

Perencanaan Operasional dalam Pemanfaatan Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS) Sebagai Bahan Bakar Alternatif di Provinsi Riau

Teddi Manurung*¹, Edi Hamdi², Muhammad Dhafi Iskandar³, Dimas Angga Negoro⁴

^{1,2,3,4}Magister Manajemen, Fakultas Ekonomi dan Bisnis, Universitas Esa Unggul, Jakarta, Indonesia

*e-mail: teddimanurung@student.essunggul.ac.id¹, edi.hamdi@esaunggul.ac.id²,

dhafi.iskandar@esaunggul.ac.id³, dimas.negoro@esaunggul.ac.id⁴

Abstrak

Penelitian ini membahas perencanaan operasional dalam pemanfaatan Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS) sebagai bahan bakar alternatif di Provinsi Riau, yang bertujuan untuk mengoptimalkan pengelolaan limbah biomassa kelapa sawit sekaligus mendukung diversifikasi sumber energi terbarukan. Permasalahan utama yang dihadapi meliputi tantangan logistik pengumpulan dan distribusi TKKS, keterbatasan teknologi pengolahan yang efisien dan ramah lingkungan, aspek ekonomi yang mempengaruhi kelayakan finansial, serta dukungan kebijakan yang masih kurang optimal. Metode penelitian ini menggunakan analisis komprehensif terhadap aspek teknis, ekonomi, lingkungan, dan kebijakan untuk merancang strategi operasional yang efektif dan berkelanjutan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa integrasi antara efisiensi logistik, teknologi tepat guna, pengelolaan lingkungan yang bertanggung jawab, dan kebijakan yang mendukung sangat penting untuk mewujudkan pemanfaatan TKKS sebagai sumber energi alternatif yang kompetitif dan ramah lingkungan di Provinsi Riau. Dengan demikian, perencanaan operasional yang matang dapat menjadi kunci dalam mengoptimalkan potensi TKKS sebagai bahan bakar alternatif sekaligus mendukung pembangunan energi terbarukan di wilayah tersebut.

Kata kunci: Biomassa, Energi Terbarukan, Keberlanjutan, Pellet, TKKS.

Abstract

This study discusses operational planning in the utilization of Empty Oil Palm Fruit Bunches (EFB) as an alternative fuel in Riau Province, which aims to optimize the management of oil palm biomass waste while supporting the diversification of renewable energy sources. The main problems faced include the logistical challenges of EFB collection and distribution, limitations of efficient and environmentally friendly processing technology, economic aspects that affect financial feasibility, and less than optimal policy support. This research method uses a comprehensive analysis of technical, economic, environmental, and policy aspects to design an effective and sustainable operational strategy. The results of the study indicate that the integration of logistical efficiency, appropriate technology, responsible environmental management, and supportive policies is very important to realize the utilization of EFB as a competitive and environmentally friendly alternative energy source in Riau Province. Thus, mature operational planning can be the key to optimizing the potential of EFB as an alternative fuel while supporting the development of renewable energy in the region.

Keywords: Biomass, Pellet, Renewable Energy, Sustainability, TKKS.

1. PENDAHULUAN

Peningkatan kebutuhan energi di Indonesia sejalan dengan pertumbuhan populasi. Pemerintah mengelola sumber energi melalui (Peraturan Presiden (PERPRES) Nomor 22 Tahun 2017 Tentang Rencana Umum Energi Nasional, 2017). yang disusun oleh Pemerintah Pusat dan disetujui oleh Dewan Energi Nasional (DEN) untuk periode hingga 2050. RUEN mengarahkan pengelolaan energi nasional untuk mencapai kemandirian dan ketahanan energi serta mendukung pembangunan berkelanjutan. Prinsipnya mencakup manfaat, efisiensi, keadilan, keberlanjutan, pelestarian lingkungan, dan ketahanan nasional, sesuai UU No. 30 Tahun 2007 tentang Energi. Komitmen Indonesia untuk mengurangi emisi gas rumah kaca, sesuai Paris Agreement, menetapkan target pengurangan sebesar 29% pada 2030. Target ini diintegrasikan dalam Rencana Umum Energi Nasional (RUEN) dengan peningkatan kontribusi Energi Baru dan Terbarukan sebesar 23% pada 2025 (Tillman, 2000).

Di Indonesia, terdapat beragam jenis limbah biomassa yang dapat dioptimalkan sebagai sumber energi, termasuk limbah dari industri kelapa sawit [1]. Kelapa sawit adalah komoditas perkebunan penting bagi perekonomian Indonesia, karena kemampuannya menghasilkan minyak nabati yang sangat dibutuhkan oleh sektor industri [2]. Indonesia, sebagai pemain utama dalam industri kelapa sawit global, telah berperan penting dalam memenuhi permintaan dunia akan minyak kelapa sawit [3]. Namun, pertumbuhan industri ini membawa tantangan dalam pengelolaan limbah padat, khususnya Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS). TKKS menjadi perhatian utama dalam upaya mencapai keberlanjutan industri yang berdampak positif pada ekonomi dan lingkungan [4].

Indonesia merupakan salah satu produsen kelapa sawit terbesar di dunia, dengan Provinsi Riau sebagai salah satu sentra utama produksi. Seiring meningkatnya volume produksi, limbah dari industri kelapa sawit, seperti tandan kosong kelapa sawit (TKKS), juga terus bertambah. TKKS merupakan limbah padat hasil proses pengolahan tandan buah segar yang belum dimanfaatkan secara optimal. Saat ini, sebagian besar TKKS hanya ditimbun atau dibakar secara terbuka, yang menimbulkan persoalan lingkungan dan memboroskan potensi nilai tambah ekonomis.

