

ANALISIS POTENSI BIOMASSA LIMBAH KELAPA SAWIT SEBAGAI PEMBANGKIT LISTRIK BERKELANJUTAN DI WILAYAH BENGKULU

Suci Ambarwati¹, Diana Nurul Fadilah², Juliana Bella Fransiska³, Aci Januar Saputra⁴

suciiambr@gmail.com¹, diananurulfadilah6@gmail.com², jubellaka@gmail.com³,
rosnadira936@gmail.com⁴

Universitas Bengkulu

ABSTRAK

Limbah kelapa sawit merupakan salah satu sumber biomassa terbesar di Provinsi Bengkulu sering meningkatnya produksi tandan buah segar (TBS) dari perkebunan sawit. Limbah padat seperti tandan kosong kelapa sawit (TKKS), cangkang, dan serabut memiliki nilai kalor yang cukup tinggi sehingga berpotensi dimanfaatkan sebagai bahan bakar pembangkit listrik berbasis biomassa. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis potensi biomassa limbah kelapa sawit sebagai sumber energi listrik berkelanjutan melalui metode studi literatur dengan pendekatan deskriptif analitis. Hasil kajian menunjukkan bahwa TKKS memiliki nilai kalor berkisar 3.800–4.200 kcal/kg setelah melalui proses pengeringan, namun tantangan teknis seperti tingginya kadar air dan kandungan mineral (K dan Cl) masih memerlukan teknologi pengolahan yang tepat. Selain memberikan solusi bagi pengelolaan limbah, pemanfaatan biomassa sawit dapat mengurangi penggunaan energi fosil, menekan emisi karbon, dan memperkuat ketahanan energi daerah. Dengan ketersediaan limbah yang melimpah, teknologi konversi yang semakin berkembang, serta dukungan kebijakan energi terbarukan, Bengkulu memiliki peluang besar untuk mengembangkan pembangkit listrik biomassa yang berkelanjutan dan memberikan manfaat ekonomi, sosial, serta lingkungan.

Kata Kunci: Biomassa, Limbah Kelapa Sawit, TKKS, Energi Terbarukan.

PENDAHULUAN

Perkebunan kelapa sawit adalah salah satu komoditas yang sangat penting di Provinsi Bengkulu. Berdasarkan informasi dari Kementerian Pertanian, pada tahun 2019, luas lahan sawit di Bengkulu mencapai 426.508 hektar, yang berkontribusi sekitar 2,6 persen dari total area sawit di seluruh Indonesia. Luas lahan perkebunan kelapa sawit di Bengkulu terus mengalami pertumbuhan selama dua puluh tahun terakhir. Saat ini, area perkebunan sawit di Bengkulu telah mencapai puluhan ribu hektar, dengan konsentrasi terbesar berada di Kabupaten Bengkulu Utara, Mukomuko, dan Seluma. Selain memproduksi CPO dan inti sawit sebagai hasil utama dari pengolahan TBS, sektor pengolahan kelapa sawit di Bengkulu juga menghasilkan limbah dalam bentuk padat dan cair. Limbah padat terdiri dari serat, cangkang, dan tandan kosong sawit, sedangkan limbah cair, yang sering disebut sebagai palm oil mill effluent atau POME, merupakan campuran dari sisa minyak, air, dan lumpur yang dihasilkan dari proses ekstraksi minyak sawit.

Namun, pengolahan limbah padat dan cair dalam jumlah signifikan belum sepenuhnya efektif, sehingga di beberapa lokasi masih memicu isu lingkungan. Di Bengkulu, peningkatan kapasitas produksi pabrik kelapa sawit tanpa disertai sistem pengelolaan limbah yang tepat dapat menimbulkan pencemaran, bau tidak enak, serta ancaman terhadap kualitas air di sekitar wilayah perkebunan. Maka dari itu, pengelolaan limbah kelapa sawit yang efisien dan berkelanjutan sangat dibutuhkan untuk mendukung pengembangan industri sawit yang ramah lingkungan di Provinsi Bengkulu.

