

POTENSI PEMANFAATAN LIMBAH PADAT KELAPA SAWIT SEBAGAI UPAYA MENINGKATKAN EFISIENSI ENERGI DI PABRIK KELAPA SAWIT

Lailal Gusri^{1*)}, Prameswari Amalia Putri¹⁾, Abdul Manab²⁾, Andre Rabiula²⁾

^{1*)} Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Jambi, Jambi

²⁾ Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Jambi, Jambi

*Email korespondensi: lailal.gusri@unja.ac.id

ABSTRAK

Industri kelapa sawit memberikan dampak signifikan terhadap perekonomian daerah dan nasional serta dapat penyerapan tenaga kerja, khususnya petani. CPO dapat diolah menjadi bahan minyak, kosmetik, dan *biofuel* serta komoditas strategis dalam perdagangan global. Namun, industri ini juga menghasilkan limbah padat dan cair menghasilkan limbah padat berlimpah seperti cangkang, serat, dan tandan kosong. Limbah pabrik perlu dikelola dan diolah agar tidak mencemari lingkungan. Pengelolaan limbah yang tidak optimal dapat memicu berbagai permasalahan lingkungan, sehingga diperlukan strategi penanganan yang efektif dan berkelanjutan. Jenis limbah padat tersebut berpotensi dimanfaatkan sebagai sumber energi alternatif maupun bahan baku produk bernilai tambah. Tujuan untuk mengetahui bentuk pemanfaatan limbah padat kelapa sawit serta persentase pemanfaatannya, sebagai upaya optimalisasi pengelolaan limbah industri. Metode yang digunakan meliputi observasi langsung terhadap proses pengolahan dan pemanfaatan limbah padat di pabrik, pengumpulan data produksi, serta kajian literatur pendukung. Hasil pengamatan menunjukkan bahwa tandan kosong dimanfaatkan sebagai bahan kompos dan mulsa di perkebunan, cangkang dikonversi menjadi bahan bakar boiler guna menghasilkan energi uap, sedangkan serat dimanfaatkan sebagai bahan bakar tambahan. Berdasarkan kajian literatur, limbah padat tersebut masih memiliki potensi pengembangan lebih lanjut, seperti pembuatan briket biomassa, pelet, dan karbon aktif. Optimalisasi pemanfaatan limbah padat kelapa sawit dapat meningkatkan efisiensi energi pabrik dan menekan volume limbah.

Kata Kunci: Kompos, Limbah padat, Pengelolaan limbah, Serat kelapa sawit, Tandan kosong

ABSTRACT

The palm oil industry has a significant impact on the regional and national economy, generating employment, especially for farmers. Crude palm oil (CPO) can be processed into edible oil, cosmetics, and biofuels, making it a strategic commodity in global trade. However, this industry also produces abundant solid and liquid waste, such as shells, fibers, and empty fruit bunches. Factory waste must be managed and processed to prevent environmental pollution. Poor waste management can lead to various environmental problems, necessitating effective and sustainable management strategies. This type of solid waste has the potential to be used as an alternative energy source and raw material for value-added products. The objective was to determine the utilization of palm oil solid waste and its percentage, as an effort to optimize industrial waste management. The methods used included direct observation of the processing and utilization of solid waste at the factory, collection of production data, and a review of

relevant literature. The results showed that empty fruit bunches are used as compost and mulch in plantations, shells are used as boiler fuel to generate steam energy, and fiber is used as supplementary fuel. According to the literature review, this solid waste still has potential for further development, such as the production of briquettes, pellets, and biomass-based activated carbon. Optimizing the utilization of palm oil solid waste can increase the energy efficiency of factories and reduce the volume of waste.

Keywords: *Compost, Solid waste, Waste management, Palm fiber, Palm kernel shell*

1. PENDAHULUAN

Indonesia mempunyai lahan sawit dan tersebar sebagian besar di Kalimantan dan Sumatera. Perkebunan sawit menjadi sektor kunci yang memiliki peran strategis dalam produksi minyak sawit mentah (CPO) secara global, yang mendatangkan devisa bagi Indonesia. Sebagai negara penghasil CPO terbesar di dunia, Indonesia menyumbang lebih dari separuh produksi minyak sawit secara global. Selain memberikan kontribusi signifikan terhadap perekonomian negara, industri kelapa sawit juga berperan besar dalam penyediaan lapangan kerja, pembangunan daerah, serta peningkatan kesejahteraan masyarakat di wilayah perkebunan. Namun, di balik itu manfaat ekonominya yang besar, kegiatan pengolahan kelapa sawit juga menghasilkan limbah dalam jumlah signifikan yang perlu dikelola dengan tepat agar tidak menimbulkan dampak negatif terhadap lingkungan (Ayompe *et al.*, 2021).

