

Kajian Potensi Pembangkit Listrik Tenaga Biomassa Sawit

Sri Wahyuni^{1,4}, Aldri Frinaldi², Dasman Lanin², Rembrandt³

¹ Program Doktorat Ilmu Lingkungan, Universitas Negeri Padang, Indonesia

² Fakultas Ilmu Sosial, Universitas Negeri Padang, Indonesia

³ Fakultas Hukum, Universitas Andalas, Indonesia

⁴ Program Studi Teknik Pengolahan Sawit, Politeknik Kampar, Indonesia

Alamat : Jl. Tengku Muhammad KM. 2 Bangkinang, Riau

Korespondensi penulis: yuni.tip@gmail.com

Abstract. *The palm oil industry, in addition to producing the main product of CPO, also generates large amounts of solid waste (biomass). Palm biomass is a type of renewable energy that can be utilized as fuel for biomass power plants (PLTBS - Pembangkit Listrik Tenaga Biomassa Sawit). Empty fruit bunches (TKKS) have significant energy potential as fuel for electricity generators. The energy potential of TKKS can be seen from its calorific value, which is 18,795 kJ/kg. The heating value of dry TKKS is 18.8 MJ/kg, with an energy conversion efficiency of 25%, which is equivalent to 2.3 Mwe. Financial calculations for all criteria show a Net Present Value (NPV) of IDR 65,582,439, an Internal Rate of Return (IRR) of 15%, and a Payback Period (PBP) of 4.98 years, indicating that the effort to convert palm biomass into electricity is still financially viable.*

Keywords: *palm biomass, PLTBS, financial analysis*

Abstrak. Bisnis kelapa sawit menghasilkan banyak biomassa, atau limbah padat, selain komoditas utamanya, CPO. Pembangkit listrik PLTB dapat digunakan untuk menghasilkan energi terbarukan, dan salah satu contohnya adalah biomassa kelapa sawit. TKK banyak menjanjikan sebagai bahan bakar pembangkit listrik. Nilai kalor dan TKK energi potensial sama-sama keluar menjadi TKK 18.795 kJ/kg. Efisiensi konversi energi TKK kering adalah 25%, menghasilkan energi 2,3 Mwe, dan nilai kalornya adalah 18,8 MJ / kg. Mempertimbangkan semua parameter keuangan, usaha perubahan biomassa sawit menjadi energi listrik masih layak secara finansial dengan nilai NPV sebesar Rp. 65.582.439, IRR sebesar 15%, dan PBP sebesar 4,98 tahun.

Kata kunci: biomassa sawit, PLTBS, analisis finansial

1. LATAR BELAKANG

Indonesia memiliki potensi besar dalam pengembangan pembangkit listrik berbasis biomassa kelapa sawit. Sebagai negara dengan luas perkebunan sawit terbesar di dunia, Indonesia menghasilkan limbah biomassa yang melimpah dari proses produksi minyak sawit. Limbah ini dapat diolah menjadi sumber energi terbarukan, mendukung keberlanjutan lingkungan, serta berkontribusi pada pengurangan emisi gas rumah kaca. Dengan pemanfaatan yang tepat, limbah tersebut tidak lagi berupa buangan yang menjadi masalah lingkungan, tetapi merupakan produk samping yang dapat diubah menjadi sumber energi yang bernilai ekonomis tinggi.

Bisnis minyak sawit menghasilkan produk primer, CPO, dan produk sekunder, yang dikenal sebagai produk sampingan. Beberapa produksi sampingan minyak sawit yang dihasilkan dalam jumlah besar diantaranya adalah tandan kosong (*Empty Fruit Bunches* atau

EFB), pelepah kelapa sawit, dan cangkang inti sawit (palm kernel shells atau PKS), yang dapat digunakan sebagai bahan bakar biomassa (Erivianto & Dani, 2024; Cahyo *et al.*, 2023). EFB menyumbang sekitar 20-22% dari tandan buah segar yang diolah, sementara pelepah sawit dan PKS juga memberikan kontribusi besar terhadap ketersediaan biomassa (Erivianto & Dani, 2024).

Pada tahun 2023, luas perkebunan kelapa sawit di Indonesia mencapai sekitar 15,44 juta hektar, dengan total produksi mencapai 46,986,10 ribu ton (Direktorat Jenderal Perkebunan, 2023). Angka ini tidak hanya menjadikan Indonesia sebagai produsen utama minyak sawit dunia tetapi juga menghasilkan limbah biomassa dalam jumlah besar yang dapat dimanfaatkan untuk pengembangan energi terbarukan berbasis biomassa.