Biomassa merupakan istilah untuk semua bahan organik yang berasal dari tanaman (termasuk alga, pohon dan tanaman). Biomassa diproduksi oleh tanaman hijau yang mengkonversi sinar matahari menjadi bahan tanaman melalui proses fotosintesis. Sumber daya biomassa dapat dianggap sebagai materi organik, di mana energi sinar matahari yang disimpan dalam ikatan kimia. Ketika ikatan antar karbon berdekatan, molekul hidrogen dan oksigen yang rusak oleh pencernaan, pembakaran, atau dekomposisi, zat ini melepaskan disimpan, energi kimia mereka (McKendry P, 2002).

Pemanfaatan potensi biomassa sebagai sumber energi listrik, telah mulai dikembangkan di beberapa negara di dunia. Seperti halnya di Negara Cina, dengan potensi biomassa yang tersedia, memungkinkan untuk menghasilkan energi listrik dengan kapasitas sebesar 30 GW (Xingang Z et al, 2013). Begitu pula halnya dengan di wilayah Uni Eropa, bahkan permintaan bahan baku biomass melebihi kemampuan pasokan yang dapat disediakan untuk kebutuhan pembangkit listrik (Bertrand V et al, 2014).

Sebagai negara yang berbasis pertanian dan merupakan salah satu penghasil produk perkebunan utama di tingkat global, Indonesia menyimpan potensi biomassa yang luar biasa. Salah satu jenis biomassa yang sangat melimpah adalah limbah dari kelapa sawit, yang dihasilkan dalam jumlah besar setiap tahunnya. Limbah seperti tandan kosong kelapa sawit, cangkang, dan serabut memiliki potensi energi yang tinggi dan dapat digunakan sebagai sumber energi terbarukan jika dikelola secara benar. Pengelolaan yang efektif terhadap limbah kelapa sawit tidak hanya memberikan solusi untuk masalah lingkungan yang timbul akibat penumpukan limbah, tetapi juga menciptakan tambahan nilai ekonomi. Daerah Bengkulu, dengan luas perkebunan sawit yang signifikan, memiliki peluang besar untuk mengembangkan energi berbasis biomassa. Pentingnya pengembangan energi terbarukan dalam menyediakan energi listrik berkelanjutan juga ditegaskan oleh Putra dan Winarso (2022), yang menunjukkan bahwa pemanfaatan sumber daya lokal sebagai energi alternatif sangat relevan dengan pengembangan biomassa kelapa sawit.

Berdasarkan beragam hasil riset tersebut, limbah dari kelapa sawit diakui sebagai salah satu sumber energi terbarukan yang memiliki peluang besar untuk diolah menjadi sumber listrik, terutama di kawasan Bengkulu. Penggunaan TKKS tidak hanya meningkatkan kemandirian dari energi fosil, tetapi juga membantu memperkuat ekonomi masyarakat melalui pengolahan limbah yang memiliki nilai tinggi. Selain itu, pengembangan energi biomassa yang berasal dari limbah kelapa sawit bisa mendukung inisiatif energi bersih serta pertumbuhan berkelanjutan baik di tingkat daerah maupun nasional. Dengan begitu, kajian tentang potensi biomassa dari limbah kelapa sawit untuk dijadikan sumber listrik berkelanjutan di Bengkulu perlu dilakukan dengan cara yang mendalam dan terstruktur.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini mengadopsi metode studi literatur dengan pendekatan deskriptif analitis. Pemilihan metode ini bertujuan untuk mendapatkan pemahaman menyeluruh tentang potensi biomassa sisa kelapa sawit sebagai sumber energi listrik yang berkelanjutan berdasarkan berbagai penelitian yang telah dilakukan sebelumnya. Studi literatur dikerjakan dengan membaca jurnal akademik, buku, laporan riset, serta sumber-sumber lain yang berkaitan dengan karakteristik tandan kosong kelapa sawit (TKKS), teknologi pirolisis, pembuatan biopellet, serta penggunaan biomassa dalam pembangkit listrik.

Proses pengumpulan data dilaksanakan dengan memilih bahan bacaan yang relevan dengan tema, termasuk analisis tentang kandungan energi TKKS, nilai kalor biomassa,

efisiensi dari teknologi konversi, serta kemungkinan penerapannya di daerah Bengkulu. Literatur yang terpilih selanjutnya disaring berdasarkan relevansi, keaktualan, kelengkapan informasi, dan kualitas metode yang digunakan. Langkah ini bertujuan untuk memastikan bahwa sumber yang digunakan menunjukkan validitas yang baik dan mendukung analisis secara ilmiah.