Meskipun menjadi komoditas ekonomi penting, produksi minyak kelapa sawit menuai kontroversi karena dampaknya terhadap lingkungan dan sosial, termasuk deforestasi, perubahan iklim, dan ancaman mata pencaharian (Oosterveer, 2015; Ayompe *et al.*, 2021). Selain itu, pengolahan tandan buah segar (TBS) menghasilkan limbah padat bervolume besar berupa tandan kosong, cangkang, dan serat kelapa sawit yang memerlukan pengelolaan optimal untuk mencegah degradasi lingkungan lebih lanjut.

Menurut Awoh *et al.* (2023), ada empat jenis utama limbah kelapa sawit dari proses produksi minyak kelapa sawit, yang totalnya mencapai 80% dari proses tersebut. Jika tidak dimanfaatkan secara optimal, limbah padat tersebut dapat menyebabkan penumpukan di area pabrik, gangguan estetika, serta potensi pencemaran lingkungan. Oleh karena itu, pengelolaan limbah padat secara efisien menjadi salah satu langkah penting dalam mendukung keberlanjutan operasional industri kelapa sawit. Namun, keberlanjutan produksi minyak sawit diburu oleh dua isu utama, yaitu (i) ekspansi dan (ii) pengelolaan limbah (Awoh *et al.*, 2023).

Di samping itu, limbah padat kelapa sawit memiliki potensi besar untuk dimanfaatkan sebagai sumber energi bahan baku produk bernilai tambah. Memanfaatkannya sebagai sumber energi dapat berkontribusi untuk mengurangi ketergantungan pada bahan bakar fosil dan mengurangi emisi gas rumah kaca, karena memiliki karakteristik netralitas karbon (Samsuri *et al.*, 2024). Tandan kosong dapat digunakan sebagai bahan baku kompos, mulsa, atau pelet biomassa. Cangkang kelapa sawit memiliki nilai kalor yang tinggi dan banyak digunakan sebagai bahan bakar boiler maupun bahan baku karbon aktif. Sedangkan serat kelapa sawit dapat digunakan

sebagai bahan bakar tambahan dalam proses pembangkit uap di pabrik. Melalui pemanfaatan yang tepat, limbah padat kelapa sawit tidak hanya dapat mengurangi volume limbah, tetapi juga memberikan manfaat ekonomi dan efisiensi energi bagi perusahaan.

Setiap pabrik kelapa sawit memiliki sistem pengelolaan dan pemanfaatan limbah yang berbeda-beda, tergantung pada kapasitas produksi, ketersediaan teknologi, dan kebijakan internal perusahaan. PT Sawit X di Kabupaten Batanghari merupakan salah satu pabrik pengolahan kelapa sawit yang telah menerapkan sistem pemanfaatan limbah padat sebagai bagian dari upaya peningkatan efisiensi energi dan produktivitas operasional sesuai standar pada *Indonesian Sustainable Palm Oil* (ISPO). Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan untuk mengetahui bentuk pemanfaatan limbah padat tandan kosong, cangkang, dan serat kelapa sawit di PT Sawit X di Kabupaten Batanghari serta menganalisis potensinya dalam mendukung optimalisasi pengelolaan limbah industri.

2. METODOLOGI

Penelitian ini dilaksanakan di PT Sawit X berlokasi di Kabupaten Batanghari, Provinsi Jambi. Kegiatan penelitian difokuskan pada proses pengolahan dan pemanfaatan limbah padat hasil pengolahan kelapa sawit, meliputi tandan kosong, cangkang, dan serat kelapa sawit. Secara geografis, PT Sawit X berada pada titik koordinat 103°1'0" BT dan 01°52'0" LS, serta 103°20'0" BT dan 01°1'40" LS, yang menjadikannya terletak di area yang dikelilingi oleh kawasan hutan dan permukiman masyarakat lokal. Penelitian dilaksanakan selama periode 7 Juli hingga 7 September 2025 di area pengolahan limbah padat PT Sawit X di Kabupaten Batanghari.

2.1 Jenis dan pendekatan Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan deskriptif kualitatif dengan dukungan data kuantitatif. Tujuannya untuk menggambarkan kondisi aktual pengelolaan limbah padat serta menghitung persentase pemanfaatan dari masing-masing jenis limbah yang dihasilkan.