Studi menunjukkan bahwa biomassa kelapa sawit memiliki potensi besar untuk mendukung pembangkit listrik. Sebagai contoh, di Kolombia, pabrik minyak sawit berhasil memanfaatkan biomassa untuk menghasilkan listrik sebesar 61-227 MW (Hernandez *et al.*, 2024). Di Indonesia, pemanfaatan biomassa sawit dalam sistem bahan bakar ganda telah terbukti mampu meningkatkan kinerja mesin diesel sekaligus mengurangi emisi karbon, sejalan dengan tujuan keberlanjutan nasional (Suli & Sudarmanta, 2024).

Artikel ini bertujuan untuk menyelidiki kemungkinan pembangkit listrik tenaga biomassa sawit (PLTB) sebagai solusi baru untuk meningkatkan keberlanjutan energi di Indonesia.

2. KAJIAN TEORITIS

Semua unsur yang ditemukan di Bumi yang telah melakukan fotosintesis dan sumber energinya adalah matahari secara kolektif disebut sebagai biomassa. Biomassa, sering disebut fitomassa, adalah sumber daya yang berasal dari sumber biologis dan biasanya diterjemahkan sebagai sumber bioresource. Tidak ada definisi biomassa yang diterima secara universal saat ini, dan disiplin ilmu yang berbeda mungkin menggunakan terminologi yang berbeda. Dalam konteks energi terbarukan, biomassa mengacu pada bahan organik apa pun, termasuk tumbuhan dan hewan yang mati serta produk sampingannya, yang telah terakumulasi dari waktu ke waktu (tidak termasuk bahan bakar fosil).

Jika dibandingkan dengan berbagai karakteristik kimia, fisika, kelembaban, mekanik, dan lainnya, biomassa sangat bervariasi dan unik. Zat organik seperti karbon, hidrogen, dan oksigen membentuk biomassa. Meskipun proporsi relatifnya bervariasi, selulosa, hemiselulosa, dan lignin merupakan salah satu komponen biomassa yang paling penting. Biomassa lignoselulosa, yang meliputi pohon, sangat menjanjikan sebagai sumber energi.

Pemanfaatan tanaman perkebunan masih belum ideal, namun berpotensi menjadi sumber biomassa yang berharga. Beberapa contoh jenis perkebunan biomassa antara lain kayu, tebu, kelapa sawit, dan rumput gajah. Baik dalam lingkungan komersial atau residensial, biomassa memiliki berbagai aplikasi proses termal potensial. Biomassa merupakan salah satu jenis energi terbarukan untuk dipakai sebagai pembangkit tenaga listrik yang jumlah potensinya besar, dimiliki dan dimanfaatkan di berbagai wilayah di Indonesia baik yang terjangkau oleh jaringan listrik (on-grid) maupun yang tidak terjangkau oleh jaringan listrik (off-grid). Salah satu biomassa yang berpotensi dapat dimanfaatkan sebagai sumber energi terbarukan yaitu dari produk samping kelapa sawit.

3. METODE PENELITIAN

Metode penelitian yang digunakan dalam kajian potensi biomassa kelapa sawit sebagai pembangkit listrik adalah pendekatan deskriptif dengan metode kuantitatif dan kualitatif. Penelitian diawali dengan studi literatur untuk memahami konsep biomassa kelapa sawit, teknologi konversi energi yang relevan, kebijakan terkait energi terbarukan, serta implementasi proyek biomassa kelapa sawit yang telah berhasil. Data dikumpulkan melalui metode primer, seperti wawancara dengan ahli energi dan praktisi, survei, serta observasi lapangan. Metode sekunder dilakukan dengan menganalisis data statistik dari sumber terpercaya, seperti Badan Pusat Statistik (BPS), laporan pemerintah, artikel ilmiah, dan dokumen perusahaan energi. Data yang dikumpulkan mencakup jenis dan volume biomassa kelapa sawit (seperti tandan kosong, cangkang, dan serat), potensi energi yang terkandung, infrastruktur pendukung, serta aspek keekonomian dan dampak lingkungan. Analisis data dilakukan dengan menghitung potensi energi, mengevaluasi biaya produksi listrik berbasis biomassa kelapa sawit, dampak lingkungan, dan kebijakan pemerintah. Validasi data dilakukan melalui triangulasi hasil wawancara, survei, dan data sekunder, serta konsultasi dengan pakar energi biomassa.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Potensi Biomassa Kelapa Sawit Di Indonesia

