



DOI: <https://doi.org/10.38035/jmpis.v7i5>
<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

Analisis Implementasi Ekonomi Sirkular dalam Pengelolaan *Palm Oil Mill Effluent* (POME) Melalui *Methane Capture* untuk Mendukung *Waste-To-Wealth* pada Industri Kelapa Sawit di Indonesia

Kartika Dewi¹, Fikri Miftah Nuriman², Maria Ariesta Utha³

¹Universitas Trisakti, Jakarta, Indonesia, 122012506003@std.trisakti.ac.id

²Universitas Trisakti, Jakarta, Indonesia, 122012501021@std.trisakti.ac.id

³Universitas Trisakti, Jakarta, Indonesia, maria.utha@trisakti.ac.id

Corresponding Author: 122012506003@std.trisakti.ac.id¹

Abstract: *The palm oil industry is facing global pressure to reduce greenhouse gas emissions through the implementation of low-carbon production systems. One of the main problems is the management of Palm Oil Mill Effluent (POME), which has the potential to produce methane emissions, despite having the opportunity to be used as a valuable resource. Previous research on the circular economy of palm biomass has focused on technical and economic aspects partially, while studies on the implementation of methane capture, its multidimensional benefits, and the challenges of its application to palm oil companies in Indonesia are limited. This study aims to analyze the implementation of the circular economy in POME management through the application of methane capture in the Indonesian palm oil industry. The research uses a descriptive qualitative approach with case study methods through in-depth interviews, documentation studies, and literature studies. The results of the study show that methane capture is able to convert POME from waste to renewable energy sources through the concept of waste-to-wealth, while providing economic, environmental, and social benefits. However, its implementation still faces obstacles in the form of high investment, limited human resources, regulations, infrastructure, and market certainty. The novelty of this research lies in the development of circular economy, methane capture, and waste-to-wealth integration models that explain the transformation of POME as a strategic asset in supporting decarbonization and sustainability of the palm oil industry.*

Keywords: *Circular Economy, Palm Oil Mill Effluent, Methane Capture, Waste-To-Wealth, Palm Oil Industry, SDGs*

Abstrak: Industri kelapa sawit menghadapi tekanan global untuk menurunkan emisi gas rumah kaca melalui penerapan sistem produksi rendah karbon. Salah satu permasalahan utama adalah pengelolaan *Palm Oil Mill Effluent* (POME) yang berpotensi menghasilkan emisi metana, meskipun memiliki peluang untuk dimanfaatkan sebagai sumber daya bernilai. Penelitian terdahulu mengenai ekonomi sirkular biomassa sawit masih banyak berfokus pada aspek teknis dan ekonomi secara parsial, sementara kajian mengenai implementasi *methane capture*,

manfaat multidimensi, serta tantangan penerapannya pada perusahaan kelapa sawit di Indonesia masih terbatas. Penelitian ini bertujuan menganalisis implementasi ekonomi sirkular dalam pengelolaan POME melalui penerapan *methane capture* pada industri kelapa sawit Indonesia. Penelitian menggunakan pendekatan kualitatif deskriptif dengan metode studi kasus melalui wawancara mendalam, studi dokumentasi, dan studi literatur. Hasil penelitian menunjukkan bahwa *methane capture* mampu mengubah POME dari limbah menjadi sumber energi terbarukan melalui konsep *waste-to-wealth*, sekaligus memberikan manfaat ekonomi, lingkungan, dan sosial. Namun, penerapannya masih menghadapi kendala berupa investasi tinggi, keterbatasan sumber daya manusia, regulasi, infrastruktur, dan kepastian pasar. Kebaruan penelitian ini terletak pada pengembangan model integrasi ekonomi sirkular, *methane capture*, dan *waste-to-wealth* yang menjelaskan transformasi POME sebagai aset strategis dalam mendukung dekarbonisasi dan keberlanjutan industri kelapa sawit.

Kata Kunci: Ekonomi Sirkular, *Palm Oil Mill Effluent*, *Methane Capture*, *Waste-To-Wealth*, Industri Kelapa Sawit, SDGs

PENDAHULUAN

Tekanan global terhadap industri berbasis sumber daya alam untuk menurunkan emisi gas rumah kaca (GRK) semakin meningkat seiring dengan penguatan agenda dekarbonisasi dan target *net zero emission*. Laporan *Emissions Gap Report* menunjukkan bahwa emisi GRK global mencapai rekor tertinggi sebesar 57,1 GtCO₂e pada tahun 2023 dan meningkat menjadi 57,7 GtCO₂e pada tahun 2024 (UNEP, 2024; UNEP, 2025). Kondisi tersebut mendorong berbagai sektor industri, termasuk industri kelapa sawit, untuk melakukan transformasi menuju sistem produksi rendah karbon. Dalam industri kelapa sawit, salah satu sumber emisi yang menjadi perhatian utama adalah *Palm Oil Mill Effluent* (POME), karena proses dekomposisi limbah tersebut dapat menghasilkan gas metana (CH₄) yang memiliki dampak pemanasan global jauh lebih besar dibandingkan dengan karbon dioksida (IPCC, 2021; IPCC, 2023).

