia, misalnya di Rumonge, Burundi, di mana relasi kuasa, ketidakpastian penguasaan lahan, dan keterbatasan akses pembiayaan serta teknologi menghambat kontribusi petani kecil terhadap pengentasan kemiskinan (Benoit, 2022).

Sementara itu, dukungan finansial dan teknologi terbukti paling efektif ketika diintegrasikan dengan peningkatan kapasitas, kemitraan, dan investasi infrastruktur (Hariyanti et al., 2024). Subsidi sertifikasi, legalisasi lahan, dan layanan penyuluhan menjadi faktor kritis bagi keterlibatan petani swadaya (Pratama et al., 2026), (Lim et al., 2023), meskipun ketidakseimbangan penggunaan pupuk, mutu benih yang buruk, dan dukungan kelembagaan yang terbatas masih menekan produktivitas dan keberlanjutan (Lim et al., 2023). Secara umum, hilirisasi berpotensi mentransformasi perekonomian lokal, tetapi hambatan struktural dan tantangan lingkungan yang persisten membatasi manfaatnya; pengelolaan berbasis komunitas dan program dukungan terintegrasi menjadi kunci bagi hasil yang inklusif dan berkelanjutan (Syahza et al., 2023), (Pratama et al., 2026).

4.3 Keberlanjutan Lingkungan

Praktik pengelolaan yang buruk, penggunaan pestisida berbahaya, dan ekspansi ke lahan sensitif secara ekologis terus mendorong pencemaran dan hilangnya keanekaragaman hayati di kawasan sentra sawit (Zainuri et al., 2021), (Syafarani et al., 2022). Studi di Riau menemukan bahwa sekitar 70% pestisida yang digunakan perusahaan sawit tergolong berbahaya menurut kriteria WHO, termasuk penggunaan glifosat dan parakuat yang telah dilarang di banyak negara (Syafarani et al., 2022). Di sisi lain, keterlibatan komunitas lokal dalam reboisasi dan pembersihan aliran sungai terbukti memulihkan keanekaragaman hayati dan mengurangi pencemaran, sekaligus memperkuat kohesi sosial dan meredakan konflik dengan perusahaan perkebunan (Vitiara et al., 2025).

Pada aspek pengelolaan limbah, sebagian besar limbah petani swadaya masih dibiarkan terurai secara alami, sehingga standar pengelolaan dan valorisasi limbah menjadi kebutuhan mendesak (Ilhami et al., 2024). Analisis di Riau memperkirakan volume limbah perkebunan sawit swadaya akan meningkat hingga 236,37 juta ton dalam dekade mendatang, dengan sekitar 80% komunitas lokal masih menangani limbah perkebunan hanya dengan cara membiarkannya terurai di lahan (Ilhami et al., 2024). Pendekatan berbasis Analytical Hierarchy Process (AHP) yang diterapkan pada limbah organik menunjukkan bahwa teknologi bio-konversi—seperti pengomposan, pengolahan larva black soldier fly, dan produksi eko-enzim—lebih disukai dibandingkan teknologi termal karena risiko lingkungan dan biaya modal yang lebih rendah serta tingkat penerimaan komunitas yang lebih tinggi (Gunamantha et al., 2026). Studi kasus pengelolaan sampah berbasis komunitas di Yogyakarta juga menegaskan bahwa pendekatan zero-waste berbasis ekonomi sirkular mampu memberikan manfaat lingkungan dan ekonomi sekaligus, sebagaimana ditunjukkan oleh keberhasilan program pengelolaan sampah di Desa Sukunan (Kurniawan et al., 2021).

Pada tataran kebijakan, sertifikasi Indonesian Sustainable Palm Oil (ISPO) dan dana bagi hasil dari sektor sawit diarahkan untuk mendorong keberlanjutan, tetapi adopsi dan penegakannya masih terbatas (Rauf et al., 2024), (Arhian et al., 2024). Studi di Kabupaten Sintang menunjukkan bahwa dari puluhan perusahaan sawit yang beroperasi, hanya sebagian kecil yang telah menerapkan pengelolaan limbah dan lahan secara berkelanjutan, meskipun dana bagi hasil telah dialokasikan untuk pembangunan infrastruktur (Arhian et al., 2024). Perbandingan kebijakan mitigasi limbah di Tangerang Selatan turut memberikan pelajaran penting bahwa keberhasilan pengelolaan limbah memerlukan kombinasi peningkatan kapasitas pemerintah, insentif, dan kolaborasi sektor publik-swasta (Salam et al., 2025).