2.2 Pengumpulan Data

Data primer, diperoleh melalui observasi langsung terhadap proses pengolahan tandan kosong, cangkang, dan serat di pabrik, serta wawancara dengan pihak operasional pabrik terkait mekanisme pemanfaatan limbah padat.

Data sekunder, berupa catatan produksi pabrik, laporan harian limbah padat, serta literatur pendukung yang relevan dengan teknologi pengolahan dan pemanfaatan limbah kelapa sawit.

2.3 Analisis Data

Analisis dilakukan secara deskriptif dengan meninjau, yaitu:

- Bentuk pemanfaatan limbah padat di pabrik, seperti penggunaan tandan kosong sebagai kompos dan mulsa, cangkang dan serat sebagai bahan bakar boiler.
- Persentase pemanfaatan limbah padat, yang dihitung dengan rumus:

$$\text{Persentase} = \frac{\text{Total yang dimanfaatkan}}{\text{Total produksi}} \times 100\% \quad (1)$$

- Identifikasi potensi pengembangan, dilakukan melalui kajian literatur untuk menilai kemungkinan pemanfaatan lanjutan seperti produksi briket, pelet biomassa, dan karbon aktif.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Kondisi Umum Pengelolaan Limbah Padat

PT Sawit X mengoperasikan pabrik kelapa sawit dengan kapasitas pengolahan 30 ton TBS per jam yang menghasilkan produk utama berupa *Crude Palm Oil* (CPO) dan *palm* kernel. Selain produk utama, proses pengolahan juga menghasilkan limbah padat meliputi tandan kosong dari stasiun thresher, cangkang dari stasiun press, dan serat kelapa sawit dari stasiun kernel. Adanya produk sampingan, hasil pengolahan yaitu limbah padat, perlu upaya efisiensi sumber daya bahwa PT Sawit X menerapkan sistem pemanfaatan limbah padat secara internal untuk mendukung operasional pabrik dan perkebunan.

3.2 Pemanfaatan Limbah Padat Kelapa Sawit

Limbah padat utama yang dihasilkan pabrik meliputi tandan kosong, cangkang, dan serat, yang masing-masing memiliki karakteristik dan bentuk pemanfaatan berbeda.

a) Tandan Kosong

Tandan kosong merupakan hasil samping dari proses penebahan (*threshing*) dengan proporsi sekitar 14% dari total TBS yang diolah. Berdasarkan data PT Sawit X (2025), produksi tandan kosong mencapai 5.551.410 ton selama periode pengamatan, dengan tingkat pemanfaatan sekitar 75,03%. Pemanfaatan utama tandan kosong dilakukan sebagai bahan kompos dan mulsa di lahan perkebunan kelapa sawit. Tandan kosong memiliki kandungan lignoselulosa tinggi yang kaya unsur hara seperti kalium (K), magnesium (Mg), dan kalsium (Ca), yang bermanfaat memperbaiki struktur tanah dan meningkatkan kesuburan (Okalia *et al.*, 2018).

Pemanfaatan tandan kosong kelapa sawit (TKKS) sebagai bahan organik telah menjadi salah satu strategi berkelanjutan dalam pengelolaan limbah industri kelapa sawit. TKKS mengandung unsur hara penting seperti karbon, nitrogen, fosfor, dan kalium yang bermanfaat bagi peningkatan kesuburan tanah (Adu *et al.*, 2022). Aplikasi TKKS sebagai mulsa atau kompos dapat memperbaiki struktur tanah, meningkatkan kapasitas menahan air, dan memperkaya aktivitas mikroorganisme tanah (Bintang *et al.*, 2024). Selain itu, pemanfaatan TKKS dapat mengurangi emisi gas rumah kaca yang

dihasilkan dari pembakaran limbah serta menekan pencemaran lingkungan akibat penumpukan residu organik di sekitar pabrik (Yerizam *et al.*, 2021). Dengan demikian, penggunaan TKKS sebagai bahan pembenah tanah tidak hanya memberikan manfaat agronomis, tetapi juga mendukung praktik pertanian berkelanjutan dan ramah lingkungan.