Setelah mengumpulkan dan menyaring literatur, analisis dilakukan dengan meneliti isi dari setiap penelitian guna menggali informasi terkait potensi energi biomassa, kelebihan dan kekurangan dalam teknologi konversi, serta aspek teknis yang berpengaruh pada penggunaan TKKS sebagai bahan bakar untuk pembangkit listrik. Analisis ini dilakukan dengan cara komparatif, membandingkan hasil dari berbagai penelitian sehingga dapat memperoleh pemahaman yang lebih objektif dan menyeluruh.

Hasil dari analisis kemudian disusun untuk memberikan gambaran umum mengenai prospek pengembangan pembangkit listrik berbasis biomassa dari limbah kelapa sawit. Proses penyusunan ini mencakup pengintegrasian data tentang karakteristik material, nilai energi, kelayakan teknis, serta kemungkinan penerapannya di Bengkulu. Tahap akhir dari penelitian ini adalah menarik kesimpulan yang merangkum potensi biomassa sisa kelapa sawit sebagai sumber energi berkelanjutan dan dampaknya bagi ketahanan energi serta pengelolaan lingkungan.



HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Ketersediaan dan Potensi Biomassa Limbah Sawit di Bengkulu

Provinsi Bengkulu merupakan salah satu wilayah dengan perkebunan kelapa sawit yang terus berkembang dan memiliki kontribusi ekonomi yang signifikan. Berdasarkan data Kementerian Pertanian, luas perkebunan kelapa sawit di Bengkulu mencapai ratusan ribu hektar dan menunjukkan tren peningkatan setiap tahunnya. Perluasan area perkebunan sawit tersebut berdampak langsung pada meningkatnya produksi tandan buah segar (TBS) yang diolah di berbagai pabrik kelapa sawit (PKS) yang tersebar di Bengkulu Utara, Mukomuko, Seluma, dan beberapa kabupaten lainnya. Aktivitas pengolahan TBS tersebut menghasilkan produk utama berupa Crude Palm Oil (CPO) dan inti sawit, namun pada saat yang sama juga menghasilkan limbah padat dan cair dalam jumlah besar. Limbah padat tersebut meliputi tandan kosong kelapa sawit (TKKS), cangkang (shell), dan serabut (fiber), sedangkan limbah cair dikenal sebagai Palm Oil Mill Effluent (POME).

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)

Produksi limbah yang meningkat seiring dengan peningkatan kapasitas industri sawit menimbulkan tantangan besar apabila tidak dikelola dengan baik. Di beberapa wilayah, penumpukan limbah padat seperti TKKS masih banyak ditemukan di area sekitar pabrik karena belum adanya sistem pengolahan yang optimal. Selain menyebabkan pencemaran lingkungan, timbunan TKKS juga menimbulkan bau tidak sedap serta berpotensi mencemari air tanah akibat proses dekomposisi alami. Di sisi lain, limbah cair dari proses pengolahan minyak sawit dapat memicu pencemaran sungai dan merusak ekosistem jika tidak diolah secara memadai. Kondisi ini menunjukkan perlunya strategi pemanfaatan limbah sawit yang tidak hanya fokus pada penanganan dampak lingkungan, tetapi juga diarahkan pada peningkatan nilai ekonominya.

Melimpahnya jumlah limbah sawit di Bengkulu menunjukkan potensi besar untuk dimanfaatkan sebagai sumber energi biomassa. TKKS, cangkang, dan serabut diketahui memiliki nilai kalor yang tinggi sehingga dapat digunakan sebagai bahan bakar alternatif pada sistem pembangkitan listrik berbasis biomassa. Potensi ini sangat relevan dalam konteks kebutuhan energi listrik di Bengkulu, terutama karena beberapa wilayah masih mengalami keterbatasan pasokan listrik dan tingginya ketergantungan terhadap energi fosil. Dengan jumlah limbah yang tersedia secara kontinu sepanjang tahun, biomassa sawit memiliki prospek kuat sebagai sumber energi berkelanjutan dan dapat mengurangi ketergantungan pada batubara yang merupakan energi tidak terbarukan.