Di sisi lain, kebutuhan akan sumber energi alternatif dan terbarukan di Indonesia, khususnya di Provinsi Riau, terus meningkat seiring dengan krisis energi fosil dan komitmen terhadap pengurangan emisi karbon. TKKS memiliki potensi besar untuk dimanfaatkan sebagai bahan bakar alternatif, baik dalam bentuk briket, pelet, maupun bahan bakar untuk pembangkit listrik biomassa. Namun, pemanfaatan TKKS secara berkelanjutan memerlukan perencanaan operasional yang matang, mulai dari proses pengumpulan, pengolahan, hingga distribusi energi.

Perencanaan operasional memegang peranan penting dalam memastikan efisiensi, efektivitas, dan kelayakan ekonomi dari pemanfaatan TKKS sebagai bahan bakar alternatif. Tanpa perencanaan yang tepat, upaya pengolahan TKKS berisiko menjadi tidak optimal dan tidak berkelanjutan. Oleh karena itu, penelitian ini penting dilakukan guna merancang strategi operasional yang sistematis, mempertimbangkan aspek teknis, logistik, dan ekonomi dalam memanfaatkan TKKS sebagai sumber energi alternatif di Provinsi Riau.

Pohon kelapa sawit dapat tumbuh hingga 20 - 24 meter dan menghasilkan sekitar 20 tandan buah segar per tahun, masing-masing dengan bobot rata-rata 20 kg. Proses pengolahan kelapa sawit di pabrik menghasilkan limbah biomassa, baik padat maupun cair, termasuk serat mesokarp, cangkang biji kelapa sawit, tandan kosong, dan limbah pabrik minyak kelapa sawit [5]. TKKS adalah sumber energi biomassa yang signifikan karena kandungan lignoselulosa, yang meliputi selulosa, hemiselulosa, dan lignin. TKKS dapat diolah menjadi biopellet untuk menggantikan batubara dalam co-firing pembangkit uap di industri [6].

TKKS merupakan limbah padat dari industri kelapa sawit, terdiri dari serat-serat yang tersisa setelah pemrosesan buah kelapa sawit [7]. Di sisi lain, batubara adalah bahan bakar fosil yang terbentuk dari sisa-sisa tumbuhan yang terkubur dalam tanah selama jutaan tahun [8] (Kaniapan et al., 2021). Pabrik dan masyarakat yang melakukan pengolahan tandan kosong kelapa sawit ini menghadapi permasalahan yang dapat dirangkum dalam beberapa faktor. Pertama, dari segi pengumpulan dan logistik, TKKS yang tersebar di berbagai kebun kelapa sawit memerlukan sistem pengangkutan dan penyimpanan yang efisien agar bahan baku tetap dalam kondisi baik dan tersedia secara kontinu. Kedua, tantangan teknologi muncul dalam hal pengolahan TKKS menjadi bahan bakar yang memiliki nilai kalori dan kualitas yang memadai, di mana fasilitas pengolahan yang memadai dan teknologi tepat guna masih terbatas di wilayah tersebut. Ketiga, aspek ekonomi menjadi kendala utama, karena biaya pengumpulan, transportasi, dan pengolahan TKKS seringkali tinggi sehingga mempengaruhi daya saing bahan bakar alternatif ini dibandingkan dengan bahan bakar fosil konvensional. Keempat, dari sisi lingkungan, pengelolaan TKKS harus dilakukan secara berkelanjutan agar tidak menimbulkan dampak negatif seperti polusi udara atau degradasi lahan.

Tujuan penelitian ini untuk menganalisa potensi penerapan prinsip ekonomi sirkular dengan mengubah limbah industri menjadi sumber energi yang bernilai [5]. Optimalisasi rantai pasok serta pengembangan teknologi produksi pellet untuk meningkatkan efisiensi dan menjamin keberlanjutan jangka panjang. Perencanaan operasional yang tepat diperlukan dalam

pemanfaatan TKKS sebagai bahan bakar alternatif di Provinsi Riau agar efisien, berkelanjutan, dan berdampak positif terhadap lingkungan serta perekonomian lokal. Pada daerah penghasil sawit, banyak tandan kosong tidak digunakan secara optimal karena kurangnya informasi pengolahannya. Kegiatan ini bertujuan untuk menganalisis potensi TKKS sebagai bahan bakar alternatif di Provinsi Riau, merancang model perencanaan operasional yang efektif dalam pengumpulan, pengolahan, dan pendistribusian TKKS serta mengidentifikasi tantangan dan peluang dalam implementasi pemanfaatan TKKS sebagai energi alternatif.

2. METODE

Kegiatan ini mendeskripsikan dan menganalisis proses perencanaan operasional dalam pemanfaatan TKKS sebagai bahan bakar alternatif, serta menggali strategi yang efektif dan berkelanjutan sesuai dengan kondisi wilayah Provinsi Riau.

1. Lokasi Penelitian

Penelitian dilakukan di beberapa perusahaan pengolahan kelapa sawit dan unit pengolahan limbah biomassa di Provinsi Riau, yang berlangsung selama 3 bulan dari Maret hingga Juni 2024.

2. Sumber Data

Penelitian ini menggunakan data primer dan sekunder:

- Data Primer diperoleh melalui wawancara dengan manajer operasional, teknisi pabrik, pengelola limbah, serta instansi pemerintah terkait.
- Data Sekunder diperoleh dari laporan industri, publikasi ilmiah, dokumen perencanaan perusahaan, dan data statistik dari dinas terkait.