Gambar 1. Tandan Kosong Kelapa Sawit
(Sumber: Hasil Observasi Lapangan di PT Sawit X, 2025)

Meskipun telah dimanfaatkan dengan baik, masih terdapat sebagian kecil tandan kosong yang belum termanfaatkan karena keterbatasan lahan dan sarana pengomposan. Berdasarkan kajian literatur, Tandan kosong juga berpotensi diolah menjadi pelet biomassa atau papan partikel (*particle board*) sebagai bahan alternatif ramah lingkungan (Lubis *et al.*, 2022).



Gambar 2. a) Tandan Kosong sebagai Kompos dan b) Tandan Kosong Sebagai Mulsa
(Sumber: Hasil Observasi Lapangan di PT Sawit X, 2025)

b) Cangkang

Cangkang merupakan bagian keras dari biji kelapa sawit yang dihasilkan setelah proses pemecahan (*ripple mill*) dengan porsi sekitar 7% dari TBS. Berdasarkan data di lapangan, total produksi cangkang selama periode pengamatan mencapai 1.766.358 ton, seluruhnya dimanfaatkan sebagai bahan bakar boiler.

Hal ini sejalan dengan penelitian (Siswanto, 2020) yang menunjukkan menunjukkan bahwa cangkang kelapa sawit memiliki nilai kalor tinggi, yaitu sekitar 14.978 kJ/ton untuk komposisi 100% cangkang, sehingga sangat layak digunakan sebagai bahan bakar boiler. Nilai kalor yang tinggi ini mendukung proses pembakaran lebih efisien dalam menghasilkan uap untuk penggerak turbin dan mendukung proses produksi di pabrik kelapa sawit. Berdasarkan literatur, cangkang kelapa sawit dapat diolah lebih lanjut menjadi karbon aktif melalui proses pirolisis, yang memiliki nilai ekonomis tinggi untuk industri pengolahan air, makanan, dan farmasi (Yanti *et al.*, 2022).



Gambar 3. Cangkang Kelapa Sawit
(Sumber: Hasil Observasi Lapangan di PT Sawit X, 2025)

Hasil dari pembakaran cangkang kelapa sawit yang disebut sebagai abu boiler dikumpulkan dan sebagian digunakan masyarakat lokal sebagai abu kompos pada lahan sawit mereka, namun sebagian besar abu boiler hasil pembakaran cangkang ini masih belum dimanfaatkan secara optimal dan hanya dibiarkan di area lahan terbuka dekat stasiun boiler padahal potensi abu boiler untuk dikembangkan menjadi material bahan baru sangat besar. Menurut (Vitri dan Herman, 2019) Abu cangkang sawit merupakan pozolan buatan yang diekstrak dari kerak ketel uap yang telah digiling selama pembakaran cangkang buah dan serat pada suhu 500-700°C di dalam tungku ketel uap. Abu cangkang sawit merupakan biomassa yang mengandung silika (SiO_2).

Selain itu menurut penelitian (Marfitania *et al.*, 2024) abu boiler hasil pembakaran cangkang kelapa sawit dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku pembuatan adsorben asam lemak bebas dikarenakan terkandung senyawa SiO_2 31,45%, CaO 15,2%, dan Al_2O_3 1,6% yang memiliki kemampuan adsorpsi di dalamnya. Abu boiler dari hasil

pembakaran cangkang kelapa sawit juga dapat dimanfaatkan sebagai material tambahan pada campuran beton variasi pengganti dari agregat halus.

Pemilihan abu kulit ketel uap cangkang sawit sebagai bahan campuran semen pada beton, dikarenakan abu tersebut cukup banyak terdapat di pabrik dan memiliki kandungan silika (SiO_2) yang relatif tinggi, sehingga tidak menurunkan mutu beton. Pemilihan abu kulit ketel uap cangkang sawit sebagai bahan campuran semen pada beton, dikarenakan abu tersebut cukup banyak terdapat di pabrik dan memiliki kandungan silika (SiO_2) yang relatif tinggi, sehingga tidak menurunkan mutu beton (Gunawan *et al.*, 2018).



Gambar 4. Abu Boiler Kelapa Sawit
(Sumber: Hasil Observasi Lapangan di PT Sawit X, 2025)

c) Serat

Serat merupakan hasil samping dari proses pengepresan buah (*press station*) dengan porsi sekitar 13% dari TBS. Berdasarkan data produksi, total serat yang dihasilkan mencapai 3.186.379 ton, dengan pemanfaatan sekitar 100% sebagai bahan bakar tambahan boiler.