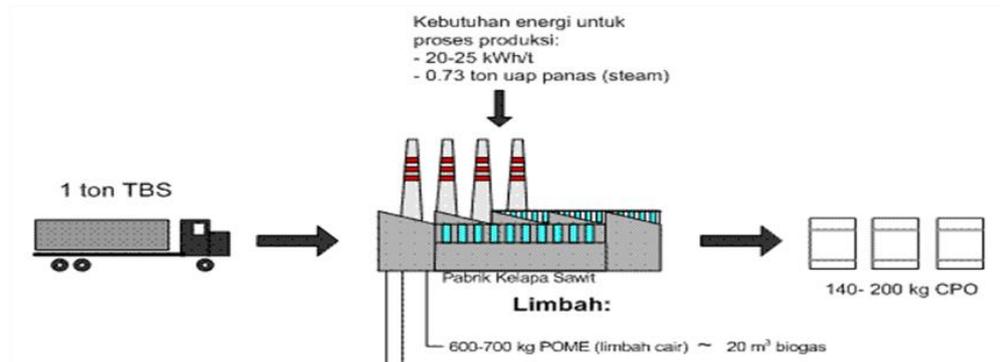
Dengan potensi sebesar 311.232 MW, energi terbarukan Indonesia masih kurang dimanfaatkan sebesar 22%. Rendahnya harga minyak bumi telah membuai masyarakat Indonesia dalam keadaan berpuas diri, dan akibatnya, mereka gagal menjajaki atau menciptakan alternatif energi terbarukan. Beberapa contoh sumber energi terbarukan antara lain tenaga air, panas bumi, matahari, angin, dan biomassa. Energi biomassa memiliki banyak

potensi yang belum terealisasi sebagai sumber energi terbarukan. Dari 50.000 MW potensi energi biomassa yang tersedia saat ini, hanya 320 MW atau 0,64% yang telah digunakan. Produk limbah dari penggergajian, penggilingan padi, kayu, polywood, pabrik gula, kakao, dan bagian lain dari sektor pertanian Indonesia merupakan sumber biomassa potensial negara tersebut.

Kebun tersebut berkembang rata-rata sebelas persen tahun antara tahun 1980-an dan pertengahan 1990-an. Ada tingkat pertumbuhan tahunan sebesar 9,4 persen di bidang output CPO. Produksi CPO diperkirakan akan meningkat dengan laju 5-6% tahun hingga 2010, dengan laju pertumbuhan 2-4 persen dari 2010 hingga 2020. Produk sampingan biomassa dalam jumlah yang sangat signifikan dihasilkan selama konversi tandan buah segar (TBS) menjadi minyak sawit mentah (CPO). Dengan volume 12.365 juta ton pada tahun 2004, produk sampingan kelapa sawit meliputi 10.215 juta ton cangkang dan serat, 32.257-37.633 juta ton limbah cair (Palm Oil Mill Effluent / POME), dan 12.365 juta ton tandan kosong kelapa sawit (TKK). Seiring dengan peningkatan output TBS di Indonesia, angka ini juga akan meningkat. Pada tahun 2010, produksi TBS di Indonesia mencapai 64.000 juta ton.

Salah satu cara untuk melihat energi potensial yang dihasilkan oleh produk sampingan sawit lainnya adalah dengan menghitung nilai kalorinya, yang mengukur energi panas. Dua puluh, cangkang 093 kJ / kg, serat 19.055 kJ/kg, TKK 18.795 kJ/kg, batang 17.471 kJ/kg, dan pelepah 15.719 kJ / kg merupakan nilai energi panas untuk masing-masing produk sampingan sawit. Sebagai bahan bakar pembangkit listrik, TKKS memiliki potensi energi yang sangat besar.

PKS dapat menghasilkan hingga 44.000 ton TBS per tahun dengan kadar air 65% jika mampu memproses 200.000 ton TBS per tahun. Efisiensi konversi energi TKK kering adalah 25%, dan nilai kalornya adalah 18,8 MJ / kg, yang sebanding dengan 2,3 MWe (megawatt-electric). Dengan total 12.365.000.000 metrik ton pada tahun 2004, TKK dapat menghasilkan listrik sebesar 23.463.000 megawatt.



Gambar 3. Kesetaraan biomassa dan energi dalam proses pengolahan sawit di pabrik kelapa sawit

Potensi biomassa kelapa sawit di Indonesia adalah yang terbesar dibandingkan dengan tanaman lainnya. Potensi biomassa kelapa sawit disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Potensi dan proyeksi energi biomassa kelapa sawit dan tanaman lainnya di Indonesia

Sumber daya biomas	Isi	Potensi Energi biomass aktual (GJ/tahun)	Proyeksi potensi energi biomass (GJ/tahun)
Sawit	Tandan kosong	144,480,000	289,743,089
	Cangkang	110,080,000	220,755,640
	Serat Sabut	247,680,000	496,702,439
	Limbah cair	34,896,048	69,981,234
Singkong	Kulit	71,725,500	71,725,500
Jagung	Bonggol	77,407,187	128,926,602
Tebu	Bagas	78,373,750	78,373,750
Padi	Sekam	162,203,448	173,371,911
Kotoran sapi	—	774,910,408	114,322,822

Sumber : Kajii (2013)

Biomassa tandan kosong kelapa sawit di Indonesia dapat digunakan sebagai bahan baku (material) dan sebagai sumber energi. Penggunaan, strategi, dan tren pemanfaatan biomassa tandan kosong kelapa sawit disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Penggunaan, strategi dan tren pemanfaatan biomassa tandan kosong kelapa sawit