Di sisi lain, industri kelapa sawit memiliki peran strategis bagi perekonomian Indonesia sebagai komoditas ekspor utama, penyedia lapangan kerja bagi lebih dari 16 juta orang, serta pendukung ketahanan energi nasional melalui program biodiesel (Kementerian Pertanian, 2024). Luas perkebunan kelapa sawit Indonesia mencapai 16,83 juta hektare pada tahun 2024 dan diproyeksikan meningkat menjadi 17,13 juta hektare pada tahun 2025 (Badan Pusat Statistik, 2025). Produksi CPO dan PKO Indonesia pada tahun 2024 mencapai 52,76 juta ton (Badan Pusat Statistik, 2025), sedangkan USDA-FAS (2026) memperkirakan Indonesia tetap menjadi produsen minyak sawit terbesar dunia dengan kontribusi sekitar 59% terhadap produksi global. Besarnya skala industri tersebut menyebabkan peningkatan volume biomassa dan limbah yang dihasilkan dari proses produksi.

Peningkatan produksi CPO berbanding lurus dengan peningkatan limbah industri kelapa sawit. Setiap satu ton CPO yang diproduksi menghasilkan sekitar 2,5–3,8 ton POME (Saad et al., 2021). Selain POME, industri kelapa sawit juga menghasilkan berbagai jenis biomassa seperti *Empty Fruit Bunch* (EFB), *Palm Kernel Shell* (PKS), *Mesocarp Fiber* (MF), *Oil Palm Frond* (OPF), dan *Oil Palm Trunk* (OPT). Besarnya potensi biomassa tersebut menunjukkan bahwa industri kelapa sawit memiliki sumber daya samping yang dapat dikembangkan menjadi produk bernilai tambah.

Tabel 1. Estimasi Produksi Biomassa Kelapa Sawit Indonesia

Aliran Biomassa	Estimasi Massa per Tahun
EFB / Tandan kosong kelapa sawit	± 46 juta ton
PKS / Cangkang inti sawit	12–16 juta ton
Mesocarp fiber / Serat mesokarp	26–30 juta ton

POME / Limbah cair pabrik kelapa sawit	± 130 juta ton
OPF / Pelelah kelapa sawit	± 208 juta ton
OPT / Batang sawit hasil replanting	± 47 juta ton kering

Sumber: diolah dari GAPKI (2025) dan ERIA – Economic Research Institute for ASEAN and East Asia

Besarnya potensi biomassa tersebut menunjukkan bahwa pengelolaan limbah kelapa sawit tidak lagi dapat dilakukan melalui pendekatan ekonomi linear (*take-make-dispose*). Sebaliknya, diperlukan penerapan konsep ekonomi sirkular (*circular economy*) melalui pemanfaatan biomassa sebagai sumber daya bernilai (*waste-to-wealth*). Biomassa sawit seperti EFB, PKS, dan POME berpotensi dikonversi menjadi produk bernilai tambah seperti biogas, listrik, biofertilizer, biochar, dan energi terbarukan lainnya (GAPKI, 2025). Cheah et al. (2023) menjelaskan bahwa transformasi menuju *circular bioeconomy* membutuhkan perubahan paradigma dari pengelolaan limbah menjadi optimalisasi rantai nilai biomassa secara menyeluruh.

Salah satu teknologi yang berpotensi mendukung penerapan ekonomi sirkular dalam pengelolaan POME adalah *methane capture*. Teknologi ini memungkinkan penangkapan gas metana dari proses pengolahan POME melalui sistem tertutup (*covered lagoon, digester, atau biogas plant*) untuk kemudian dimanfaatkan menjadi biogas, listrik, maupun *biomethane compressed natural gas* (Bio-CNG). Sambodo et al. (2024) menunjukkan bahwa penerapan *methane capture* tidak hanya mampu mengurangi emisi metana, tetapi juga memberikan manfaat ekonomi melalui efisiensi energi, pengurangan ketergantungan terhadap bahan bakar fosil, serta mendukung pencapaian target *Enhanced Nationally Determined Contribution* (ENDC) Indonesia.

Meskipun penerapan *methane capture* telah dilakukan oleh sejumlah perusahaan kelapa sawit di Indonesia, seperti Astra Agro Lestari, Golden Agri-Resources/SMART Tbk, Asian Agri, Musim Mas Group, PTPN IV PalmCo, dan perusahaan lainnya, kajian mengenai implementasi, manfaat ekonomi-lingkungan-sosial, serta tantangan pengembangannya masih terbatas. Penelitian terdahulu mengenai ekonomi sirkular biomassa sawit umumnya masih berfokus pada aspek teknis dan kelayakan ekonomi. Ng et al. (2025) menunjukkan bahwa model *waste-to-wealth* biomassa sawit mampu meningkatkan efisiensi sumber daya, sedangkan Sulin et al. (2025) membuktikan bahwa integrasi pengolahan POME dan biomassa sawit memiliki kelayakan ekonomi. Namun, penelitian tersebut sebagian besar menggunakan pendekatan simulasi dan konteks Malaysia, sementara kajian mengenai pengalaman aktual perusahaan kelapa sawit Indonesia masih relatif terbatas.