3. Teknik Pengumpulan Data

- Wawancara: Digunakan untuk menggali informasi operasional, kendala teknis, dan peluang pengembangan pemanfaatan TKKS.
- Observasi: Dilakukan secara langsung di lapangan untuk melihat proses pengumpulan dan pengolahan TKKS.

4. Studi Dokumentasi: Melibatkan pengumpulan laporan produksi TKKS, data kapasitas produksi, serta kebijakan energi daerah dan nasional.

5. Pelaksanaan kegiatan

Setelah semua data dari wawancara di kumpulkan di reduksi dan diolah, maka dibuatkan hasil evaluasi yang berhubungan dengan seberapa pentingnya diperlukan kegiatan pemanfaatan Tandan Kosong Kelapa Sawit ini di lokasi pengabdian. Perumusan operasional agar semua tahap pengolahan bisa dijelaskan dari awal hingga bisa menjadi sebuah panduan bagi perusahaan dan masyarakat setempat dalam memanfaatkan tandan kosong kelapa sawit sebagai energi yang terbaharukan.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

TKKS dan batubara merupakan dua sumber energi yang memiliki perbedaan signifikan dalam asal, komposisi, dan pemanfaatannya [9]. Perbedaan utama antara TKKS dan batubara adalah pada kandungan kalorinya, yang sangat memengaruhi penggunaannya sebagai sumber energi [8] (Kaniapan et al., 2021). TKKS memiliki nilai kalori antara 3.000 hingga 4.000 kilokalori per kilogram, sementara batubara bisa mencapai lebih dari 7.000 kilokalori per kilogram [11].

TKKS tersedia di daerah industri kelapa sawit dan memerlukan proses tambahan, sementara batubara lebih mudah diakses dan langsung digunakan [12]. Batubara tersedia luas, tetapi ekstraksi dan penggunaannya dapat menimbulkan biaya lingkungan dan kesehatan yang signifikan [13]. TKKS dianggap terbarukan karena limbah industri, sedangkan batubara memiliki dampak lingkungan yang lebih besar [14].

Namun, pemrosesan TKKS yang tidak memadai dapat menyebabkan masalah lingkungan [12]. Penggunaan batubara sering dikaitkan dengan dampak lingkungan serius, seperti emisi gas rumah kaca dan polusi udara [15]. Meskipun TKKS dianggap lebih ramah lingkungan daripada batubara, keduanya memiliki kelebihan dan kekurangan masing-masing [16]. Penting bagi kita untuk mempertimbangkan faktor-faktor ini dalam upaya kita untuk memilih sumber energi yang lebih berkelanjutan dan ramah lingkungan [17]. TKKS berpotensi sebagai bahan bakar biopadat, tetapi kelembaban, oksigen tinggi, ukuran besar, dan heterogenitas membatasi penggunaannya langsung dalam konversi thermal [18].

Sample		EFB	Coal
Proximate	Volatile (%)	73.84	25.59
	Fixed carbon (%)	13.5	29.25
	Ash (%)	3.3	31.39
	Moisture (%)	9.36	13.79
	Heating value (MJ/kg)	13.56	16.37
Ultimate	Carbon (%)	47.54	60.36
	Hydrogen (%)	7.11	3.1
	Nitrogen (%)	0.62	0.17
	Sulfur (%)	-	0.18
	Oxygen (%)	39.82	36.19

Gambar 1. Analisa Proximate and Ultimate antara TKKS/ EFB dan batubara/ coal

TKKS berpotensi sebagai sumber energi, tetapi perlu diolah menjadi pellet karena kerapatan massa rendah, hidrofobisitas rendah, dan kelembaban tinggi, sebelum digunakan di pembangkit uap industri.

Tabel 1. Perbandingan Harga Energi Pellet TKKS dengan Batubara

Jenis Bahan Bakar	Harga (Rp/Kg)	Nilai Kalor (Kcal/Kg)	Harga Energi (Rp/Kcal)	Harga untuk muatan energi yang sama (Rp/Kg)	Sumber Referensi
Pellet TKKS	500	4.000	0.125	750,00	PT ESP
Batubara	1.200	6.000	0.200	1.200,00	PT Bukit Asam Tbk

Dalam analisis komparatif antara nilai kalor Batubara dan PKS Pellet, ditemukan bahwa harga PKS Pellet secara signifikan lebih rendah, yakni sekitar 37.5% dibandingkan Batubara. Hal ini menunjukkan potensi besar dalam mengoptimalkan keekonomisan operasional pada sistem pembangkit uap (boiler). Selain keuntungan ekonomi yang signifikan, penggunaan PKS Pellet juga berkontribusi pada pengurangan emisi Gas Rumah Kaca (GRK) melalui substitusi sebagian bahan bakar berbasis fosil, seperti batubara. Substitusi ini tidak hanya mengurangi ketergantungan pada batubara, tetapi juga mendukung agenda keberlanjutan lingkungan dengan mempercepat transisi menuju energi yang lebih bersih.

ESP memanfaatkan limbah TKKS dari pabrik kelapa sawit PT. SMART Tbk di Provinsi Lampung dengan mengolahnya menjadi pellet bahan bakar. Pellet ini menggantikan batubara di pembangkit uap pabrik refinery PT. SMART Tbk, mendukung upaya pengurangan emisi Gas Rumah Kaca (GRK). Selain kontribusi lingkungan yang signifikan, pellet TKKS menawarkan harga energi yang jauh lebih murah dibandingkan batubara, menjadikannya solusi energi yang lebih ekonomis. Konsep bisnis ini menerapkan prinsip circular economy, di mana PT. SMART Tbk menyediakan TKKS dan menggunakan pellet yang dihasilkan oleh ESP, mendukung keberlanjutan energi dan pengurangan dampak lingkungan.