Oleh karena itu, pemanfaatan limbah kelapa sawit sebagai sumber biomassa bukan hanya menjawab persoalan lingkungan yang ditimbulkan oleh penumpukan limbah, tetapi juga memberikan keuntungan ekonomi melalui pemanfaatan energi alternatif yang lebih ramah lingkungan. Dengan dukungan teknologi konversi biomassa yang tepat dan kebijakan pemerintah daerah yang progresif, pengembangan pembangkit listrik tenaga biomassa berbasis limbah sawit di Bengkulu sangat berpotensi untuk direalisasikan dan dikembangkan secara berkelanjutan ke depan.

2. Karakteristik Energi TKKS sebagai Bahan Bakar Pembangkit

Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS) merupakan salah satu jenis limbah padat yang dihasilkan dalam jumlah besar dari proses pengolahan tandan buah segar pada pabrik kelapa sawit. Secara fisik, TKKS terdiri dari serat tanaman yang tersusun atas material selulosa, hemiselulosa, dan lignin yang berperan sebagai komponen penyimpan energi. Kandungan lignoselulosa pada TKKS memberikan karakter bahan bakar yang cukup baik untuk proses konversi energi karena dapat menghasilkan panas yang tinggi saat mengalami pembakaran maupun proses pirolisis. Di samping itu, komposisi kimia utama TKKS yang mengandung karbon (C), hidrogen (H), dan oksigen (O) menjadikannya sebagai sumber energi organik yang potensial untuk dimanfaatkan dalam pembangkit listrik berbasis biomassa.

Namun demikian, penggunaan TKKS sebagai bahan bakar dalam sistem pembangkitan energi tidak dapat diterapkan secara langsung tanpa proses pengolahan awal. Salah satu tantangan utama dalam pemanfaatan TKKS adalah kadar air yang sangat tinggi, yaitu mencapai 60–65%, yang menyebabkan nilai kalor efektifnya menjadi rendah apabila dibakar dalam kondisi basah. Tingginya kandungan air menyebabkan pembakaran berjalan tidak optimal, menghasilkan banyak asap, dan menurunkan efisiensi thermal pada sistem boiler. Oleh karena itu, sebelum digunakan sebagai bahan bakar, TKKS perlu melalui tahap pengeringan (drying) sehingga kadar air dapat diturunkan hingga 20% atau lebih rendah agar pembakaran menjadi lebih efektif dan efisiensi energi meningkat secara signifikan.

Selain kadar air yang tinggi, TKKS juga memiliki kandungan mineral seperti kalium (K) dan klorin (Cl) yang cukup besar. Kedua unsur tersebut berpotensi menimbulkan masalah teknis pada peralatan pembangkit listrik. Kandungan klorin memberikan efek korosif pada material logam dalam boiler dan pipa uap, khususnya pada area superheater yang memiliki temperatur tinggi. Sementara itu, keberadaan kalium dapat mempercepat pembentukan kerak (deposit fouling) di dalam ruang bakar sehingga mengganggu proses perpindahan panas dan menurunkan kinerja boiler dalam jangka panjang. Faktor ini memerlukan desain teknologi pembakaran yang tepat, serta perawatan rutin untuk mencegah penurunan performa sistem pembangkitan.

Meskipun terdapat kendala teknis yang harus diperhatikan, TKKS memiliki sejumlah keunggulan penting sebagai sumber energi. Nilai kalor TKKS yang telah melalui proses pengeringan dapat mencapai sekitar 3.500–4.200 kcal/kg, nilai ini cukup kompetitif jika dibandingkan dengan batubara kualitas rendah. Selain itu, proses konversi energi dari biomassa sawit menghasilkan emisi karbon yang lebih rendah dibandingkan bahan bakar fosil, karena karbon yang dilepaskan dalam pembakaran akan kembali diserap melalui proses fotosintesis tanaman kelapa sawit pada siklus pertumbuhan berikutnya. Dengan demikian, pemanfaatan TKKS mendukung prinsip netral karbon (carbon neutral) serta berkontribusi pada pengurangan emisi gas rumah kaca.