Selain itu, serat juga mengandung abu dan air dalam jumlah tertentu yang dapat memengaruhi kualitas fisiknya. Berdasarkan penelitian (Febrina *et al.*, 2020) yang menunjukkan bahwa kandungan lignoselulosa yang tinggi mencapai 30,18% menjadi alasan utama serat kelapa sawit banyak dimanfaatkan sebagai bahan bakar boiler di pabrik kelapa sawit. Hal ini pula yang menjelaskan mengapa biomassa kelapa sawit seperti serat memiliki sifat mudah terbakar.

Namun, berdasarkan kajian literatur, serat masih memiliki potensi pengembangan lain, seperti pembuatan briket biomassa dan biopellet, yang lebih mudah disimpan dan dipasarkan (Kurniawan *et al.*, 2022).



Gambar 5. Serat Kelapa Sawit
(Sumber: Hasil Observasi Lapangan di PT Sawit X, 2025)

3.3 Persentase Pemanfaatan Limbah Padat

Dari hasil pengamatan dan pencatatan data produksi selama periode Januari hingga Juli 2025, seperti tersaji pada Tabel 1.

Tabel 1. Persentase Pemanfaatan Limbah Padat

Jenis Limbah	Persentase dari 100% TBS	Total Produksi (ton)	Pemanfaatan Utama	Persentase Pemanfaatan
Tandan kosong	14%	5.551.410	Kompos dan mulsa	75,03%
Cangkang	7%	1.766.358	Bahan bakar boiler	100,49%
Serat	13%	3.186.379	Bahan bakar boiler	100%
Total Persentase Pemanfaatan				91,8%

Sumber: Hasil Olah Data PT Sawit X, 2025

Tabel di atas menunjukkan bahwa setiap jenis limbah padat kelapa sawit memiliki tingkat pemanfaatan yang berbeda. Tandan kosong yang dihasilkan sebesar 14% dari total TBS sebagian besar dimanfaatkan sebagai bahan kompos dan mulsa dengan tingkat pemanfaatan 75,03%. Cangkang yang menyumbang 7% dari total TBS telah dimanfaatkan seluruhnya 100,49% sebagai bahan bakar boiler karena memiliki nilai kalor tinggi. Selain itu cangkang menyumbang 183.836 kWh sebagai bahan bakar turbin pada boiler untuk menghasilkan energi listrik. Kondisi capaian pemanfaatan serat kelapa sawit di atas 100% dapat terjadi akibat adanya perbedaan pencatatan atau akumulasi stok serat dari periode akhir 2024 yang baru tercatat pada periode Januari – Juli 2025. Dengan nilai capaian tersebut, dapat disimpulkan bahwa serat kelapa sawit telah dimanfaatkan secara maksimal tanpa menyisakan bahan terbuang. Sementara itu, serat

kelapa sawit dengan proporsi 13% dimanfaatkan sebanyak 100% sebagai bahan bakar tambahan pada boiler.

Secara keseluruhan, tingkat pemanfaatan limbah padat mencapai rata-rata 91,8%, menunjukkan bahwa pengelolaan limbah di PT Sawit X sudah berjalan efektif, meskipun pemanfaatan tandan kosong masih dapat ditingkatkan melalui pengembangan teknologi yang lebih modern.

3.4 Pembahasan

Berdasarkan hasil pengamatan dan data produksi yang diperoleh, limbah padat yang dihasilkan dari proses pengolahan kelapa sawit di PT Sawit X terdiri atas tiga jenis utama, yaitu tandan kosong, cangkang, dan serat. Ketiganya merupakan hasil samping dari tahapan produksi minyak kelapa sawit yang jika tidak dikelola dengan baik dapat menimbulkan permasalahan lingkungan, namun apabila dimanfaatkan secara tepat justru dapat memberikan nilai tambah dan mendukung efisiensi energi pabrik.

Hasil analisis pada Tabel 1 di atas menunjukkan bahwa tingkat pemanfaatan limbah padat di PT Sawit X tergolong tinggi, dengan rata-rata mencapai 91,8%. Cangkang dan serat telah dimanfaatkan sepenuhnya sebagai bahan bakar boiler, sedangkan tandan kosong dimanfaatkan sekitar 75,03% sebagai bahan kompos dan mulsa. Tingginya tingkat pemanfaatan limbah padat ini menunjukkan bahwa sistem pengelolaan limbah di PT Sawit X telah berjalan dengan baik dan berorientasi pada efisiensi sumber daya. Meskipun demikian, masih terdapat peluang peningkatan nilai tambah terutama pada tandan kosong yang belum termanfaatkan seluruhnya akibat keterbatasan fasilitas pengomposan dan lahan penyebaran kompos.