Berdasarkan kesenjangan tersebut, *state-of-the-art* penelitian ini terletak pada pengembangan kajian yang mengintegrasikan ekonomi sirkular, pengelolaan POME, penerapan *methane capture*, serta manfaat ekonomi, lingkungan, dan sosial dalam satu kerangka penelitian. Berbeda dengan penelitian terdahulu yang lebih banyak mengkaji aspek teknis atau ekonomi secara parsial, penelitian ini menganalisis praktik implementasi *waste-to-wealth*, tantangan, dan strategi pengembangan pengelolaan POME berdasarkan perspektif perusahaan kelapa sawit di Indonesia. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis implementasi ekonomi sirkular dalam pengelolaan POME melalui penerapan *methane capture* pada industri kelapa sawit Indonesia, dengan mengkaji praktik penerapan, manfaat multidimensi, serta tantangan dan strategi pengembangannya. Berdasarkan uraian tersebut, dapat dirumuskan masalahnya sebagai berikut:

1. Bagaimana implementasi ekonomi sirkular dalam pengelolaan *Palm Oil Mill Effluent* (POME) pada industri kelapa sawit di Indonesia?
2. Bagaimana praktik penerapan *methane capture* dalam pemanfaatan POME sebagai energi terbarukan atau produk bernilai tambah?
3. Bagaimana manfaat ekonomi, lingkungan, dan sosial dari pengelolaan POME berbasis ekonomi sirkular dalam mendukung prinsip *waste-to-wealth*?

4. Apa saja tantangan dan strategi perusahaan kelapa sawit dalam menerapkan pengelolaan POME berbasis ekonomi sirkular dan rendah emisi?

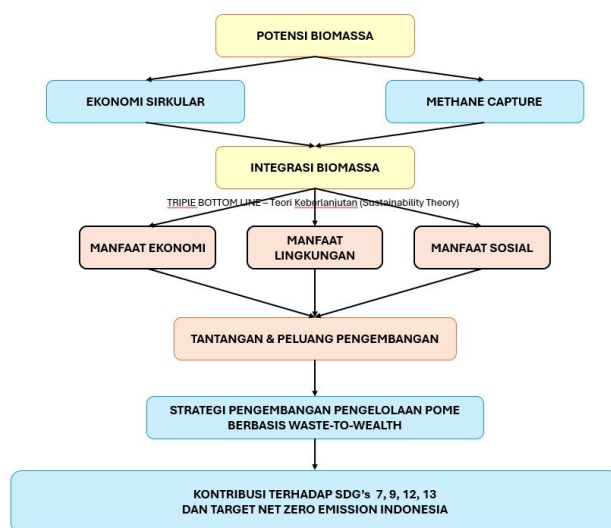
METODE

Penelitian ini menggunakan pendekatan kualitatif deskriptif dengan metode studi kasus untuk memperoleh pemahaman mendalam mengenai praktik, strategi, manfaat, dan tantangan pengelolaan *Palm Oil Mill Effluent* (POME) melalui *methane capture* dalam mendukung ekonomi sirkular dan *waste-to-wealth* pada industri kelapa sawit di Indonesia. Pendekatan ini dipilih karena mampu mengkaji fenomena secara kontekstual berdasarkan data naratif dari wawancara, dokumen, dan literatur, tanpa menguji hubungan sebab-akibat antarvariabel (Creswell & Poth, 2024). Analisis dokumen turut digunakan untuk memperkuat dan mentriangulasi data penelitian melalui laporan keberlanjutan, *annual report*, publikasi pemerintah, industri, dan jurnal ilmiah (Sheydayi & Dadashpoor, 2023).

Penelitian dilaksanakan pada April–Juli 2026 dengan memanfaatkan data nasional industri kelapa sawit. Unit analisis difokuskan pada perusahaan kelapa sawit di Kalimantan yang telah menerapkan sistem *methane capture*, yang dipilih secara *purposive* berdasarkan ketersediaan informasi dan relevansinya dengan tujuan penelitian. Objek penelitian adalah pengelolaan POME sebagai implementasi ekonomi sirkular, dengan data primer diperoleh melalui wawancara mendalam kepada informan kunci dan pendukung, sedangkan data sekunder berasal dari laporan perusahaan, dokumen pemerintah, publikasi asosiasi, lembaga internasional, dan jurnal ilmiah. Pemilihan informan menggunakan *purposive sampling* dan dapat dikembangkan melalui *snowball sampling*, dengan jumlah informan disesuaikan hingga mencapai saturasi data (Ahmad & Wilkins, 2025; Wutich et al., 2024).