Ketersediaan bahan baku TKKS meliputi data neraca massa limbah di upstream dan penggunaan TKKS pellet di unit Lampung. Total limbah TKKS yang dihasilkan dan dikumpulkan digunakan untuk produksi pellet. Data menunjukkan volume pellet yang menggantikan batubara, menggambarkan efektivitas TKKS sebagai alternatif energi.

Upstream				Downstream			
Nama Perusahaan	Lokasi	TBS (Ton/Tahun)	TKKS (Ton/Tahun)	Nama Perusahaan		Coal (Ton/Tahun)	TKKS Pellet substituted Coal (Ton/Tahun)
Sungai Buaya Palm Oil Mill	Lampung	291.600	61.236	PT. Sumber Indah Perkasa	Lampung	23.460	37.797
Sungai Merah Palm Oil Mill	Lampung	291.600	61.236	PT. Smart Refinery Marunda	Marunda	62.100	82.800
			122.472				120.597

Gambar 2. Data ketersediaan Limbah TKKS dan serapan TKKS Pellet (Sumber: Laporan Keberlanjutan PT. Smart, Tbk 2023, diolah oleh penulis)

Pada tahun 0-2, kapasitas produksi ESP 100.000 ton/tahun akan sepenuhnya menyerap ketersediaan limbah TKKS yang lebih besar. Pada tahun 3-5, kapasitas ESP meningkat menjadi 300.000 ton/tahun dengan menambah sumber limbah TKKS dari Sumatera Selatan, memastikan ketersediaan limbah sesuai kapasitas mesin.

Industri kelapa sawit diperhatikan di Eropa terkait keberlanjutan. PT. SMART Tbk telah menyediakan minyak kelapa sawit berkelanjutan yang tersertifikasi RSPO, ISCC, dan ISPO. Pengelolaan limbah TKKS yang dibiarkan terurai secara alami menghasilkan gas metana, yang merusak ozon, sementara penggunaan batubara juga menyumbang gas rumah kaca. ESP menawarkan solusi untuk mengatasi kedua masalah ini, yang akan memperbaiki citra PT. SMART Tbk dan meningkatkan posisi mereka dalam industri kelapa sawit.

3.1. Identifikasi Masalah dan Peluang

Industri kelapa sawit menghadapi tantangan di hulu dan hilir, terutama dalam manajemen limbah TKKS dan kebutuhan energi terbarukan. Integrasi solusi untuk kedua sektor penting untuk meningkatkan efisiensi dan keberlanjutan lingkungan.

3.2. Job to be Done

Job to be done mencakup kebutuhan industri kelapa sawit, baik di sektor hulu maupun hilir, serta industri yang bergantung pada batubara. Hasil wawancara menunjukkan bahwa kebutuhan utama mereka adalah:

- Memperoleh solusi tuntas pengelolaan limbah TKKS dengan efektif dan efisien serta berkelanjutan.
- Membutuhkan bahan bakar ramah lingkungan sebagai pengganti batubara untuk mencapai target pengurangan GRK.

3.3. Customer Pain

Customer pain mencakup masalah yang dihadapi industri kelapa sawit dan industri lain dalam mengurangi emisi GRK. ESP diharapkan memberikan solusi untuk masalah-masalah ini, yaitu:

- Limbah TKKS yang belum terolah secara tuntas mengakibatkan isu pencemaran lingkungan.
- Kesulitan mengurangi GRK terjadi karena terbatasnya bahan bakar terbarukan pengganti batubara.

3.4. Customer Gain

Kehadiran ESP menawarkan solusi untuk industri kelapa sawit dan industri lain dengan masalah serupa. Dengan TKKS pellet, customer gain adalah sebagai berikut:

- Pengelolaan limbah TKKS secara tuntas dan eliminasi isu pencemaran lingkungan.

- Pengurangan GRK dapat tercapai dengan TKKS pellet sebagai alternatif pengganti batubara.

3.5. Solusi Bisnis

Solusi bisnis merupakan jawaban dari masalah dan kesulitan oleh industri sawit hulu dan hilir serta industri yang mempunyai masalah dalam usaha mengurangi GRK, maka solusi yang ditawarkan adalah:

- Kami memproduksi pellet bahan bakar dari limbah TKKS untuk pembangkit uap industri hilir. Uji coba di Sumatera menunjukkan pellet memenuhi standar nilai kalor dan spesifikasi boiler.
- Menyediakan bahan bakar ramah lingkungan di Indonesia, dengan kapasitas 300.000 ton per tahun, untuk menggantikan batubara di pembangkit uap (boiler) industri hilir kelapa sawit.

3.6. Pain Reliever

Pain reliever untuk mengatasi masalah yang dihadapi industri kelapa sawit hulu dan hilir serta industri serupa adalah sebagai berikut:

Customer Pain

Limbah TKKS yang belum terolah secara tuntas mengakibatkan isu pencemaran lingkungan. Kesulitan mengurangi GRK terjadi karena terbatasnya bahan bakar terbarukan pengganti batubara.

Pain Reliever

Memberikan layanan pengelolaan limbah TKKS yang efisien, mengurangi biaya dan dampak lingkungan di bagian *upstream*. Memberikan solusi pengurangan GRK dengan mengganti batubara dengan TKKS pellet terbarukan yang siap pakai, dengan biaya lebih rendah.

3.7. Gain Creator

Gain creator adalah salah satu kontribusi positif dari kehadiran perencanaan bisnis ESP untuk menciptakan rantai nilai (*value chain*) terhadap customernya, antara lain:

Customer Gain

Pengelolaan limbah TKKS secara tuntas dan eliminasi isu pencemaran lingkungan. Pengurangan GRK dapat tercapai dengan TKKS pellet sebagai alternatif pengganti batubara.