Jika ditinjau lebih jauh, pemanfaatan limbah padat sebagai bahan bakar boiler memiliki peran penting dalam mengurangi ketergantungan terhadap bahan bakar fosil serta menekan emisi gas rumah kaca. Dari sudut pandang energi, biomassa terdiri dari limbah sumber daya tumbuhan dan hewan, sekaligus potensinya. Pemanfaatannya untuk keperluan energi akan mengurangi ketergantungan pada bahan bakar fosil tradisional karena melimpahnya sumber daya, ketersediaan lokal, dan biaya yang lebih rendah (Mahari, *et al.*, 2021; Awoh *et al.*, 2023; Sharma *et al.*, 2024). Di banyak negara terbelakang, kayu bakar dalam jumlah besar digunakan untuk memasak dan keperluan pemanas rumah tangga lainnya, serta bagian lain dari limbah pertanian dan hewan.

Pemanfaatan cangkang dan serat sebagai bahan bakar biomassa di mana limbah digunakan kembali sebagai sumber energi internal pabrik yang dapat menghemat biaya operasional. Pemanfaatan energi terbarukan, khususnya dari limbah kelapa sawit, menawarkan solusi berkelanjutan (Hernandez *et al.*, 2024; Tabassum *et al.*, 2025). Selain itu, pemanfaatan tandan kosong sebagai kompos berkontribusi terhadap peningkatan kualitas tanah dan efisiensi penggunaan pupuk kimia di lahan perkebunan. Namun, potensi pengembangan pemanfaatan limbah padat kelapa sawit masih terbuka lebar. Inisiatif ini tidak hanya berkontribusi pada pengurangan limbah tetapi juga mendukung ekonomi sirkular dan meningkatkan keberlanjutan industri minyak sawit (Sulin *et al.*, 2025). Melalui inovasi teknologi, tandan kosong, cangkang, dan serat dapat

dikonversi menjadi berbagai produk bernilai tinggi seperti briket biomassa, biopelet, karbon aktif, hingga material konstruksi alternatif yang berimplikasi terhadap peningkatan ekonomi perusahaan.

Dengan demikian, strategi optimalisasi pengelolaan limbah padat kelapa sawit di PT Sawit X perlu diarahkan tidak hanya pada aspek pemanfaatan energi, tetapi juga pada peningkatan kapasitas sumber daya manusia, penguatan fasilitas pengolahan, dan pengembangan inovasi teknologi. Pendekatan ini diharapkan mampu memperluas manfaat limbah padat baik secara ekonomi, sosial, maupun lingkungan.

4. PENUTUP

Pemanfaatan limbah padat kelapa sawit di PT Sawit X telah menunjukkan kinerja yang baik dalam mendukung efisiensi energi dan pengelolaan limbah industri secara berkelanjutan. Tandan kosong, cangkang, dan serat yang merupakan hasil samping dari proses pengolahan minyak kelapa sawit telah dimanfaatkan dengan tingkat pemanfaatan tinggi, mencapai rata-rata sekitar 91,8%. Cangkang dan serat sepenuhnya digunakan sebagai bahan bakar boiler, sedangkan tandan kosong dimanfaatkan sebagai bahan kompos dan mulsa di lahan perkebunan. Pemanfaatan ini tidak hanya mengurangi volume limbah yang berpotensi mencemari lingkungan, tetapi juga memberikan manfaat ekonomis bagi perusahaan melalui penghematan energi dan bahan bakar.

Meskipun demikian, masih terdapat ruang untuk peningkatan nilai tambah terutama pada tandan kosong dan abu boiler yang belum termanfaatkan secara optimal. Melalui inovasi teknologi, ketiga jenis limbah padat tersebut berpotensi dikembangkan menjadi berbagai produk bernilai ekonomi tinggi seperti biopelet, briket biomassa, karbon aktif, maupun bahan konstruksi alternatif. Pengembangan ini diharapkan dapat meningkatkan kontribusi industri kelapa sawit sesuai *standard Indonesian Sustainable Palm Oil* (ISPO).

Rekomendasi hasil penelitian yaitu penguatan fasilitas dan teknologi pengolahan limbah, khususnya untuk pengomposan tandan kosong dan pemanfaatan abu boiler, agar proses pengelolaan limbah dapat dilakukan secara lebih optimal dan efisien.