4.4 Kerangka Kebijakan dan Pengaruh Regulasi

Restrukturisasi bea keluar ekspor dan mandat pencampuran biodiesel (B30, B35, B40) telah menggeser orientasi kebijakan dari ekspor CPO mentah menuju penciptaan nilai tambah domestik, meskipun turut menurunkan volume ekspor CPO dan menciptakan dinamika pasar baru yang perlu diantisipasi (Nur'Aeni et al., 2024), (Halimatussadiah et al., 2021), (Bahtera et al., 2026). Sertifikasi ISPO dan moratorium sawit dimaksudkan untuk menyelaraskan praktik industri dengan standar keberlanjutan, tetapi implementasi dan penegakannya masih menghadapi tantangan berat (Rauf et al., 2024), (Pratama et al., 2026). Kebijakan tanggung jawab sosial perusahaan (CSR) yang diwajibkan secara regulasi pun kerap kali kurang transparan dan tidak selaras dengan kebutuhan komunitas setempat (Haq et al., 2020), (Zulfah et al., 2025).

Pada tingkat implementasi, tata kelola kebijakan di Riau masih terkendala oleh perkebunan ilegal, penegakan hukum yang lemah, dan keterbatasan pengembangan industri hilir (Rauf et al., 2024). Ditemukan sekitar 1,628 juta hektare perkebunan sawit ilegal yang berada di dalam kawasan hutan, sementara luas areal dan panen justru menurun akibat tanaman tua yang rusak, produktivitas rendah, sarana-prasarana yang tidak memadai, serta penerapan teknologi yang masih terbatas (Rauf et al., 2024). Program Peremajaan Sawit Rakyat (PSR) menunjukkan perbaikan melalui reformasi birokrasi, meski masih menghadapi kendala sertifikasi benih dan penguasaan lahan (Mayarni et al., 2024), (Candra et al., 2026). Pendekatan green policing berbasis kolaborasi lintas lembaga pun tengah diujicobakan untuk menekan perkebunan ilegal dan mendorong sertifikasi, dengan merujuk pada pengalaman penegakan hukum lingkungan di Inggris dan Skotlandia sebagai pembanding (Rinaldi et al., 2026), (Pramudya et al., 2022).

Model tata kelola multipihak yang melibatkan pemerintah, sektor swasta, koperasi, dan organisasi nonpemerintah dinilai esensial bagi hilirisasi yang berkelanjutan, namun kerap terhambat oleh fragmentasi kelembagaan dan ketimpangan relasi kuasa (Hasnah et al., 2026), (Alkaf et al., 2026), (Rusli et al., 2022). Pendekatan terintegrasi di Kabupaten Pelalawan menjadi contoh potensi inovasi dan manfaat inklusif melalui pengembangan kawasan teknopolitan berbasis sawit yang melibatkan pemerintah, akademisi, pelaku usaha, dan komunitas secara bersama-sama (Rusli et al., 2022).

Sementara itu, efektivitas program tanggung jawab sosial perusahaan (CSR) kerap kali kurang melibatkan partisipasi komunitas dan cenderung berfokus pada pemberdayaan ekonomi semata, sehingga membatasi dampaknya terhadap pengentasan kemiskinan dan keberlanjutan (Firdaus et al., 2024), (Widhagdha et al., 2019). Kajian di Provinsi Riau mengungkap bahwa implementasi CSR belum optimal, dengan tingkat kemiskinan yang masih berada pada angka 8,42%, sehingga transparansi alokasi dana dan hasil program CSR tetap menjadi tantangan besar (Firdaus et al., 2024), (Pujiyono et al., 2017). Studi tentang relasi sosial komunitas penerima manfaat CSR PT Pertamina di Sungai Pakning, Riau, turut menegaskan bahwa kualitas relasi bonding, bridging, dan linking berdampak signifikan terhadap keberhasilan implementasi CSR di tingkat komunitas (Widhagdha et al., 2019). Secara keseluruhan, kerangka kebijakan hilirisasi CPO di Riau terus berkembang tetapi masih terfragmentasi dan diterapkan secara tidak konsisten; tata kelola multipihak yang lebih kuat serta transparansi CSR yang lebih baik menjadi kunci penyelarasan tujuan ekonomi, sosial, dan lingkungan (Rauf et al., 2024), (Hasnah et al., 2026), (Pujiyono et al., 2017). Perbandingan lintas negara antara Indonesia dan Malaysia turut menunjukkan bahwa kedua negara produsen CPO terbesar dunia ini masih menghadapi kesenjangan regulasi serupa terkait keberlanjutan lingkungan, penguasaan lahan, dan hak-hak pekerja, sehingga reformasi hukum yang komprehensif dan dapat ditegakkan menjadi kebutuhan bersama di kawasan (Hamzah et al., 2026).