Sumber biomas	Penggunaan aktual	Strategi pemanfaatan efektif yang potensial		Tren pemanfaatan
		Sebagai Material	Sebagai energi	
Tandan kosong sawit	Meskipun mudah dikumpulkan dalam jumlah besar dipabrik, tapi sulit digunakan dalam boiler karena basah. Ada contoh digunakan setelah dicacah dan dikeringkan lalu diberi penetralisir, tapi kebanyakan belum dimanfaatkan untuk energi	<ul style="list-style-type: none"> • Pupuk • Lahan pertanian • Penetralisir • Karbonasi • Biorefinery 	<ul style="list-style-type: none"> • Bakar langsung • Bahan bakar padatan • Fermentasi metan • Gasifikasi • Etanol 	Pengembangan teknologi dan pemanfaatan nilai tambah dengan mengkombinasi limbah cair menjadi pupuk. Ada juga contoh sebagai bahan baku bioetanol.

Sumber : Kajii (2013)

Perbandingan penggunaan biomassa kelapa sawit lainnya (cangkang, sabut, limbah cair) di Indonesia disajikan pada Tabel 4.

Tabel 4. Penggunaan, strategi dan tren pemanfaatan biomassa tandan kosong kelapa sawit

Sumber biomas	Penggunaan aktual	Strategi pemanfaatan efektif yang potensial		Tren pemanfaatan
		Sebagai Material	Sebagai energi	
Cangkang/serat sawit Cangkang/ sabut sawit	Sudah digunakan sebagai bahan bakar.	Pupuk dan biomaterial	Pembakaran, pembangkitan langsung, gasifikasi, CHP (combine heat and power) generation	Pemanfaatan bagian yang belum dimanfaatkan. Penggunaan dan pengembangan teknologi sebagai pupuk, energi, dan biomaterial.
Limbah cair pabrik kelapa sawit, tapioka	Umumnya belum dimanfaatkan Saat ini limbah cair pabrik kelapa sawit umumnya dimanfaatkan untuk land aplikasi atau pupuk kompos bersama tandan kosong. Sebagian limbah cair pabrik tapioka dimanfaatkan untuk biogas/energi	Pupuk cair	Fermentasi metan (listrik, panas, bahan bakar mobil)	Penting dari sudut pandang pengurangan GRK, konservasi lingkungan, penghematan energi fosil dan pupuk kimia,

Sumber : Kajii (2013)

Kebijakan Biomassa Di Indonesia

Kebijakan pengembangan biomassa di Indonesia relatif masih kurang mendukung jika dibandingkan dengan negeri Malaysia. Perbandingan penerapan kebijakan biomassa di Indonesia dan Malaysia disajikan pada Tabel 5.

Tabel 5. Perbandingan kebijakan biomassa di Indonesia dan Malaysia

Kebijakan Malaysia		Potensi terapan Indonesia
Rencana aksi dan strategi energi terbarukan 【Perencanaan komprehensif】	Penerapan bermacam insentif pada bisnis energi terbarukan, kebijakan kongkrit pengembangan kapasitas dan riset	Pencanangan (VISION25/25) untuk meningkatkan rasio penggunaan energi terbarukan menjadi 25% di 2025. Dapat diterapkan untuk membuat strategi kongkrit pengembangan bisnis energi terbarukan, pembangunan manusia dan teknologi.
Undang-undang energi terbarukan 【Regulasi】	Undang-undang yang memayungi sistem pembelian harga tetap	Tidak ada undang-undang khusus yang fokus pada energi terbarukan tapi direkomendasikan untuk regulasi yang saling melengkapi
Strategi biomas nasional 2020 【Perencanaan komprehensif】	Fokus tidak hanya pada energi terbarukan tapi juga produk biomas bernilai tambah	Fokus pada pemanfaatan energi. Topik masa depan adalah pengembangan produk biomas, pembuatan roadmap diseminasi dan kebijakan insentif
Sistem pembelian harga tetap 【dukungan ekonomi】	Harga pokok berdasarkan skala, dan pemberian harga pembelian bonus	Pada Juli 2012 sudah diterapkan sistem pembelian harga tetap. Dapat merfer cara pemberian insentif berdasarkan harga bonus
Pembiayaan energi terbarukan 【dukungan ekonomi】	Sumber pendanaan sistem pembelian harga tetap. Biaya listrik pengguna diatas 300kWh per bulan pada sept 2011 dinaikkan 1% (rencana)	Dapat menjadi referensi untuk menjadi salah satu pengamanan finansial yang berkelanjutan
Pendirian badan pengembangan energi terbarukan 【organisasi pemerintah】	Pengaturan sistem pembelian harga tetap Promosi pengembangan energi terbarukan Pembangunan manusia	Pendirian divisi energi terbarukan dalam ESDM (Saat ini sudah ada Direktorat Jenderal Energi Baru Terbarukan dan Konservasi Energi, EBTKE).Penting untuk menyiapkan sistem organisasi komprehensif untuk pengembangan teknologi dan pembangunan manusia