Peningkatan kapasitas sumber daya manusia (SDM) melalui pelatihan teknis terkait pengelolaan dan inovasi pemanfaatan limbah padat, guna mendukung implementasi teknologi ramah lingkungan di pabrik.

Kolaborasi dengan lembaga penelitian dan industri hilir, untuk mengembangkan produk turunan berbasis limbah padat kelapa sawit seperti briket, biopelet, dan karbon aktif yang bernilai tambah tinggi.

Monitoring dan evaluasi berkala terhadap sistem pengelolaan limbah, agar pemanfaatan limbah padat dapat terus ditingkatkan sejalan dengan standar dan kebijakan nasional.

5. UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyampaikan penghargaan kepada PT Sawit X di Kabupaten Batanghari, atas kerja sama yang baik melalui pemberian izin, mendapat data operasional, dan fasilitas penelitian. Ucapan terima kasih disampaikan dosen pembimbing atas arahan dan sarannya yang konstruktif. Apresiasi juga ditujukan kepada semua pihak yang telah berkontribusi dalam tahap pengumpulan data dan penulisan naskah.

DAFTAR PUSTAKA

- Adu, M.O., Atia, K., Arthur, E. et al. (2022). The use of oil palm empty fruit bunches as a soil amendment to improve growth and yield of crops. A meta-analysis. *Agron. Sustain. Dev.* 42, 13. <https://doi.org/10.1007/s13593-022-00753-z>
- Bintang, M., Gunawan, S., & Yuniasih, B. (2024). Teknik Pengaplikasian Tandan Kosong pada Perkebunan Kelapa Sawit di PT Karya Bakti Agro Sejahtera Provinsi Kalimantan Barat. *AGROFORETECH*, 2(1), 9–15. <https://jurnal.instiperjogja.ac.id/index.php/IOM/article/view/1044>
- Egbe Terence Awoh, Joseph Kiplagat, Stephen K. Kimutai, Achisa C. Mecha. (2023). Current trends in palm oil waste management: A comparative review of Cameroon and Malaysia. *Heliyon*, 9(11), e21410, ISSN 2405-8440, <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e21410>
- Febrina, D., Pratama, R., & Febriyanti, R. (2020). Pengaruh Jenis Pengolahan Dan Lama Pemeraman Terhadap Kandungan Fraksi Serat Pelepah Kelapa Sawit. *Jurnal Ilmiah Peternakan Terpadu*, 8(2), 60. <https://doi.org/10.23960/jipt.v8i2.p60-65>
- Gunawan, H. C., Mungok, C. D., & Lestyowati, Y. (2018). Pemanfaatan Abu Boiler Cangkang Kelapa Sawit Sebagai Bahan Tambah Pada Campuran Beton. *JeLAST: Jurnal PWK, Laut, Sipil, Tambang*, 5(2), 1-9. <https://doi.org/10.26418/jelast.v5i2.26395>
- Juan Camilo Barrera Hernandez, Alexis Sagastume Gutierrez, Nidia Elizabeth Ramírez-Contreras, Juan J. Cabello Eras, Jesús Alberto García-Núñez, Osmar Ricardo Barrera Agudelo, Electro Eduardo Silva Lora. (2024). Biomass-based energy potential from the oil palm agroindustry in Colombia: A path to low carbon energy transition. *Journal of Cleaner Production*, 449, 141808, ISSN 0959-6526, <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2024.141808>
- Khoirul Solehah binti Abdul Rahim, Alinda binti Samsuri, Siti Hasnawati binti Jamal, Siti Aminah binti Mohd Nor, Siti Nor Ain binti Rusly, Hafizah binti Ariff, Nur Shazwani binti Abdul Latif. (2024). Redefining biofuels: Investigating oil palm biomass as a promising cellulose feedstock for nitrocellulose-based propellant production. *Defence Technology*, 37, 111-132, ISSN 2214-9147, <https://doi.org/10.1016/j.dt.2023.09.014>
- Kurniawan, E., Ginting, Z., & Dewi, R. (2022). Dahliana, Kurniawan, E., Ginting, Z., & Dewi, R. (2022). Pemanfaatan limbah serabut kelapa sawit (*elaeis guineensis* Jacq.) Sebagai sumber energi alternatif dalam pembuatan biopellet. *Chemical Engineering Journal Storage*, 2 (2), 11–24. <https://doi.org/10.29103/cejs.v2i2.6013>
- Lacour M. Ayompe, M. Schaafsma, Benis N. Egoh. (2021). Towards sustainable palm oil production: The positive and negative impacts on ecosystem services and human wellbeing. *Journal of Cleaner Production*, 278, 123914, ISSN 0959-6526, <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.123914>