4.5 Transformasi Digital dan Pemodelan Dinamis

Sedikitnya 22 hambatan yang terbagi dalam tujuh kategori teridentifikasi sebagai penghalang adopsi Industri 4.0 pada rantai pasok CPO di Indonesia, yang memerlukan investasi, pelatihan, dan infrastruktur pendukung untuk mengatasinya (Pasaribu et al., 2025). Perbandingan dengan Malaysia menunjukkan bahwa rantai pasok CPO Indonesia masih menghadapi persoalan keunggulan komparatif yang relatif rendah, inefisiensi, mutu produk yang belum optimal, dan transparansi yang terbatas, sehingga integrasi Industri 4.0 dipandang mendesak untuk memperkuat daya saing rantai pasok (Pasaribu et al., 2025).

Alat digital seperti aplikasi seluler, manajemen kontrak digital, dan blockchain berpotensi meningkatkan transparansi dan efisiensi rantai pasok CPO, terutama bagi petani swadaya yang selama ini menghadapi disparitas harga akibat rendahnya transparansi antaraktor rantai pasok (Djatna et al., 2023). Konseptualisasi model kontrak digital untuk rantai pasok sawit swadaya di Riau menunjukkan potensi menjembatani transparansi harga sekaligus memperkuat kemitraan antara petani, koperasi, dan pabrik kelapa sawit (Djatna et al., 2023). Di sisi lain, platform kolaboratif berbasis metaverse dan digital twin menawarkan peluang untuk berbagi pengetahuan dan optimalisasi operasional, meskipun adopsinya masih dibatasi oleh kesenjangan infrastruktur teknis, masalah interoperabilitas, disparitas literasi digital, dan ambiguitas regulasi (Judijanto & Nurhayati, 2026).

Pada aspek pemodelan kebijakan, pendekatan sistem dinamik, model keseimbangan umum terhitung (CGE), model berbasis agen, dan analisis rantai nilai semakin banyak digunakan untuk mensimulasikan dampak kebijakan dan mengidentifikasi titik ungkit strategis (Rifa'i, 2025), (Kusumadewi et al., 2024). Simulasi pendekatan yurisdiksional di Kabupaten Sintang, misalnya, menunjukkan bahwa penerapan kebijakan No Deforestation, No Peat, No Exploitation (NDPE) dapat menurunkan emisi gas rumah kaca secara signifikan, meskipun turut menyebabkan penurunan produksi dan pendapatan dari perdagangan sawit apabila tidak diimbangi dengan intensifikasi dan insentif harga premium (Kusumadewi et al., 2024). Metodologi Soft System Dynamic (SSDM) dan model prediktif lainnya direkomendasikan untuk pengembangan kebijakan hilirisasi CPO yang lebih responsif terhadap dinamika lapangan (Rachman et al., 2024).

V. KESIMPULAN

Hilirisasi minyak sawit mentah di Provinsi Riau berada pada titik yang menentukan. Kemajuan teknologi khususnya pada pemurnian berbasis membran, lean manufacturing, dan valorisasi limbah terus meningkatkan efisiensi dan keberlanjutan proses produksi. Namun demikian, disparitas sosial-ekonomi yang persisten, tantangan lingkungan, dan kerangka kebijakan yang terfragmentasi masih membatasi potensi transformatif sektor ini. Integrasi teknologi digital dan pemodelan dinamis menawarkan peluang baru, tetapi memerlukan upaya serius untuk mengatasi hambatan adopsi yang signifikan.