Kebijakan Pengembangan Biomassa

Potensi biomassa di Indonesia sangat besar, namun kebijakan yang mendukung pengembangan energi terbarukan di Indonesia masih tergolong lemah dibandingkan negara lain seperti Malaysia. Beberapa kebijakan yang perlu dipertimbangkan untuk mendukung pengembangan PLTBS adalah sebagai berikut :

1. Insentif Pajak untuk Investasi Energi Terbarukan: Investasi bisnis dalam teknologi biomassa harus diberi insentif oleh pemerintah melalui keringanan pajak.
2. Regulasi Pengelolaan Limbah: Menerapkan regulasi yang mewajibkan perusahaan kelapa sawit untuk memanfaatkan limbah mereka sebagai sumber energi.
3. Program Riset dan Pengembangan: Mengalokasikan dana untuk riset dan pengembangan teknologi pemanfaatan biomassa agar lebih efisien dan ramah lingkungan.
4. Pendidikan dan Pelatihan: Menyediakan program pendidikan dan pelatihan bagi petani dan pekerja industri tentang cara mengolah biomassa secara efektif.
5. Kerjasama Internasional: Mendorong kerjasama dengan negara-negara lain dalam hal teknologi dan praktik terbaik dalam pemanfaatan biomassa.

Kebijakan Lingkungan Yang Dapat Diterapkan

Pemanfaatan biomassa, terutama dari industri kelapa sawit, sebagai sumber energi terbarukan memiliki potensi besar untuk mendukung pembangunan berkelanjutan di Indonesia. Namun, untuk mencapai potensi tersebut, diperlukan kebijakan lingkungan yang tepat guna memastikan bahwa pemanfaatan biomassa tidak hanya efisien secara ekonomi tetapi juga ramah lingkungan. Kebijakan ini harus mencakup berbagai aspek, mulai dari pengelolaan limbah hingga insentif bagi penggunaan energi terbarukan

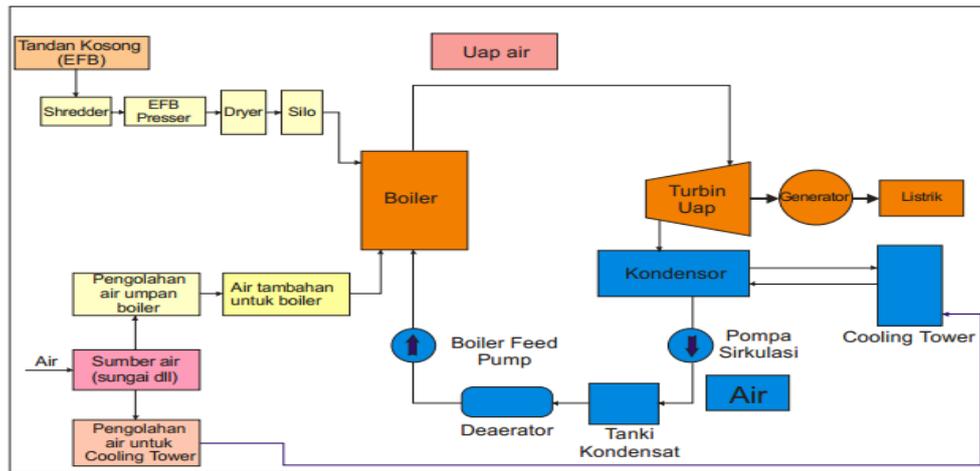
1. Regulasi Pengelolaan Limbah
 - a) Wajib Pemanfaatan Limbah: Mewajibkan perusahaan kelapa sawit untuk memanfaatkan limbah padat mereka, seperti tandan kosong kelapa sawit (TKKS) dan cangkang, sebagai bahan baku untuk pembangkit listrik tenaga biomassa.
 - b) Standar Emisi: Menetapkan standar emisi yang ketat untuk pembangkit listrik biomassa guna mengurangi dampak negatif terhadap lingkungan.
2. Insentif Ekonomi
 - a) Bantuan Keuangan: Memberikan bantuan keuangan atau insentif pajak bagi perusahaan yang berinvestasi dalam teknologi pengolahan biomassa.