Gain Creator

Memberikan kontribusi positif pada keberlanjutan dan lingkungan di industri kelapa sawit Indonesia. Perusahaan akan memperoleh citra positif dengan mengurangi GRK sesuai target secara lebih efektif dan efisien.

3.8. Product & Services

ESP menghadirkan bahan bakar pellet dari limbah TKKS dengan *gain creator* dan *pain reliever* untuk memenuhi kebutuhan pelanggan, menawarkan *product* dan *service* yang mengatasi masalah dan menciptakan manfaat tambahan:

- Memproduksi bahan bakar terbarukan dari limbah TKKS industri kelapa sawit dalam bentuk pellet siap pakai untuk pembangkit uap industri hilir.
- Menyediakan bahan bakar alternatif yang ramah lingkungan pengganti bahan bakar fosil batubara.

3.9. Perencanaan Operasional

Perencanaan Operasional untuk memastikan bahwa aktivitas perusahaan berjalan dengan lancar, efektif, dan efisien. Dengan perencanaan yang matang, ESP dapat mencapai tujuan secara optimal dan menghadapi berbagai tantangan operasional yang mungkin muncul.

Berikut adalah gambaran umum dari kerangka rencana operasional yang akan diterapkan di ESP:

Rencana Operasional PT. ESP	
Tahapan Pendirian Perusahaan (Pra Operasional)	<ul style="list-style-type: none"> • Persyaratan pendirian • Dokumen yang dibutuhkan • Tahapan proses pendirian • Timeline pendirian
Tujuan dan Sasaran Operasional	<ul style="list-style-type: none"> • Tujuan dan sasaran jangka pendek • Tujuan dan sasaran jangka menengah • Tujuan dan sasaran jangka panjang
Desain Operasi	<ul style="list-style-type: none"> • Desain produk • Proses produksi • Layout aliran barang/jasa • Teknologi • SIPOC
Pengantaran Operasi	<ul style="list-style-type: none"> • Manajemen rantai pasok • Perencanaan dan kontrol persediaan • Manajemen kualitas
Anggaran Biaya Operasional	<ul style="list-style-type: none"> • Proyeksi biaya operasional

Gambar 3. Rencana Operasional

3.10. Tujuan dan Sasaran Operasional

Objektif operasional ESP adalah mencapai keunggulan melalui kepuasan pelanggan, manfaat bagi masyarakat, dan dampak positif lingkungan. Target pengembangan dibagi dalam tiga tahap: jangka pendek, menengah, dan panjang, untuk mendukung pertumbuhan dan keberlanjutan jangka panjang perusahaan.

Tabel 2. Target dan Sasaran Operasional

Tahapan	Target dan Sasaran Jangka Pendek (0-2) tahun	
	Target	Sasaran (Key Activities)
Pra Operasional (0-1) tahun	Pembelian dan instalasi 2 (dua) line mesin produksi di tahun ke 0-1 dengan kapasitas 100.000 ton/tahun	1. Perancangan dan Pemasangan Mesin Produksi: <ol style="list-style-type: none"> Penetapan kebutuhan produksi Tahap perancangan dan pembuatan Uji coba dan pemeliharaan awal 2. Pemasangan dan Pelatihan: <ol style="list-style-type: none"> Persiapan lokasi pemasangan Proses pemasangan mesin produksi Pelatihan operator dan staf maintenance
	Commissioning test dan uji coba pembuatan pellet	1. Uji Komisioning Mesin Produksi: <ol style="list-style-type: none"> Pengecekan Performa Awal Pengaturan dan Pemantauan Identifikasi Potensi Risiko 2. Uji Coba Pembuatan bahan bakar pellet: <ol style="list-style-type: none"> Penyelenggaraan Percobaan Pembuatan Pemantauan Proses Evaluasi dan Penyesuaian
Operasional (1-2 tahun)	Adanya pedoman kerja (SOP) 100%	Menetapkan dan membuat pedoman kerja atau SOP (Standard Operating Procedure)
	Distribusi produk tepat waktu dengan pencapaian 100%	1. Penetapan KPI (Key Performance Indicator) pada Vendor Logistik Pihak Ketiga untuk Pencapaian Distribusi Tepat Waktu 100% <ol style="list-style-type: none"> Evaluasi Periodik KPI melalui Monthly

Tahapan	Target dan Sasaran Jangka Pendek (0-2) tahun	
	Target	Sasaran (Key Activities)
Automation (synchronizing) berbasis ERP		Vendor Evaluation 3. Pemberian Tindakan Korektif untuk Setiap Permasalahan Distribusi
Penerapan K3 pada tingkat operasional		1. Pembuatan Platform Terintegrasi untuk Kepentingan Operasional dan keuangan 2. Sosialisasi dan Pelatihan Penggunaan Platform oleh Admin Operasional
Perawatan mesin untuk meminimalisir resiko kegagalan produksi		1. Bekerja sama dengan HRD dan Risk Management untuk pelatihan berkelanjutan mengenai penerapan K3. 2. Memastikan karyawan menggunakan APD (Alat Pelindung Diri) di lokasi kerja. 3. Melakukan briefing-debriefing harian sebelum dan sesudah bekerja untuk evaluasi.
Penambahan 4 (empat) line mesin produksi di awal tahun ke-3 untuk menaikkan kapasitas 300.000 ton/tahun.		1. Membuat checklist perawatan mesin produksi sesuai dengan buku panduan dari pihak pembuat mesin 2. Menyediakan persediaan consumable spare part mesin. 3. Fokus perawatan pada komponen mesin yang mempunyai resiko tinggi dalam kegagalan produksi.
		1. Ekspansi pasar ke 6 PKS di Sumatera (Lampung dan Sumatera Selatan) sesuai target tim marketing. 2. Melakukan repeat order mesin produksi pellet TKKS. 3. Menargetkan instalasi mesin produksi pada bulan ke-12 tahun ke-2. 4. Melakukan commissioning test untuk menghindari kegagalan produksi. 5. Mesin produksi siap beroperasi pada bulan ke-1 tahun ke-3. 6. Menambah operator dan staf maintenance secara efektif dan efisien.