Pengumpulan data dilakukan melalui wawancara semi-terstruktur, studi dokumentasi, dan studi literatur. Selanjutnya, data dianalisis menggunakan *qualitative content analysis* melalui tahapan organisasi data, pembacaan berulang, *coding*, kategorisasi, dan interpretasi berdasarkan teori keberlanjutan, ekonomi sirkular, dan *waste-to-wealth* (Sheydayi & Dadashpoor, 2023). Untuk menjamin kredibilitas temuan, penelitian menerapkan triangulasi sumber, triangulasi metode, dan *member checking*, sehingga hasil analisis disajikan secara deskriptif dalam bentuk narasi tematik yang selaras dengan kerangka konseptual penelitian.

Berdasarkan fenomena, kesenjangan penelitian, dan kebaruan yang telah diuraikan sebelumnya, penelitian ini mengembangkan model konseptual berupa kerangka konseptual sebagai berikut.



Sumber: Hasil Peneliti

Gambar 1. Kerangka konseptual penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil

1. Potensi Biomassa dan POME pada Industri Kelapa Sawit

Industri kelapa sawit menghasilkan berbagai biomassa, seperti EFB, PKS, MF, OPF, OPT, *solid decanter*, dan *Palm Oil Mill Effluent* (POME). Dalam perspektif ekonomi sirkular, seluruh biomassa tersebut dipandang sebagai sumber daya yang dapat dimanfaatkan kembali. Di antara seluruh biomassa, POME memiliki potensi sekaligus risiko terbesar karena dihasilkan secara kontinu dalam volume besar dan memiliki kandungan bahan organik yang tinggi. Informan PT XYZ menjelaskan bahwa pabrik mengolah sekitar 800 ton TBS per hari sehingga menghasilkan 400–480 ton POME, dengan karakteristik COD dan BOD yang tinggi sehingga berpotensi mencemari lingkungan apabila tidak dikelola. Namun, melalui *methane capture*, POME dapat diubah menjadi biogas sebagai sumber energi. Sebagaimana disampaikan informan, “*POME bukan sekadar limbah, tetapi dapat menjadi sumber energi apabila dikelola dengan baik.*” Temuan tersebut diperkuat oleh GAPKI Papua yang menyatakan bahwa POME merupakan biomassa strategis untuk mendukung kemandirian energi dan pengurangan emisi, terutama di kawasan perkebunan. Informan dari konsultan carbon juga menegaskan bahwa tingginya kandungan BOD dan COD merupakan potensi pembentukan energi, bukan hanya beban lingkungan. Dengan demikian, POME memiliki nilai ekonomi, lingkungan, dan sosial karena mampu menghasilkan energi terbarukan, menekan emisi gas rumah kaca, serta mendukung penerapan konsep *waste-to-wealth* dalam industri kelapa sawit.

2. Implementasi Ekonomi Sirkular dalam Pengelolaan POME

Hasil penelitian menunjukkan bahwa implementasi ekonomi sirkular ditandai oleh perubahan paradigma dari *waste as burden* menjadi *waste as resource*, sejalan dengan konsep ekonomi sirkular (Ellen MacArthur Foundation, 2024; OECD, 2024). Informan PT XYZ menyatakan, “*Kami memandang POME sebagai sumber daya yang bernilai, bukan sekadar limbah. Melalui methane capture, POME menghasilkan biogas dan efluennya dimanfaatkan sebagai pupuk.*” Hal ini menunjukkan bahwa POME tidak hanya berfungsi sebagai limbah yang harus diolah, tetapi juga sebagai sumber energi, pupuk cair, dan sarana pengurangan emisi. Pemanfaatan biogas untuk kebutuhan energi pabrik serta penggunaan efluen sebagai pupuk mencerminkan sistem yang mendekati *closed-loop*, di mana limbah kembali menjadi input produksi. GAPKI Papua menilai praktik tersebut telah berkembang di industri sawit, meskipun belum merata karena keterbatasan investasi, teknologi, SDM, dan pembiayaan. Senada dengan itu, Konsultan Carbon menyatakan, “*Circular economy adalah bagaimana mengubah waste menjadi sesuatu yang memberikan nilai tambah.*” Temuan ini sejalan dengan Cheah et al. (2023) yang menegaskan bahwa keberhasilan ekonomi sirkular tidak hanya bergantung pada teknologi, tetapi juga pada dukungan kebijakan, model bisnis, dan tata kelola yang terintegrasi.

3. Penerapan *Methane Capture* dalam Pengolahan POME

Penerapan *methane capture* mengubah POME dari limbah cair menjadi sumber energi terbarukan melalui sistem tertutup seperti *anaerobic digester* dan *covered lagoon*, sehingga gas metana dapat ditangkap dan dimanfaatkan sebagai biogas, listrik, atau Bio-CNG sekaligus menekan emisi gas rumah kaca (Sambodo et al., 2024). Informan PT XYZ menyatakan, “*Reaktor tertutup memungkinkan biogas ditangkap dan dimanfaatkan sebagai energi, bukan dilepas ke atmosfer.*” Selain meningkatkan efisiensi energi, teknologi ini juga mendukung pemenuhan standar keberlanjutan seperti RSPO. Konsultan Carbon menjelaskan bahwa teknologi yang digunakan dapat berupa CSTR maupun *covered lagoon*, sedangkan GAPKI Papua menegaskan bahwa *methane capture* menjadi

strategi penting untuk meningkatkan daya saing industri sawit rendah emisi. Namun, implementasinya masih menghadapi tantangan berupa investasi, infrastruktur kualitas POME, kompetensi operator, dan kesiapan teknologi.