- b) Subsidies Energi Terbarukan: Mengalokasikan subsidi untuk proyek-proyek energi terbarukan yang menggunakan biomassa sebagai sumber energi.
3. Program Riset dan Pengembangan
- a) Dukungan R&D: Mendorong penelitian dan pengembangan teknologi baru untuk meningkatkan efisiensi konversi biomassa menjadi energi listrik.
 - b) Kerjasama dengan Universitas: Menggalang kerjasama antara industri dan lembaga pendidikan tinggi untuk penelitian biomassa.
4. Edukasi dan Kesadaran Masyarakat
- a) Program Edukasi: Melaksanakan program edukasi bagi masyarakat tentang manfaat pemanfaatan biomassa dan dampak positifnya terhadap lingkungan.
 - b) Kampanye Kesadaran Lingkungan: Mengadakan kampanye untuk meningkatkan kesadaran akan pentingnya penggunaan energi terbarukan.
5. Pengawasan dan Penegakan Hukum
- a) Monitoring Kualitas Lingkungan: Mendirikan sistem pemantauan kualitas udara dan air di sekitar lokasi pembangkit listrik biomassa.
 - b) Penegakan Hukum: Menguatkan penegakan hukum terhadap pelanggaran

Teknologi Pembangkit Listrik Dari Biomassa

Pada dasarnya PLTBS (Pembangkit Listrik Tenaga Biomassa Sawit) menggunakan biomassa sawit sebagai sumber bahan bakarnya. TANGKI dimasukkan ke dalam shredder sesuai dengan skema PLTBS (Gambar 4), yang mengiris (mencabik-cabik) PEMBICARAAN sampai dihasilkan potongan serat yang tidak lebih dari sekitar 100 mm. Tekanan oli menerima TKS melalui sabuk. Gumpalan minyak dan serat adalah produk sampingan dari pengurangan kadar air dalam tekanan minyak. Pengering mengurangi kadar air tandan yang habis menjadi 40% lagi. Setelah itu, TKS dikumpulkan di silo TKS dan kemudian dikirim ke ruang bakar untuk memanaskan boiler. Uap dari boiler akan memutar turbin yang terhubung langsung ke generator sinkron, yang pada gilirannya memutar generator untuk menyediakan tenaga.

Uap bertekanan bersuhu tinggi masuk ke kondensor setelah turbin. Air dari menara pendingin mengembunkan uap yang masuk ke kondensor menjadi air, yang kemudian dipompa kembali ke deaerator dan disuplai ke boiler.



Gambar 4 Skema Pembangkit Listrik Tenaga Biomassa Sawit (PLTBS)
(Febijanto 2011)

Instalasi Pembangkit Listrik Tenaga Biomassa Kelapa Sawit

Fasilitas ini beroperasi sebagai PLTU yang merupakan salah satu jenis pembangkit listrik tenaga uap. PLTU menggunakan tenaga uap sebagai penggerak turbin, yang berarti poros turbin dihubungkan dengan poros generator, yang meningkatkan efisiensi sistem dan memungkinkan penghematan energi melalui penggunaan teknologi kogenerasi. Dalam sistem ini, sisa uap bertekanan tinggi dapat didaur ulang untuk digunakan dalam operasi lain. Teknik kogenerasi berkisar pada proses berjenjang yang memanfaatkan residu uap. Setelah digunakan sebagai penggerak generator turbin, uap bertekanan tinggi didaur ulang dan digunakan kembali di deaerator, mesin Penyangga Horizontal, atau digester. Dari perspektif efisiensi energi, ini lebih menguntungkan.

Selain TKKS yang digunakan sebagai bahan bakar pembangkit listrik, sisa uap dari *penggerak* turbin generator masih dapat juga digunakan untuk proses pengolahan minyak kelapa sawit itu sendiri.

Analisis Finansial

Analisis finansial dilakukan dengan asumsi sebagai berikut :

- a. Analisis finansial dilakukan dalam kurun waktu 10 tahun
- b. Harga-harga ditetapkan berdasarkan informasi dari internet
- c. Biaya selama 10 tahun dihitung dalam nilai konstan
- d. Kapasitas produksi ditetapkan sebesar 70 MW atau sekitar 25.316 MWatt per tahun

- e. Sumber dan struktur permodalan berasal dari pinjaman lembaga keuangan dan modal sendiri dengan perbandingan 60 : 40
- f. Tingkat suku bunga ditetapkan sebesar 15%
- g. Biaya penyusutan dihitung dengan metode garis lurus
- h. Biaya pemeliharaan 2,5% dari nilai investasi awal
- i. Biaya asuransi mesin dan peralatan 5% dari nilai awal
- j. Masa tenggang waktu pembayaran kredit adalah satu tahun setelah kredit diambil dengan pembayaran pokok sama setiap tahun
- k. Biaya investasi dikeluarkan seluruhnya pada awal tahun (tahun ke-0) sebelum proyek beroperasi.

Harga peralatan utama yang dibutuhkan untuk pemanfaatan biomassa kelapa sawit menjadi energi listrik didasarkan pada survei melalui media internet. Perkiraan harga peralatan yang dibutuhkan disajikan pada Tabel 7.