3.11. Desain Operasi

Desain operasi ESP ditetapkan untuk menghasilkan produksi sesuai standar pelanggan dengan alur proses yang efisien dan optimal, meliputi:

1. Desain produk
 Desain produk adalah pellet tabung kecil, diameter 5 mm dan panjang 30 mm, yang fleksibel sesuai kebutuhan konsumen. Keuntungannya:
 - a) Tidak memerlukan modifikasi pada tungku pembakaran boiler
 - b) Ukuran standar sesuai spesifikasi bahan bakar boiler, mengurangi proses persiapan bahan bakar.
2. Proses Produksi
 Proses produksi dari raw material limbah TKKS dalam kondisi basah yang diolah

menggunakan peralatan mesin otomatis hingga menjadi bahan bakar pellet TKKS sebagai bahan bakar alternatif dapat digambarkan dalam aliran proses produksi.

3. Layout Aliran Barang/Jasa

Layout aliran barang ESP dirancang untuk efisiensi dari penerimaan material hingga produk akhir, dengan dua pintu utama:

1. Pintu Masuk: Untuk penerimaan bahan baku TKKS setelah melalui jembatan timbang.
2. Pintu Keluar: Untuk distribusi produk jadi berupa pellet TKKS.

Lokasi pabrik dibagi menjadi:

1. Area Gudang Penimbunan: Penyimpanan sementara TKKS sebelum produksi.
2. Area Produksi: Proses produksi pellet TKKS dan penyimpanan sebelum pengiriman.

Gudang Produk digunakan untuk menyimpan pellet TKKS sebelum pengiriman ke pelanggan.

3.12. Teknologi

Dukungan teknologi dalam manufaktur bahan bakar pellet dari limbah TKKS sangat penting bagi keberhasilan ESP. Mesin produksi yang digunakan dirancang untuk meningkatkan efisiensi dan kualitas produksi, memastikan bahwa pellet yang dihasilkan memenuhi standar industri.

3.13. SIPOC ESP

Berikut adalah gambaran *Supplier, Input, Process, Output, dan Customer* di ESP, *Supplier* menyediakan bahan baku dan komponen; *Input* mencakup bahan baku dan tenaga kerja; *Process* mengolah input menjadi produk; *Output* adalah produk siap distribusi; *Customer* adalah penerima produk, baik individu, perusahaan, atau distributor.

1. *Supplier*

Supplier ESP meliputi Pabrik Kelapa Sawit (PKS), pemasok mesin, *sparepart*, bahan perekat pellet, material *packing bag*, dan penyedia jasa transportasi.

2. *Input*

TKKS dari pabrik kelapa sawit dicampur dengan perekat non-kimia dan didukung utilitas listrik serta air.

3. *Process*

ESP mengubah limbah TKKS menjadi pellet biomassa melalui proses: *Shredding, Drying, Crushing, Pelletizing, Cooling, dan Packing*.

4. *Output*

Produk pellet TKKS memiliki nilai kalori lebih dari 4000 kcal/kg dan dapat digunakan sebagai bahan bakar alternatif yang ramah lingkungan. Namun, sisa bahan baku yang tidak dapat diproses akan menjadi limbah padat.

5. *Customer*

Customer ESP adalah industri hilir kelapa sawit yang membutuhkan bahan bakar alternatif. Pellet TKKS digunakan sebagai pengganti batubara dalam proses energi terbarukan.



Gambar 4. SIPOC ESP

3.14. Penghantaran Operasi

3.14.1. Manajemen Rantai Pasok

Manajemen ESP akan menunjuk third party logistic (3PL) yang bekerja sama dengan perusahaan pengelola limbah untuk transportasi dan pick-up delivery, menjadikan biaya rantai pasok variabel dan sesuai dengan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan No P.4/MENLHK/SETJEN/KUM.1/1/2020. Proses rantai pasok dijelaskan dalam diagram berikut:



Gambar 5. Manajemen Rantai Pasok

Aktivitas rantai pasok dijelaskan secara rinci dalam tabel berikut, yang mencakup semua langkah penting dari pengadaan bahan baku hingga distribusi produk akhir.

3.14.2. Perencanaan dan Kontrol Persediaan

ESP menerapkan sistem FIFO (First In, First Out) untuk mengelola persediaan dan aliran bahan baku serta produk jadi. TKKS disimpan berdasarkan urutan kedatangan dan diolah sesuai urutan tersebut, menjaga efisiensi aliran material. Produk jadi juga dikirim berdasarkan urutan produksinya, memastikan kontrol stok yang baik, kualitas terjaga, dan pengiriman tepat waktu. Sistem ini meminimalkan risiko penumpukan, mendukung efisiensi operasional, dan meningkatkan kepuasan pelanggan.