4. Manfaat Ekonomi, Lingkungan, dan Sosial

Pengelolaan POME melalui *methane capture* memberikan manfaat ekonomi, lingkungan, dan sosial. Dari sisi ekonomi, teknologi ini meningkatkan efisiensi energi, mengurangi penggunaan bahan bakar fosil, serta membuka peluang *carbon credit* dan *green financing*. Informan PT XYZ menyatakan, “*Biogas mampu menghemat biaya energi karena menggantikan bahan bakar fosil.*” Dari sisi lingkungan, *methane capture* menekan emisi metana, mengurangi pencemaran air dan bau, sebagaimana ditegaskan oleh GAPKI Papua dan Mahatma Windrawan Inantha bahwa teknologi ini merupakan instrumen penting dalam mitigasi emisi di industri sawit. Sementara itu, manfaat sosial terlihat pada peningkatan kompetensi tenaga kerja dan kualitas lingkungan. Informan PT XYZ menyebutkan, “*Perusahaan rutin memberikan pelatihan pengoperasian teknologi biogas,*” meskipun menurut Konsultan Carbon, pemanfaatan energi bagi masyarakat masih terbatas dan memerlukan dukungan infrastruktur serta kebijakan.

5. POME sebagai Praktik *Waste-to-Wealth*

POME merupakan implementasi konsep *waste-to-wealth*, yaitu mengubah limbah menjadi sumber daya bernilai ekonomi, lingkungan, dan sosial melalui pendekatan ekonomi sirkular. Dengan teknologi *methane capture*, POME dapat dimanfaatkan menjadi biogas, Bio-CNG, listrik, pupuk organik, serta berpotensi menghasilkan *carbon credit*, sehingga mengurangi emisi sekaligus meningkatkan efisiensi sumber daya (Sambodo et al., 2024). Informan PT XYZ menyatakan bahwa “*setiap tetes limbah cair adalah aset yang dapat diubah menjadi energi dan nilai ekonomi.*” Menurutinya, penerapan *methane capture* mengubah POME dari limbah menjadi sumber energi dan pupuk. Pandangan ini diperkuat GAPKI Papua yang menilai perusahaan harus mengubah paradigma dari “*limbah sebagai biaya menjadi aset produktif.*” Mahatma Windrawan Inantha menambahkan bahwa POME dapat dikembangkan melalui konsep *integrated biorefinery* menjadi Bio-CNG, biofertilizer, hingga *carbon credit*, sedangkan konsultan carbon menegaskan, “*Biogas dapat dimurnikan menjadi Bio-CNG untuk kendaraan maupun genset.*” Namun, pengembangan produk turunan tetap bergantung pada kesiapan teknologi, regulasi, dan pasar.

6. Tantangan dan Peluang Pengembangan *Methane Capture*

Pengembangan *methane capture* menghadapi tantangan berupa tingginya investasi, keterbatasan SDM, infrastruktur, regulasi, dan kepastian pasar energi. Informan PT XYZ menyatakan bahwa tantangan utama adalah “*biaya investasi tinggi, tenaga ahli terbatas, regulasi belum jelas, dan harga energi belum kompetitif.*” GAPKI Papua juga menyoroti akses pembiayaan dan keterbatasan infrastruktur, sedangkan Ardiansyah menjelaskan bahwa surplus listrik sering terkendala izin dan jaringan distribusi. Di sisi lain, peluangnya sangat besar karena mampu meningkatkan efisiensi energi, menghasilkan Bio-CNG, membuka peluang *carbon credit*, serta memperkuat ESG dan daya saing perusahaan. Mahatma Windrawan Inantha menegaskan bahwa *methane capture* telah menjadi kebutuhan strategis industri sawit di tengah tuntutan pasar global, sementara OECD (2024) menekankan pentingnya pengukuran manfaat ekonomi sirkular secara terukur.

7. Strategi Pengembangan Pengelolaan POME Berbasis Ekonomi Sirkular

Strategi pengembangan POME berbasis ekonomi sirkular perlu menempatkan POME sebagai sumber daya strategis, bukan sekadar limbah. Pengembangan dilakukan melalui pemetaan potensi POME, pemilihan teknologi yang sesuai, pemanfaatan energi untuk kebutuhan internal, pengembangan Bio-CNG, penguatan SDM, pembiayaan hijau, tata kelola karbon, serta kolaborasi pemerintah, industri, akademisi, dan lembaga keuangan. Informan SSMS menyatakan, “*POME telah dimanfaatkan sebagai energi, pupuk, dan berpotensi menghasilkan nilai karbon.*” GAPKI Papua menegaskan bahwa pemanfaatan energi internal merupakan langkah paling realistis, sedangkan Mahatma Windrawan Inantha menyebut “*methane capture bukan lagi pilihan, tetapi kebutuhan strategis bagi daya saing industri sawit.*” Oleh karena itu, pengembangan perlu dilakukan bertahap dengan dukungan regulasi, sertifikasi ISPO/RSPO, *green financing*, serta kesiapan teknologi dan pasar agar manfaat ekonomi, lingkungan, dan sosial dapat tercapai secara berkelanjutan.