Pendekatan holistic yang memadukan inovasi teknologi, desain kebijakan yang inklusif, pemberdayaan komunitas, dan transformasi digital menjadi kunci untuk mewujudkan manfaat penuh hilirisasi CPO di Riau. Model tata kelola integratif yang memadukan transformasi digital dengan pemberdayaan komunitas misalnya penelusuran rantai pasok berbasis blockchain yang dipadukan dengan pusat valorisasi limbah berbasis local dapat menjadi model percontohan inovatif bagi pengembangan minyak sawit berkelanjutan, tidak hanya di Riau tetapi juga secara lebih luas di kawasan penghasil sawit dunia.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terimakasih kami ucapkan kepada seluruh pihak yang telah memberikan dukungan selama proses penulisan tulisan ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] N. Aryanti, D. H. Wardhani, and A. Nafiunisa, "Ultrafiltration membrane for degumming of crude palm oil-isopropanol mixture," *Chemical and Biochemical Engineering Quarterly*, vol. 32, no. 3, 2018, doi: 10.15255/CABEQ.2017.1244.
- [2] A. Susilawati, M. Sholihin, A. Tasri, and D. S. Arief, "Waste analysis of crude palm oil manufacturing process (Case study: PTPN V Sei Galuh, Indonesia)," *AIP Conference Proceedings*, vol. 2568, 2023, doi: 10.1063/5.0117283.
- [3] I. G. Wenten, A. V. Victoria, G. Tanukusuma, K. Khoiruddin, and M. Zunita, "Simultaneous clarification and dehydration of crude palm oil using superhydrophobic polypropylene membrane," *Journal of Food Engineering*, vol. 248, 2019, doi: 10.1016/j.jfoodeng.2018.12.010.
- [4] A. Syahza, D. Tampubolon, M. Irianti, G. Meiwarda, and B. Asmit, "The impact of small-scale oil palm plantation development on the economy multiplier effect and rural communities welfare," *International Journal of Sustainable Development and Planning*, vol. 18, no. 5, 2023, doi: 10.18280/ijstdp.180511.
- [5] L. M. Ayompe, M. Schaafsma, and B. N. Ego, "Towards sustainable palm oil production: The positive and negative impacts on ecosystem services and human wellbeing," *Journal of Cleaner Production*, vol. 278, 2021, doi: 10.1016/j.jclepro.2020.123914.
- [6] A. A. Siregar, A. Halimatussadiyah, F. R. Moeis, W. A. K. Anky, and D. Nainggolan, "The oil palm replanting imperative: Are smallholder farmers willing to participate?," *Forest Policy and Economics*, vol. 169, 2024, doi: 10.1016/j.forpol.2024.103362.
- [7] R. Amalina, R. Tetrisyanda, and G. Wibawa, "Development of integrated extraction-distillation apparatus for oil recovery from spent bleaching earth (SBE)," *AIP Conference Proceedings*, vol. 3463, no. 1, 2026, doi: 10.1063/5.0342105.
- [8] A. Ilhami, T. Hidayat, and Riandi, "Exploring the potential of palm oil plantation waste for local communities using mixed methods," *Global Journal of Environmental Science and Management*, vol. 10, 2024, doi: 10.22034/gjesm.2024.10.SI.14.
- [9] T. A. Kurniawan, R. Avtar, D. Singh, W. Xue, M. H. D. Othman, G. H. Hwang, I. Iswanto, A. B. Albadarin, and A. O. Kern, "Reforming MSWM in Sukunan (Yogyakarta, Indonesia): A case-study of applying a zero-waste approach based on circular economy paradigm," *Journal of Cleaner Production*, vol. 284, 2021, doi: 10.1016/j.jclepro.2020.124775.
- [10] A. Syahza and B. Asmit, "Development of palm oil sector and future challenge in Riau Province, Indonesia," *Journal of Science and Technology Policy Management*, vol. 11, no. 2, 2020, doi: 10.1108/JSTPM-07-2018-0073.
- [11] R. Rauf, N. Yuslaini, R. A. Febrian, and S. Maulidiah, "Policy governance in the plantation sector: Challenges and impacts of palm oil in Riau Province, Indonesia," *Journal of Infrastructure, Policy and Development*, vol. 8, no. 5, 2024, doi: 10.24294/jipd.v8i5.3181.
- [12] A. N. Haq, S. Basuni, and A. Sunkar, "Implementation of Corporate Social Responsibility (CSR) policies and program of palm oil plantation companies in PT Perkebunan Nusantara V Riau Province," *Jurnal Pengelolaan Sumberdaya Alam dan Lingkungan*, vol. 10, no. 4, 2020, doi: 10.29244/jpsl.10.4.715-724.
- [13] D. Pasaribu, M.-C. Chen, and A. Ma'ruf, "Identification of barriers of digital transformation for smart supply chain with Industry 4.0 in crude palm oil industry in Indonesia by using literature review," *Lecture Notes in Mechanical Engineering*, 2025, doi: 10.1007/978-981-97-6492-1_4.
- [14] T. Djabat, I. Afrianto, F. Lestari, T. Baidawi, K. Harison, D. Kurnia, S. Martini, and Marimin, "A conceptual modelling of digital contract for independent palm oil supply chain systems," *AIP Conference Proceedings*, vol. 2485, no. 1, 2023, doi: 10.1063/5.0114651.
- [15] A. Rifa'i, "Economy-wide impacts of palm oil downstream in North Sumatra: A CGE approach," *World Development Perspectives*, vol. 39, 2025, doi: 10.1016/j.wdp.2025.100706.