3.14.3. Manajemen Kualitas

Untuk menjaga kualitas, pihak ESP melaksanakan hal-hal sebagai berikut:

Tabel 3. Manajemen Kualitas

Aktivitas	Pengukuran
Pabrik Hulu Kelapa Sawit	<ul style="list-style-type: none"> Melakukan komunikasi aktif 7x8 jam dengan pabrik kelapa sawit untuk pick-up TKKS. Menjalin hubungan baik dengan <i>security</i>, pergudangan, dan pihak terkait di PKS. Melakukan pick-up TKKS setiap hari kerja dari Senin hingga Minggu, jam 08.00 – 24.00. Mematuhi peraturan yang berlaku di lokasi pabrik kelapa sawit.
Perusahaan Jasa Transportasi	<ul style="list-style-type: none"> Memastikan izin operasional perusahaan dan kendaraan sesuai Permen LHK Nomor P.4/MENLHK/SETJEN/KUM.1/1/2020. Menyiapkan armada bak tertutup kapasitas 10 ton. Armada tidak boleh berumur lebih dari 5 tahun. Armada harus dinyatakan laik jalan setelah pengecekan. Supir dan kerani wajib tes kesehatan dan memiliki SIM yang berlaku. Supir dan kerani harus mengetahui dan mematuhi SOP serta peraturan berlalu lintas.
Unit Produksi	<ul style="list-style-type: none"> Melakukan produksi dengan pola kerja shifting.

Aktivitas	Pengukuran
Unit Maintenance	<ul style="list-style-type: none"> • Memastikan karyawan dilatih dan mengikuti SOP. • Merawat mesin melalui <i>Autonomos</i> dengan aktivitas cleaning, inspection, dan lubrication harian. • Menjaga kualitas pellet TKKS sesuai ukuran dan spesifikasi: diameter 6/8/10 mm, panjang bisa sampai maksimum 30 mm, kelembaban maksimal 15%. • Mematuhi standar ISO 9001:2018 untuk Sistem Manajemen Mutu. • Melakukan perawatan mesin pabrik secara berkala sesuai dengan yang dipersyaratkan oleh pabrik pembuat mesin produksi melalui: <ul style="list-style-type: none"> ○ <i>Preventive maintenance (weekly)</i> ○ <i>Predictive maintenance (biweekly)</i> ○ <i>Conditioning Monitoring (monthly)</i> ○ <i>Corrective Maintenance (quickly)</i> ○ <i>Overhaul Maintenance (yearly)</i>
Unit Quality	<ul style="list-style-type: none"> • Memastikan ketersediaan suku cadang (<i>sparepart</i>) yang sering mengalami kerusakan atau <i>consumable sparepart</i> • Melaksanakan pekerjaan sesuai dengan SOP perusahaan • Mengembangkan Quality Planning dengan parameter dan frekuensi pengecekan dari bahan baku hingga produk akhir. • Memantau kualitas sesuai standar oleh tim quality assurance sebelum pengiriman. • Mengevaluasi kinerja departemen untuk memastikan kepatuhan prosedur.

Keberhasilan pemanfaatan TKKS sebagai bahan bakar alternatif sangat bergantung pada kemampuan perencanaan operasional untuk mengintegrasikan berbagai aspek yang telah dibahas. Sinergi antara efisiensi logistik, teknologi pengolahan yang tepat, kelayakan ekonomi, pengelolaan lingkungan yang berkelanjutan, dan dukungan kebijakan akan menciptakan sistem yang efektif dan berkelanjutan. Pendekatan holistik ini juga harus melibatkan berbagai pemangku kepentingan, termasuk perusahaan kelapa sawit, pemerintah, lembaga penelitian, dan masyarakat lokal, agar tercipta kolaborasi yang kuat dan berkelanjutan. Pemanfaatan TKKS sebagai bahan bakar alternatif membuka peluang besar untuk mengurangi ketergantungan pada bahan bakar fosil, mengelola limbah perkebunan secara produktif, dan menciptakan lapangan kerja baru di sektor energi terbarukan. Namun, untuk merealisasikan potensi ini, diperlukan perencanaan operasional yang matang dan adaptif terhadap dinamika lapangan. Penelitian ini menunjukkan bahwa dengan perbaikan sistem logistik, investasi teknologi yang tepat, dukungan kebijakan yang kuat, serta pengelolaan lingkungan yang bertanggung jawab, pemanfaatan TKKS dapat menjadi solusi energi yang berkelanjutan di Provinsi Riau.

4. KESIMPULAN

Pemanfaatan tandan kosong kelapa sawit (TKKS) sebagai bahan bakar alternatif di Provinsi Riau memiliki potensi yang besar dari segi ketersediaan bahan baku, nilai kalor, dan kontribusinya terhadap energi terbarukan. Namun, pemanfaatan ini masih menghadapi berbagai tantangan operasional, mulai dari aspek pengumpulan dan transportasi TKKS, kesiapan teknologi pengolahan, hingga keterbatasan infrastruktur distribusi energi biomassa. Perencanaan operasional yang efektif sangat diperlukan untuk memastikan keberlanjutan dan efisiensi pemanfaatan TKKS. Hal ini mencakup pengembangan sistem logistik yang terintegrasi dari kebun ke fasilitas pengolahan, penerapan teknologi tepat guna untuk konversi TKKS menjadi bahan bakar padat seperti pelet atau briket, dan kolaborasi antara pelaku industri,