- Lubis, A. F. A., Effendi, Z., & Guntoro, G. (2022). Pembuatan Papan Partikel Dengan Menggunakan Bahan Baku Tandan Kosong Kelapa Sawit Dan Perekat Resin. *Jurnal Agro Fabrica*, 4(1), 1–9. <https://doi.org/10.47199/jaf.v4i1.176>
- Marfitania, T., Yunianto, Hariyanto, Saragih, K. P., & Januarti, R. (2024). Sintesis Zeolit-Karbon Aktif Berbasis Abu Boiler Pabrik Kelapa Sawit Sebagai Adsorben Asam Lemak Bebas dan Karoten pada Crude Palm Oil. *Jurnal Syntax Admiration*, 5(1), 220–230. <https://doi.org/10.46799/jsa.v5i1.978>
- Mujahid Tabassum, Md. Bazlul Mobin Siddique, Hadi Nabipour Afrouzi, Saad Bin Abdul Kashem. (2025). A Feasibility Study of Renewable Energy Generation from Palm Oil Waste in Malaysia. *Energy Engineering*, 122(9), 3433-3457, ISSN 0199-8595, <https://doi.org/10.32604/ee.2025.065955>
- Okalia, D., Nopsagiarti, T., & Ezward, C. (2018). Pengaruh Ukuran Cacahan Tandan Kosong Kelapa Sawit Terhadap Karakteristik Fisik Kompos Tritankos (Triko Tandan Kosong). *Jurnal Agroqua: Media Informasi Agronomi dan Budidaya Perairan*, 16(2), 132. <https://doi.org/10.32663/ja.v16i2.523>
- Peter Oosterveer. (2015). Promoting sustainable palm oil: viewed from a global networks and flows perspective, *Journal of Cleaner Production*, 107, 146-153, ISSN 0959-6526, <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2014.01.019>
- Sharma U, Sharma D, Kumar A, Bansal T, Agarwal A, Kumar S, Hussian A, Kamyab H, Haq M. (2024). Utilization of refuse-derived fuel in industrial applications: Insights from Uttar Pradesh, India. *Heliyon*, 11(1), 41336. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e41336>
- Siswanto, J. E. (2020). Analisis Limbah Kelapa Sawit Sebagai Bahan Bakar Boiler dengan Menggunakan Variasi Campuran Antara Fiber dan Cangkang Buah Sawit. *Journal of Electrical Power Control and Automation (JEPCA)*, 3(1), 22. <https://doi.org/10.33087/jepca.v3i1.35>
- Siti Naderah Sulin, Mohd Noriznan Mokhtar, Azhari Samsu Baharuddin, Mohd Afandi P. Mohammed. (2025). Simulation and techno-economic evaluation of integrated palm oil mill processes for advancing a circular economy. *Cleaner Environmental Systems*, 19, 100323, ISSN 2666-7894, <https://doi.org/10.1016/j.cesys.2025.100323>
- Vitri, G., & Hazmal Herman. (2019). Pemanfaatan Limbah Kelapa Sawit Sebagai Material Tambahan Beton. *Jurnal Teknik Sipil ITP*, 6(2), 78–87. <https://doi.org/10.21063/jts.2019.v6i2.06>
- W.A. Wan Mahari, et al. (2021). Valorization of municipal wastes using co-pyrolysis for green energy production, energy security, and environmental sustainability: A review. *Chem. Eng. J.* 421 (P1), 129749, <https://doi.org/10.1016/j.cej.2021.129749>
- Yanti, R. N., Ratnaningsih, A. T., & Ikhsani, H. (2022). Pembuatan Bio-briket Dari Produk Biochar Cangkang Kelapa Sawit Sebagai Sumber Energi Alternatif. *J. Ilmu Pertanian*, 19(1), 11–18. <https://doi.org/10.31849/jip.v19i1.7815>
- Yerizam, M., Dewi, E., Hasan, A., Ridho Triadi, M., Fia Atindu, N., & Rizky Amelia, S. (2021). Pemanfaatan Tandan Kosong Kelapa Sawit Dalam Proses Pembuatan Pupuk Organik Padat. *Jurnal Pendidikan dan Teknologi Indonesia*, 1(11), 461-464. <https://doi.org/10.52436/1.jpti.121>