- [16] T. Rachman, Marimin, Ismayana, Andes, and Sugiarto, "Model development of a downstream policy for crude palm oil for domestic and export needs: A systematic literature review and future agendas," *BIO Web of Conferences*, vol. 123, 2024, doi: 10.1051/bioconf/202412304003.
- [17] N. Mehraban, C. Kubitz, Z. Alamsyah, and M. Qaim, "Oil palm cultivation, household welfare, and exposure to economic risk in the Indonesian small farm sector," *Journal of Agricultural Economics*, vol. 72, no. 3, 2021, doi: 10.1111/1477-9552.12433.
- [18] N. Widiastuti, R. S. Silitonga, H. N. C. Dharma, J. Jaafar, A. R. Widyanto, and M. Purwanto, "Decreasing free fatty acid of crude palm oil with polyvinylidene fluoride hollow fiber membranes using a combination of chitosan and glutaraldehyde," *RSC Advances*, vol. 12, no. 35, 2022, doi: 10.1039/d2ra04005k.
- [19] S. A. Kurniati, E. S. Rahayu, S. Marwanti, and S. M. Handayani, "Integrated model for efficiency and capability evaluation of smallholder oil palm farmers in alleviating extreme poverty," *International Journal on Advanced Science, Engineering and Information Technology*, vol. 16, no. 3, 2026, doi: 10.18517/ijaseit.16.3.22037.
- [20] L. E. Simanjuntak, T. E. B. Soesilo, and H. Herdiansyah, "Analysis of near infra red (NIR) impact as the control process of a palm oil mill and refinery plant for environmental sustainability," *Polish Journal of Environmental Studies*, vol. 29, no. 5, 2020, doi: 10.15244/pjoes/115210.
- [21] A. Abdurrahman, S. Gunawan, I. P. E. W. Pratama, S. N. Patrialova, S. F. Mujiyanti, M. Nizar, L. Sutiarso, M. Ainuri, and M. Ushada, "Temperature control system for ethanol refinery condenser in cooking oil production mini plant," *CFD Letters*, vol. 17, no. 8, 2025, doi: 10.37934/cfdl.17.8.1326.
- [22] N. Aryanti, D. H. Wardhani, T. D. Kusworo, and A. Nafiunisa, "Performance and fouling analysis of an ultrafiltration membrane for lecithin separation from isopropanol-oleic acid-lecithin mixtures," *ScienceAsia*, vol. 46, no. 1, 2020, doi: 10.2306/scienceasia1513-1874.2020.009.
- [23] F. Zuhendri, D. Stuckler, A. Simon, J. Arief, A. Laupe, F. Zuhendri, and K. Pagilla, "Long-term performance and fouling mitigation in industrial MBR systems: A systematic review of strategies and trade-offs," *Desalination and Water Treatment*, vol. 324, 2025, doi: 10.1016/j.dwt.2025.101555.
- [24] M. Said, A. W. Mohammad, M. T. Mohd Nor, S. R. Sheikh Abdullah, and H. A. B. Hasan, "Chemical cleaning of fouled polyethersulphone membranes during ultrafiltration of palm oil mill effluent," *Membrane Water Treatment*, vol. 5, no. 3, 2014, doi: 10.12989/mwt.2014.5.3.207.
- [25] N. Aryanti, I. Prihatiningtyas, and T. D. Kusworo, "Fouling reduction by ozone-enhanced backwashing process in ultrafiltration of petroleum-based oil in water emulsion," *AIP Conference Proceedings*, vol. 1855, 2017, doi: 10.1063/1.4985461.
- [26] S. Martini and H. M. Ang, "Hybrid TiO₂/UV/PVDF ultrafiltration membrane for raw canola oil wastewater treatment," *Desalination and Water Treatment*, vol. 148, 2019, doi: 10.5004/dwt.2019.23771.
- [27] I. Ratman, T. D. Kusworo, and D. P. Utomo, "Petroleum refinery wastewater treatment using a polysulfone-Nano TiO₂ hybrid membrane coupled with an ozonation process as a pre-treatment," *Journal of Membrane Science and Research*, vol. 7, no. 3, 2021, doi: 10.22079/JMSR.2020.120097.1332.
- [28] D. A. Iryani, R. Oktavia, D. M. Lisandi, S. B. Ginting, R. Sugiharto, L. Indraningtyas, J. R. Amelia, U. Hasanudin, and T. Hernas, "Reactivation of spent bleaching earth using acid-activation and calcination treatment for enhancing adsorption abilities and reducing environmental loading in palm oil refining industries," *Chemical Engineering Transactions*, vol. 106, 2023, doi: 10.3303/CET23106222.
- [29] H. Widjajanti and S. Soleha, "Bioremediation of spent bleaching earth (SBE) by an indigenous lipolytic bacteria consortium with variations of humidity, pH, and incubation time," *AIP Conference Proceedings*, vol. 2913, no. 1, 2023, doi: 10.1063/5.0172684.
- [30] I. Budiman, Y. W. Sari, and N. M. Dewi, "Physical and mechanical properties of lightweight concrete with the addition of crude palm oil production wastes," *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, vol. 935, no. 1, 2020, doi: 10.1088/1757-899X/935/1/012056.
- [31] Adiarso, E. Hermawan, A. Nelly, D. E. P. Wicaksana, R. A. Wijono, A. L. Ferabianie, H. Setiawan, S. Setiadi, E. D. Setiyadi, S. Lenggogeni, S. Sunartono, A. Marsudi, Y. R. Dewi, Saparudin, I. D. Handayani, and Kaseno, "Optimized utilization of spent bleaching earth to enhance economic performance of integrated biodiesel-cooking oil plants," *Case Studies in Chemical and Environmental Engineering*, vol. 10, 2024, doi: 10.1016/j.cscee.2024.100784.
- [32] M. R. Hutaeruk, "The effect of R&D expenditures on firm value with firm size moderation in an Indonesia palm oil company," *Cogent Business & Management*,