Tabel 7 Kebutuhan biaya peralatan utama

<u>Kebutuhan Peralatan</u>	<u>Jumlah (unit)</u>	<u>Harga/unit (Rp)</u>	<u>Biaya (Rp)</u>
Boiler	1	1.000.000.000	1.000.000.000
Boiler blowdown	1	100.000.000	100.000.000
Superheater	1	20.000.000	20.000.000
Alat pengisi boiler	1	5.000.000	5.000.000
Turbin uap dan alternator	1	10.000.000	10.000.000
Feedwater heater	1	5.000.000	5.000.000
Pengaman boiler	1	10.000.000	10.000.000
<u>Sub Total Biaya</u>			1.150.000.000

Investasi Modal Tetap

Biaya investasi pabrik adalah uang yang dihabiskan untuk membangun dan menjalankan fasilitas. Ada dua jenis beban investasi yang termasuk dalam kajian pembangkit listrik yang menggunakan biomassa kelapa sawit: modal tetap dan modal kerja. Pendanaan awal untuk aset fisik termasuk bangunan, infrastruktur, permesinan, perpipaian, sistem kelistrikan, dan perabot kantor dikenal sebagai modal tetap. Berdasarkan perhitungan diperoleh biaya investasi tetap Rp. 1,212,500,000.00 dengan rincian dapat dilihat pada Lampiran 1.

Modal Awal Proyek

Modal awal proyek dibagi menjadi modal investasi dan modal operasional. Kebutuhan dana investasi sebesar Rp. 1.212.500.000, sedangkan modal kerja adalah jumlah yang diperlukan untuk menjalankan unit pengolahan selama dua bulan. Modal kerja yang diperlukan adalah Rp. 3,145,650,000.

Sumber Pembiayaan

Sumber pembiayaan untuk modal investasi dan modal kerja berasal dari pinjaman bank dan modal sendiri dengan perbandingan 60 : 40 persen. Suku bunga diasumsikan sebesar 15%. Rencana pengembalian pinjaman disesuaikan dengan proyeksi aliran arus kas. Pengembalian pinjaman beserta bunganya dibayarkan pada tahun ke-1 dan dilunasi pada tahun ke-10. Besarnya angsuran pokok yang harus dibayarkan setiap tahunnya adalah Rp. 174.326.000,-

Arus kas

a. Proyeksi penerimaan

Penerimaan diperoleh dari hasil penjualan produk dengan asumsi harga penjualan tetap. Harga jual diasumsikan sebesar Rp. 787 per KWH. Besarnya penerimaan setiap tahunnya adalah Rp. 940.667.000,-

b. Biaya operasional

Komponen biaya operasional terdiri dari biaya tetap dan variabel. Kebutuhan biaya operasional adalah Rp. 18.873.900.000,-

c. Proyeksi Rugi Laba

Proyeksi rugi laba operasi menunjukkan bahwa pada tahun pertama sampai dengan tahun ke-10 sebesar yaitu Rp. 940.667.000,-

d. Analisa kriteria finansial

Kriteria finansial yang digunakan adalah Net Present Value (NPV), Internal Rate of Return (IRR), dan Pay Back Periode (PBP). Hasil perhitungan terhadap seluruh kriteria finansial disajikan sebagai berikut :

1. NPV sebesar Rp. 65.582.439,-
2. IRR sebesar 15 %
3. PBP 4,98 tahun

Berdasarkan kriteria finansial dapat disimpulkan bahwa dengan asumsi yang digunakan dan rencana serta perhitungan yang dibuat maka investasi yang akan dilakukan secara finansial masih layak. Hal tersebut ditandai dengan nilai NPV yang positif walaupun IRR menunjukkan nilai yang sama dengan tingkat suku bunga yang digunakan dalam asumsi perhitungan.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

Potensi energi biomassa kelapa sawit di Indonesia sangat besar, terutama dari limbah padat seperti tandan kosong kelapa sawit (TKKS), yang memiliki nilai kalor tinggi sebesar 18,8 MJ/kg dan dapat dimanfaatkan sebagai bahan bakar pembangkit listrik. Dengan efisiensi konversi sekitar 25%, TKKS mampu menghasilkan output listrik sekitar 2,3 MWe per ton. Analisis finansial menunjukkan bahwa pembangunan Pembangkit Listrik Tenaga Biomassa Sawit (PLTBS) layak secara ekonomi, dengan Net Present Value (NPV) sebesar Rp. 65.582.439, Internal Rate of Return (IRR) sebesar 15%, dan Payback Period (PBP) selama 4,98 tahun. Pemanfaatan biomassa ini juga memberikan dampak positif terhadap lingkungan dan sosial, seperti pengurangan emisi gas rumah kaca, pengurangan limbah padat yang mencemari lingkungan, serta peningkatan efisiensi penggunaan sumber daya alam. Implikasi strategisnya mencakup pengembangan teknologi konversi energi untuk meningkatkan efisiensi dan menekan biaya operasional, serta kolaborasi dengan masyarakat lokal untuk meningkatkan kesadaran akan manfaat biomassa. Meski memiliki potensi besar, keberhasilan PLTBS bergantung pada ketersediaan bahan baku seperti TKKS dan cangkang dari pabrik sendiri, karena jika bahan baku harus dibeli, usaha ini menjadi tidak ekonomis. Oleh karena itu, diperlukan kebijakan pendukung, infrastruktur yang memadai, serta investasi dalam teknologi dan edukasi masyarakat untuk memaksimalkan potensi biomassa kelapa sawit sebagai sumber energi terbarukan. Selain itu juga perlu ada penguatan infrastruktur dan teknologi konversi yang lebih efisien serta regulasi yang mendukung, seperti insentif pajak dan subsidi. Pengembangan model bisnis yang efisien dan investasi dalam riset teknologi konversi juga harus diprioritaskan guna memastikan kelayakan ekonomi dan pengurangan dampak lingkungan dari proyek ini.