Pembahasan

Hasil penelitian menunjukkan bahwa pengelolaan POME melalui *methane capture* tidak hanya berfungsi sebagai teknologi pengolahan limbah, tetapi juga menjadi strategi keberlanjutan yang menghasilkan nilai ekonomi, lingkungan, dan sosial. Temuan ini dianalisis menggunakan *sustainability theory*, *value chain theory*, *circular economy theory*, dan konsep *waste-to-wealth*. Berdasarkan *sustainability theory*, penerapan *methane capture* mendukung prinsip *Triple Bottom Line* melalui efisiensi energi, pengurangan bahan bakar fosil, peluang *carbon credit* dan *green financing*, penurunan emisi metana, serta peningkatan kualitas lingkungan dan kompetensi SDM (Nogueira et al., 2023). Informan PT XYZ menyatakan bahwa “*POME bukan lagi limbah, tetapi sumber energi dan pupuk yang memiliki nilai ekonomi.*”

Temuan ini juga sejalan dengan IPCC (2023) yang menegaskan pentingnya pengurangan emisi metana dalam mitigasi perubahan iklim. Informan GAPKI Papua menambahkan bahwa “*methane capture memberikan dua manfaat sekaligus, yaitu menurunkan emisi dan menghasilkan energi terbarukan.*” Mahatma Windrawan Inantha menegaskan bahwa teknologi ini telah menjadi kebutuhan strategis untuk memenuhi tuntutan ESG dan pasar global. Dalam perspektif *value chain theory*, penelitian menunjukkan bahwa POME tidak lagi menjadi residu akhir, tetapi kembali masuk ke rantai nilai sebagai biogas, listrik, Bio-CNG, pupuk cair, dan potensi nilai karbon. Sistem ini membentuk *closed-loop* sehingga limbah berubah menjadi input produksi baru. Konsultan carbon menjelaskan bahwa “*konsepnya adalah circular economy, sehingga waste tidak berhenti sebagai limbah tetapi menjadi nilai tambah.*”

Temuan ini juga mendukung *circular economy theory* yang menekankan pengurangan limbah, sirkulasi material, dan regenerasi sumber daya (OECD, 2024). Informan PT XYZ menyebut POME telah dimanfaatkan menjadi biogas, pupuk, dan energi, sedangkan GAPKI Papua menjelaskan bahwa praktik ekonomi sirkular sudah diterapkan melalui pemanfaatan biomassa sawit, meskipun implementasinya belum merata karena perbedaan investasi, teknologi, dan kapasitas perusahaan. Mahatma Windrawan Inantha menambahkan bahwa pemanfaatan POME masih tertinggal dibanding biomassa sawit lainnya karena sebagian pabrik masih menggunakan kolam terbuka. Dalam konsep *waste-to-wealth*, POME dipandang sebagai aset produktif yang menghasilkan nilai energi, agronomis, lingkungan, bisnis, dan sosial. Informan PT XYZ menyatakan bahwa “*waste-to-wealth berarti mengubah POME menjadi energi, pupuk, dan manfaat bagi masyarakat.*” Namun, GAPKI Papua mengingatkan bahwa pengembangan produk turunan seperti biofertilizer atau mikroalga masih memerlukan dukungan teknologi, regulasi, riset, dan pasar.

Secara keseluruhan, hasil penelitian menguatkan bahwa *sustainability theory* menjelaskan manfaat ekonomi, lingkungan, dan sosial; *value chain theory* menunjukkan perubahan POME dari limbah menjadi sumber nilai; *circular economy theory* menjelaskan sirkulasi kembali POME ke dalam sistem produksi; sedangkan *waste-to-wealth* menggambarkan transformasi limbah menjadi aset produktif. Namun, implementasinya masih dipengaruhi oleh investasi, SDM, regulasi, infrastruktur, dan kepastian pasar. Temuan baru (*novelty*) penelitian ini adalah model integrasi *methane capture–circular economy–waste-to-wealth*, yang menunjukkan bahwa pengelolaan POME tidak hanya menghasilkan energi terbarukan, tetapi juga menghubungkan pengurangan emisi, penciptaan nilai ekonomi, penguatan ESG, dan transformasi rantai nilai industri kelapa sawit secara terpadu.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Penelitian ini menunjukkan bahwa pengelolaan *Palm Oil Mill Effluent* (POME) melalui *methane capture* merupakan implementasi ekonomi sirkular yang mampu mengubah limbah menjadi sumber daya bernilai (*waste-to-wealth*). Pemanfaatan POME sebagai biogas tidak hanya mendukung efisiensi energi dan pengurangan emisi gas rumah kaca, tetapi juga meningkatkan nilai tambah ekonomi melalui peluang *carbon credit* dan *green financing*. Namun, optimalisasi penerapannya masih menghadapi berbagai tantangan, seperti tingginya investasi awal, keterbatasan infrastruktur, regulasi, pembiayaan, dan kapasitas sumber daya manusia. Oleh karena itu, pengembangan *methane capture* memerlukan dukungan kebijakan, kolaborasi multipihak, serta penguatan ekosistem industri agar dapat mendorong transformasi industri kelapa sawit menuju sistem produksi yang lebih efisien, rendah emisi, dan berkelanjutan.