- vol. 11, no. 1, 2024, doi: 10.1080/23311975.2024.2317448.
- [33] F. Hariyanti, A. Syahza, Zulkarnain, and Nofrizal, "Economic transformation based on leading commodities through sustainable development of the oil palm industry," *Heliyon*, vol. 10, no. 4, 2024, doi: 10.1016/j.heliyon.2024.e25674.
- [34] S. A. Kurniati, E. S. Rahayu, S. Marwanti, and S. M. Handayani, "The role of capabilities in increasing the income of oil palm farmers and poverty alleviation: Evidence resource utilization," *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, vol. 1482, no. 1, 2025, doi: 10.1088/1755-1315/1482/1/012008.
- [35] H. Hasnah, M. Noer, R. Febriamansyah, and D. Analia, "Farmer perspectives and intentions in establishing palm oil processing plants: Evidence from West Sumatra," *Research on World Agricultural Economy*, vol. 7, no. 1, 2026, doi: 10.36956/rwae.v7i1.2529.
- [36] O. S. David, R. Didi, P. T. Alex, and Mahyuddin, "Policy strategies in planning adaptation of the sustainable palm oil industry in Merauke Regency Papua Province of Indonesia," *African Journal of Food, Agriculture, Nutrition and Development*, vol. 23, no. 8, 2023, doi: 10.18697/ajfand.123.23370.
- [37] J. Witjaksono, D. Djaenudin, S. F. Purba, A. Yulianti, A. Y. Fadwiwati, Muslimin, R. F. Sitompul, D. H. Azahari, Imran, R. Purba, and R. Seerasarn, "Corporate farming model for sustainable supply chain crude palm oil of independent smallholder farmers," *Frontiers in Sustainable Food Systems*, vol. 8, 2024, doi: 10.3389/fsufs.2024.1418732.
- [38] D. O. Simatupang, U. Untari, N. M. Ginting, T. R. Silas, N. L. S. Suryaningsih, Suryadi, J. R. Tuhumena, L. R. Pane, and S. L. Merly, "Building a resilient and sustainable palm oil value chain in South Papua Province, Indonesia," *African Journal of Food, Agriculture, Nutrition and Development*, vol. 26, no. 1, 2026, doi: 10.18697/ajfand.148.26255.
- [39] N. Benoit, "The politics of palm oil and ecology towards poverty alleviation in Rumonge District, Burundi: Challenges and prospects," *International Journal of African Renaissance Studies*, vol. 17, no. 2, 2022, doi: 10.1080/18186874.2022.2105733.
- [40] M. Zainuri, Y. I. Siregar, Zulkarnain, and A. Syahza, "Uncontrolled social behaviour impacts of self-management scheme on oil palm plantation sustainability in Riau Province," *Review of International Geographical Education Online*, vol. 11, no. 5, 2021, doi: 10.48047/riego.11.05.221.
- [41] S. Syafrani, I. Purnama, A. Mutamima, and W. N. Dewi, "Study on the commitment of oil palm companies to achieve sustainable agriculture in Riau Province from the perspective of pesticide use," *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, vol. 1041, no. 1, 2022, doi: 10.1088/1755-1315/1041/1/012038.
- [42] M. D. Vitiara, H. Herdiansyah, and E. Frimawaty, "The role of local communities in managing environmental damage to address social conflicts," *Jurnal Pengelolaan Sumberdaya Alam dan Lingkungan*, vol. 15, no. 5, 2025, doi: 10.29244/jpsl.15.5.761.
- [43] V. S. Arhian, S. H. Murti, and E. Baliarti, "Optimizing the use of revenue sharing funds from palm oil to enhance governance and environmental quality of sustainable palm oil plantations," in *Technological Innovations in Tropical Livestock Development for Environmental Sustainability and Food Security*, 2024, doi: 10.1201/9781003468943-28.