DAFTAR REFERENSI

- Cahyo, N., Tambunan, H. B., Hariyostanto, E., Paryanto, H., Hariana, & Novendianto, I. B. (2023). Characteristics of utilization of palm fronds, oil palm stems, and empty fruit bunches as biomass co-firing fuels on coal-fired power plant. Proceedings of the International Conference on Sustainable Green Technology and Environmental Innovations (ICSGTEIS), 224–228. <https://doi.org/10.1109/icsgteis60500.2023.10424181>
- Eriyanto, D., & Dani, A. (2024). Potential of solid waste from palm oil as fuel for steam power plants in palm oil factories. NUCLEUS, 5(1), 46–54. <https://doi.org/10.37010/nuc.v5i1.1542>
- Direktorat Jenderal Perkebunan. (2023). Laporan Statistik Perkebunan Kelapa Sawit Indonesia 2023. Kementerian Pertanian Republik Indonesia.
- Hernandez, J. C. B., Gutiérrez, A. S., Ramírez-Contreras, N. E., Eras, J. J. C., Garcia-Nunez, J. A., Barrera Agudelo, O. R., & Silva Lora, E. E. (2024). Biomass-based energy potential from the oil palm agroindustry in Colombia: A path to low carbon energy transition. Journal of Cleaner Production. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2024.141808>
- Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia. (2023). Potensi biomassa menjanjikan, Indonesia prediksi hasilkan listrik setara 56,97 GW. Siaran Pers. Diakses dari <https://www.esdm.go.id/id/media-center/arsip-berita/potensi-biomassa-menjanjikan-indonesia-prediksi-hasilkan-listrik-setara-5697-gw>
- PLN Indonesia Power. (2024). Optimalkan tandan kosong sawit sebagai biomassa untuk PLTU Sintang. HaiSawit. Diakses dari <https://haisawit.co.id/news/detail/pln-ip-optimalkan-tandan-kosong-sawit-sebagai-biomassa-untuk-pltu-sintang>
- Suli, M., & Sudarmanta, A. (2024). Pemanfaatan biomassa sawit dalam sistem bahan bakar ganda untuk meningkatkan kinerja mesin diesel. Jurnal Energi dan Lingkungan.
- Febijanto, I. (2011). Kajian teknis dan keekonomian pembangkit listrik tenaga biomassa sawit: Kasus di Pabrik Kelapa Sawit Pinang Tinggi Sei Bahar Jambi. Journal of Mechatronics, Electrical Power, and Vehicular Technology, 2(1), 11–22.
- Kajii, K. (2013). Survey pemanfaatan biomassa. Makalah Workshop Co-Benefit in Palm Oil and Fishery Industry. KLH, Jakarta.
- Sinaga, I. (2011). Energi terbarukan sisa keluaran limbah padat pengolahan kelapa sawit (studi kasus perencanaan pembangunan PLTBS PKS Blangkahan). Skripsi. Teknik Elektro Universitas Sumatera Utara.
- Ketaren, S. (1986). Pengantar Teknologi Minyak dan Lemak Pangan. UI-Press, Jakarta.
- Kusuma, I. P. (2010). Studi pemanfaatan limbah biomassa kelapa sawit sebagai bahan bakar pembangkit listrik tenaga uap di Kalimantan Selatan (Studi kasus Kabupaten Tanah Laut). Skripsi. Jurusan Teknik Elektro ITS.

- Pahan, I. (2006). Panduan lengkap kelapa sawit: Manajemen agribisnis dari hulu hingga hilir. Penebar Swadaya, Jakarta.
- Permadi, L. W., Wibowo, A., & Malvica, C. (2013). Analisis potensi energi terbarukan biomassa sawit di daerah Semuntai Kalimantan Timur. Prosiding Seminar Nasional Kimia UGM.