Keterbatasan

Keterbatasan pada penelitian ini adalah penelitian ini menggunakan pendekatan kualitatif sehingga hasilnya lebih berorientasi pada pemahaman mendalam dan belum dapat digeneralisasikan secara statistik. Selain itu, penelitian masih bergantung pada data wawancara dan dokumen yang tersedia, sehingga belum mencakup analisis kuantitatif mengenai kelayakan finansial, efisiensi energi, maupun besaran pengurangan emisi. Perspektif pemangku kepentingan lain, seperti pemerintah daerah, PLN, lembaga pembiayaan, dan masyarakat sekitar, juga belum dikaji secara komprehensif.

Saran

Adapun saran pada penelitian ini adalah perusahaan kelapa sawit disarankan menjadikan pengelolaan POME sebagai bagian dari strategi ekonomi sirkular dan dekarbonisasi dengan mengoptimalkan pemanfaatan biogas sesuai karakteristik pabrik melalui studi kelayakan yang memadai. Pemerintah perlu memperkuat dukungan regulasi, insentif, pembiayaan hijau, serta penyederhanaan perizinan untuk mempercepat investasi *methane capture*. Penelitian selanjutnya disarankan melakukan analisis kuantitatif mengenai kelayakan ekonomi, potensi penurunan emisi, dan berbagai model pemanfaatan POME, serta melibatkan lebih banyak pemangku kepentingan agar menghasilkan rekomendasi yang lebih komprehensif.

Kontribusi Author

Penulis pertama bertanggung jawab dalam perumusan konsep penelitian, pengumpulan data, analisis data, dan penyusunan naskah. Penulis kedua berkontribusi dalam pengembangan kerangka konseptual, interpretasi hasil penelitian, serta proses penelaahan dan penyempurnaan naskah. Seluruh penulis telah membaca dan menyetujui versi akhir artikel yang diterbitkan.

Acknowledgment (Optional)

Penulis mengucapkan terima kasih kepada seluruh informan yang telah berpartisipasi dan memberikan informasi dalam penelitian ini, khususnya pihak PT XYZ, GAPKI Papua, serta para praktisi dan ahli. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada semua pihak yang telah memberikan dukungan dan masukan sehingga penelitian ini dapat terselesaikan dengan baik.

REFERENSI

- Ahmad, N., & Wilkins, S. (2025). Purposive sampling in qualitative research: A framework for the entire journey. *Quality & Quantity*, 59(2). <https://doi.org/10.1007/s11135-024-02022-5>
- Badan Pusat Statistik. (2025). *Statistik tanaman perkebunan tahunan Indonesia 2024: Kelapa sawit, kopi, kakao, karet, teh, dan komoditas perkebunan unggulan*. Badan Pusat Statistik Republik Indonesia. <https://www.bps.go.id>
- Cheah, W. Y., Siti-Dina, R. P., Leng, S. T. K., Er, A. C., & Show, P. L. (2023). Circular bioeconomy in palm oil industry: Current practices and future perspectives. *Environmental Technology & Innovation*, 30, 103050.
- Creswell, J. W., & Poth, C. N. (2024). *Qualitative inquiry and research design: Choosing among five approaches* (5th ed.). SAGE Publications.
- De Marchi, V., & Gereffi, G. (2023). Using the global value chain framework to analyse and tackle global environmental crises. *Journal of Industrial and Business Economics*, 50(1), 149–159. <https://doi.org/10.1007/s40812-022-00253-x>
- Ellen MacArthur Foundation. (2024). *The circular economy in detail: Deep dive*. Ellen MacArthur Foundation. <https://www.ellenmacarthurfoundation.org>
- Gabungan Pengusaha Kelapa Sawit Indonesia (GAPKI). (2025). *Palm biomass hugely potential to support energy resilience*. GAPKI. <https://gapki.id>
- GAPKI Papua. (2026). *Jawaban wawancara informan pendukung: Perspektif Wakil Ketua GAPKI Papua*. Data wawancara penelitian, tidak dipublikasikan.
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). (2021). *Climate change 2021: The physical science basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the IPCC*. Cambridge University Press.
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). (2023). *Climate change 2023: Synthesis report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Sixth Assessment Report of the IPCC*. IPCC.
- Intergovernmental Panel on Climate Change. (2023). *Climate change 2023: Synthesis report*. IPCC.
- Kaplinsky, R., & Morris, M. (2001). *A handbook for value chain research*. International Development Research Centre (IDRC).
- Kementerian Pertanian Republik Indonesia. (2024). *Outlook komoditas perkebunan kelapa sawit tahun 2024*. Pusat Data dan Sistem Informasi Pertanian, Kementerian Pertanian RI.
- Mahatma Windrawan Inantha. (2026). *Wawancara penelitian mengenai POME, ekonomi sirkular, methane capture, dan sawit berkelanjutan*. Data wawancara penelitian, tidak dipublikasikan.
- Muhammad Surur. (2026). *Wawancara penelitian mengenai pengelolaan POME, methane capture, Bio-CNG, dan waste-to-wealth*. Data wawancara penelitian, tidak dipublikasikan.
- Ng, D. K. S., et al. (2025). Kajian optimasi jaringan *waste-to-wealth* biomassa sawit berbasis pendekatan *P-graph*. Dalam F. M. Nuriman & K. Dewi, *Analisis implementasi ekonomi sirkular dalam pengelolaan POME melalui methane capture untuk mendukung waste-*