- [44] O. Karneli, M. Harlen, O. Yusni, M. R. Muammar, and P. D. Suhartanti, "Women entrepreneurs in Indonesia's culinary sector: A study on entrepreneurial orientation and financial capability," *International Journal of Entrepreneurship and Small Business*, vol. 55, no. 5, 2025, doi: 10.1504/IJESB.2025.145581.
- [45] B. R. Pratama, A. Pramana, Y. Zamaya, and J. Kim, "Drivers of Indonesian sustainable palm oil certification adoption: Evidence from multi-group analysis in Riau Province," *Agriculture*, vol. 16, no. 11, 2026, doi: 10.3390/agriculture16111229.
- [46] Y. L. Lim, F. A. Tenorio, J. P. Monzon, H. Sugianto, C. R. Donough, S. Rahutomo, Agus, F. Slingerland, N. H. Darlan, A. A. Dwiyahreni, R. Farrasati, N. Mahmudah, Tohirin Muhammad, D. Nurdwiansyah, S. Palupi, I. Pradiko, S. Saleh, M. Syarovy, D. Wiratmoko, and P. Grassini, "Too little, too imbalanced: Nutrient supply in smallholder oil palm fields in Indonesia," *Agricultural Systems*, vol. 210, 2023, doi: 10.1016/j.agsy.2023.103729.
- [47] I. K. Ardana, S. Wulandari, R. S. Hartati, and A. M. Hasibuan, "Mitigating postreplanting risks of oil palm plantations: Seed institutional perspective," *International Journal of Social Economics*, vol. 51, no. 10, 2024, doi: 10.1108/IJSE-10-2023-0811.
- [48] S. NurAeni, A. Rifin, and Feryanto, "Comparing CPO export duty in several periods in specific calculation policy," *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, vol. 1379, no. 1, 2024, doi: 10.1088/1755-1315/1379/1/012021.
- [49] A. Halimatussadiyah, D. Nainggolan, S. Yui, F. R. Moeis, and A. A. Siregar, "Progressive biodiesel policy in Indonesia: Does the Government's economic proposition hold?," *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 150, 2021, doi: 10.1016/j.rser.2021.111431.
- [50] N. I. Bahtera, M. Khaliqi, and Novindra, "The impact of crude palm oil downstreaming policies on the Indonesian palm oil industry," *BIO Web of Conferences*, vol. 208, 2026, doi: 10.1051/bioconf/202620804001.
- [51] S. Zulfah, F. Rusda, and R. Njatrijani, "The effectiveness of CSR in overcoming the deforestation and social injustice in the palm oil industry," *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, vol. 1537, no. 1, 2025, doi: 10.1088/1755-1315/1537/1/012025.
- [52] M. Mayarni, M. Heriyanto, R. F. S. Harapan Tua, H. Bedasari, and R. V. Vani, "Street-level bureaucrat analysis of Indonesia's oil palm replanting implementation program," *E3S Web of Conferences*, vol. 506, 2024, doi: 10.1051/e3sconf/202450605003.
- [53] M. Y. Candra, Z. Rusli, A. Syahza, Mayarni, and M. Rafi, "Policy implementation and institutional gaps: Evidence from certified palm oil seed governance based on early detection technology in Indonesia," *Journal of Intelligent Decision Making and Information Science*, vol. 3, no. 2, 2026, doi: 10.59543/jidmis.v3.1727.
- [54] K. Rinaldi, S. Ladiqi, and H. Mianita, "Enforcement of environmental and natural resource crimes through a green policing approach: The concept for balancing law enforcement and social order in Riau Province," *Journal of Law, Environmental and Justice*, vol. 4, no. 2, 2026, doi: 10.62264/jlej.v4i2.236.
- [55] E. P. Pramudya, L. R. Wibowo, F. Nurfatriani, I. K. Nawireja, D. R. Kurniasari, S. Hutabarat, Y. B. Kadarusman, A. O. Iswardhani, and R. Rafik, "Incentives for palm oil smallholders in mandatory certification in Indonesia," *Land*, vol. 11, no. 4, 2022, doi: 10.3390/land11040576.