pemerintah daerah, dan investor untuk mendukung aspek pembiayaan, regulasi, dan insentif energi bersih. Dengan perencanaan operasional yang sistematis dan dukungan kebijakan yang kondusif, TKKS dapat bertransformasi dari limbah menjadi sumber energi terbarukan yang mendukung ketahanan energi daerah serta pengurangan dampak lingkungan dari industri kelapa sawit.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. W. Budiarto and A. Surjosatyo, "Indonesia's Road to Fulfill National Renewable Energy Plan Target in 2025 and 2050: Current Progress, Challenges, and Management Recommendations - A Small Review," *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, vol. 940, no. 1, 2021, doi: 10.1088/1755-1315/940/1/012032.
- [2] R. Diana, Rusdianasari, and L. Kalsum, "The Effect of Palm Shell and Empty Fruit Bunch Composition Ratio on the Quality of Biopellets for Co-firing," *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, vol. 1228, no. 1, 2023, doi: 10.1088/1755-1315/1228/1/012006.
- [3] D. S. Primadita, I. N. S. Kumara, and W. G. Ariastina, "57188-1537-152246-2-10-20200529 (1)," vol. 4, no. 1, 2020.
- [4] L. R. E. Malau and K. R. Rambe, "Efek sertifikasi RSPO dan determinan lainnya terhadap kinerja keuangan perusahaan perkebunan kelapa sawit di Indonesia," *Jurnal Ekonomi Modernisasi*, vol. 18, no. 2, pp. 184–198, 2022, doi: 10.21067/jem.v18i2.7270.
- [5] M. F. Praevia and W. Widayat, "Analisis Pemanfaatan Limbah Tandan Kosong Kelapa Sawit Sebagai Cofiring pada PLTU Batubara," *Jurnal Energi Baru dan Terbarukan*, vol. 3, no. 1, pp. 28–37, 2022, doi: 10.14710/jebt.2022.13367.
- [6] R. Rusdianasari, I. Arisetyadhi, L. Kalsum, Y. Bow, A. Syarif, and F. Arifin, "Characterization of Empty Fruit Bunch of Palm Oil as Co-firing Biomass Feedstock," *AJARCADE (Asian Journal of Applied Research for Community Development and Empowerment)*, vol. 7, no. 1, pp. 74–78, 2023, doi: 10.29165/ajarcde.v7i1.237.
- [7] S. H. Chang, "An overview of empty fruit bunch from oil palm as feedstock for bio-oil production," *Biomass and Bioenergy*, vol. 62, pp. 174–181, 2014, doi: 10.1016/j.biombioe.2014.01.002.
- [8] S. KANIAPAN, H. Suhaimi, Y. Hamdan, and J. Pasupuleti, "Experiment analysis on the characteristic of empty fruit bunch, palm kernel shell, coconut shell, and rice husk for biomass boiler fuel," *Journal of Mechanical Engineering and Sciences*, vol. 15, no. 3, pp. 8300–8309, 2021, doi: 10.15282/jmes.15.3.2021.08.0652.
- [9] N. Abdullah, H. Gerhauser, and F. Sulaiman, "Fast pyrolysis of empty fruit bunches," *Fuel*, vol. 89, no. 8, pp. 2166–2169, 2010, doi: 10.1016/j.fuel.2009.12.019.
- [10] S. KANIAPAN, H. Suhaimi, Y. Hamdan, and J. Pasupuleti, "Experiment analysis on the characteristic of empty fruit bunch, palm kernel shell, coconut shell, and rice husk for biomass boiler fuel," *Journal of Mechanical Engineering and Sciences*, vol. 15, no. 3, pp. 8300–8309, 2021, doi: 10.15282/jmes.15.3.2021.08.0652.
- [11] Y. L. Chiew and S. Shimada, "Current state and environmental impact assessment for utilizing oil palm empty fruit bunches for fuel, fiber and fertilizer - A case study of Malaysia," *Biomass and Bioenergy*, vol. 51, pp. 109–124, 2013, doi: 10.1016/j.biombioe.2013.01.012.
- [12] S. H. Chang, "An overview of empty fruit bunch from oil palm as feedstock for bio-oil production," *Biomass and Bioenergy*, vol. 62, pp. 174–181, 2014, doi: 10.1016/j.biombioe.2014.01.002.
- [13] Y. L. Chiew and S. Shimada, "Current state and environmental impact assessment for utilizing oil palm empty fruit bunches for fuel, fiber and fertilizer - A case study of

- Malaysia,” *Biomass and Bioenergy*, vol. 51, pp. 109–124, 2013, doi: 10.1016/j.biombioe.2013.01.012.
- [14] Olabi & Abdelkareem, “No Title הארץנים, ”הכני קשה לראות את מה שבאמת לנגד העינים, vol. 158, no. 8.5.2017, pp. 2003–2005, 2022.
- [15] D. J. Arent, A. Wise, and R. Gelman, “The status and prospects of renewable energy for combating global warming,” *Energy Economics*, vol. 33, no. 4, pp. 584–593, 2011, doi: 10.1016/j.eneco.2010.11.003.
- [16] E. Klugmann-Radziemska, “Environmental impacts of renewable energy technologies,” *In Int Conf Environ Sci Technol. IPCBEE, Singapore*, vol. (pp. 104-1, no. 9, p. 6, 2014, doi: 10.7763/IPCBEE.
- [17] D. J. Arent, A. Wise, and R. Gelman, “The status and prospects of renewable energy for combating global warming,” *Energy Economics*, vol. 33, no. 4, pp. 584–593, 2011, doi: 10.1016/j.eneco.2010.11.003.
- [18] M. A. Sukiran, W. M. A. Wan Daud, F. Abnisa, A. B. Nasrin, A. A. Astimar, and S. K. Loh, “Individual torrefaction parameter enhances characteristics of torrefied empty fruit bunches,” *Biomass Conversion and Biorefinery*, vol. 11, no. 2, pp. 461–472, 2021, doi: 10.1007/s13399-020-00804-z.