- to-wealth pada industri kelapa sawit di Indonesia* [Naskah rancangan tesis, Universitas Trisakti].
- Ng, W. P. Q., et al. (2025). Optimising the sustainable circular economy of palm oil biomass with a P-graph approach to waste-to-wealth solutions. *Discover Sustainability*, 6, 1285. <https://doi.org/10.1007/s43621-025-01887-2>
- Nogueira, E., Gomes, S., & Lopes, J. M. (2023). Triple bottom line, sustainability, and economic development: What binds them together? A bibliometric approach. *Sustainability*, 15(8), 6706.
- Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD). (2024). *Monitoring progress towards a resource-efficient and circular economy*. OECD Publishing. <https://doi.org/10.1787/3b644b83-en>
- Potting, J., Hekkert, M., Worrell, E., & Hanemaaijer, A. (2017). *Circular economy: Measuring innovation in the product chain*. PBL Netherlands Environmental Assessment Agency.
- PT Sawit Sumbermas Sarana Tbk. (2025). *Laporan tahunan 2025: Strategic growth through innovation*. PT Sawit Sumbermas Sarana Tbk.
- Purvis, B., Mao, Y., & Robinson, D. (2019). Three pillars of sustainability: In search of conceptual origins. *Sustainability Science*, 14(3), 681–695. <https://doi.org/10.1007/s11625-018-0627-5>
- Saad, M. S., Salleh, S. N., Ahmad, W. A. W., & Ismail, R. (2021). Palm oil mill effluent: Characteristics, treatment technologies, and its potential as a source of renewable energy. *Journal of Cleaner Production* [dikutip dari kajian terkait rasio POME–CPO].
- Sambodo, M. T., Rishanty, A., Silalahi, M., & Hambali, E. (2024). Zero-waste bioenergy to lower energy transition risks in Indonesia — A circular economy practice on methane capture in biogas production from POME. *BioEnergy Research*. <https://doi.org/10.1007/s12155-024-10754-3>
- Sheydayi, A., & Dadashpoor, H. (2023). Conducting qualitative content analysis in urban planning research and urban studies. *Habitat International*, 139, 102878. <https://doi.org/10.1016/j.habitatint.2023.102878>
- Sulin, S. N., Mokhtar, M. N., Baharuddin, A. S., & Mohammed, M. A. P. (2025). Simulation and techno-economic evaluation of integrated palm oil mill processes for advancing a circular economy. *Cleaner Environmental Systems*.
- United Nations Environment Programme (UNEP). (2024). *Emissions gap report 2024: No more hot air ... please!*. UNEP.
- United Nations Environment Programme (UNEP). (2025). *Emissions gap report 2025: Off target*. UNEP.
- United States Department of Agriculture, Foreign Agricultural Service (USDA-FAS). (2026). *Indonesia: Oilseeds and products annual*. U.S. Department of Agriculture. <https://www.fas.usda.gov>
- Woźna, A., Kamińska, A. M., & Bogdanowicz, D. (2025). Circularity in practice: Key performance indicators for measuring, managing, and advancing resource efficiency. *Scientific Journal of Bielsko-Biala School of Finance and Law*, 29(3).
- Wutich, A., Beresford, M., & Bernard, H. R. (2024). Sample sizes and saturation in qualitative research: A review of theory and practice. *Field Methods* [dikutip dari kajian terkait kecukupan data kualitatif].
- Yaro, N. S. A., Sutanto, M. H., Habib, N. Z., Napiyah, M., Usman, A., & Jagaba, A. H. (2022). Application and circular economy prospects of palm oil waste for eco-friendly asphalt pavement industry: A review. *Journal of Road Engineering*, 2(4). <https://doi.org/10.1016/j.jreng.2022.10.001>