- [56] Y. B. Kadarusman and A. G. Herabadi, "Improving sustainable development within Indonesian palm oil: The importance of the reward system," *Sustainable Development*, vol. 26, no. 4, 2018, doi: 10.1002/sd.1715.
- [57] F. T. Alkaf, H. Varkkey, E. S. Devadason, and S. Chenayah, "Governing sustainability transitions in Indonesia's palm oil sector: A systematic review of transition pathways," *Environmental Sustainability*, 2026, doi: 10.1007/s42398-026-00456-1.
- [58] Z. Rusli, D. Mashur, R. E. Yozani, D. K. Habibie, H. T. R. F. Simanjuntak, and T. Saputra, "The governance of downstream oil palm development in the Technopolitan Area of Pelalawan Regency," *International Journal of Energy Economics and Policy*, vol. 12, no. 2, 2022, doi: 10.32479/ijee.12636.
- [59] M. J. Firdaus, U. Suwaryo, N. Alamsah, and M. Rahmatunnisa, "The urgency of community participation and empowerment in corporate social responsibility (CSR) programs: A case study in Riau Province, Indonesia," *Journal of Ecohumanism*, vol. 3, no. 8, 2024, doi: 10.62754/joe.v3i8.5783.
- [60] M. F. Widhagdha, H. I. Wahyuni, and M. Sulhan, "Bonding, bridging and linking relationships of the CSR target communities of PT Pertamina Refinery Unit II Sungai Pakning," *Jurnal Komunikasi: Malaysian Journal of Communication*, vol. 35, no. 4, 2019, doi: 10.17576/JKMJC-2019-3504-29.
- [61] W. Pujiyono, Wiwoho, Jamal, and W. Sutopo, "Implementation of Javanese traditional value in creating the accountable corporate social responsibility," *International Journal of Law and Management*, vol. 59, no. 6, 2017, doi: 10.1108/IJLMA-06-2016-0060.
- [62] S. Siallagan and A. Ishak, "A technological capability assessment of company in the crude palm oil industry in Indonesia," *International Journal of Technology*, vol. 14, no. 5, 2023, doi: 10.14716/ijtech.v14i5.4036.
- [63] R. Hamzah, A. F. A. Adinda, T. R. Prasja, M. I. B. M. A. Shukur, and D. W. Wiriatma, "Reforming the roots: Can legal challenges transform the crude palm oil industry in Indonesia and Malaysia?," *Journal of Law and Legal Reform*, vol. 7, no. 1, 2026, doi: 10.15294/jllr.v7i1.22161.
- [64] S. D. Kusumadewi, H. Purnomo, B. Okarda, M. Azzahra, A. M. Iswadi, D. Puspitaloka, S. Nadhira, P. Irawan, and N. Liswanti, "Simulating jurisdictional approach and scenario for sustainable palm oil using value chain dynamic model," *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, vol. 1379, no. 1, 2024, doi: 10.1088/1755-1315/1379/1/012020.
- [65] I. M. Gunamantha, N. W. Yuningrat, and M. Oviantari, "Application of Analytical Hierarchy Process (AHP) to assess bio and thermal-conversion technology options for organic solid waste management," *Nature Environment and Pollution Technology*, vol. 25, no. 1, 2026, doi: 10.46488/NEPT.2026.v25i01.D1811.
- [66] R. Salam, A. A. Samudra, and E. Satispi, "Analysis of waste mitigation policy in South Tangerang City, Indonesia: Challenges and solutions for sustainable management," *Research in Ecology*, vol. 7, no. 4, 2025, doi: 10.30564/re.v7i4.9885.
- [67] L. Judijanto and S. Nurhayati, "Metaverse-enabled collaborative platforms for palm oil industry stakeholders: A review of interdisciplinary innovation and challenges," in *Proceedings of the 2026 9th International Conference on Information and Computer Technologies (ICICT 2026)*, 2026, doi: 10.1145/3803291.3803333.