Tabel 1. Karakteristik Biomassa Limbah Kelapa Sawit Berdasarkan Studi Literatur

Jenis Biomassa	Kadar Air (%)	Nilai Kalor (kcal/kg)	Keterangan Energi
TKKS (kering)	20–25%	3.800–4.200	Perlu pengeringan untuk pembakaran optimal
Cangkang sawit	10–15%	4.200–4.500	Nilai kalor tinggi cocok sebagai co-firing
Serabut sawit	15–20%	4.000–4.300	Dapat dicampur dengan TKKS

Karakteristik TKKS yang memiliki potensi energi tinggi, tersedia berkelanjutan, dan ramah lingkungan menjadikannya sebagai alternatif bahan bakar yang sangat prospektif untuk sistem pembangkit listrik tenaga biomassa. Dengan penerapan teknologi pengeringan, pirolisis, maupun co-firing dengan batubara, TKKS dapat dimanfaatkan secara efisien untuk menyediakan pasokan listrik di wilayah yang memiliki industri sawit besar seperti Provinsi Bengkulu. Hal ini membuka peluang peningkatan kapasitas pembangkitan sekaligus memperkuat ketahanan energi daerah.

3. Teknologi Konversi Biomassa yang Relevan untuk Bengkulu

Teknologi konversi biomassa merupakan aspek penting dalam upaya pemanfaatan limbah kelapa sawit sebagai sumber energi listrik yang berkelanjutan. Pemilihan teknologi yang tepat tidak hanya menentukan tingkat efisiensi energi yang dihasilkan, tetapi juga

mempengaruhi kelayakan ekonomis dan dampak lingkungan dari sistem pembangkitan listrik berbasis biomassa. Dalam konteks pemanfaatan Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS), terdapat beberapa teknologi yang telah dikembangkan dan diterapkan di berbagai negara, yang dapat diadaptasi dan diimplementasikan pada wilayah dengan potensi biomassa besar seperti Provinsi Bengkulu.

Salah satu teknologi utama yang digunakan dalam pemanfaatan TKKS adalah pembakaran langsung (*direct combustion*) menggunakan sistem boiler dan turbin uap, serupa dengan mekanisme yang digunakan pada Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU). Pada sistem ini, TKKS yang telah melalui proses pengeringan dibakar untuk menghasilkan panas, yang selanjutnya digunakan untuk memanaskan air dalam boiler hingga menjadi uap bertekanan tinggi. Uap tersebut kemudian digunakan untuk menggerakkan turbin dan generator untuk menghasilkan energi listrik. Teknologi ini relatif sederhana dan telah banyak diterapkan dalam skala industri, sehingga menjadi pilihan paling realistis untuk implementasi awal pembangkit biomassa di daerah penghasil sawit seperti Bengkulu. Penggunaannya juga memungkinkan integrasi dengan PLTU eksisting melalui sistem *co-firing*, yaitu pencampuran batu bara dengan biomassa untuk mengurangi penggunaan energi fosil.

Selain pembakaran langsung, teknologi lain yang memiliki potensi besar adalah pirolisis, yaitu proses penguraian biomassa secara termal dalam kondisi minim oksigen untuk menghasilkan *bio-oil*, *bio-char*, dan *syngas*. *Bio-oil* dapat digunakan sebagai bahan bakar cair alternatif, sementara *syngas* dapat digunakan untuk menghasilkan listrik melalui mesin gas atau turbin gas. Teknologi pirolisis memberikan nilai tambah yang lebih besar karena menghasilkan beragam produk energi dan material yang dapat dimanfaatkan secara komersial. Produk *bio-char* yang dihasilkan dapat digunakan sebagai bahan bakar padat atau sebagai bahan penyubur tanah (*soil enhancer*), sehingga mendukung konsep ekonomi sirkular dan pengelolaan limbah yang berkelanjutan.

Keberadaan teknologi-teknologi tersebut membuka peluang besar bagi pengembangan pembangkit listrik biomassa di Provinsi Bengkulu. Dengan dukungan potensi limbah sawit yang melimpah, penguasaan teknologi konversi dan peningkatan infrastruktur energi lokal akan memberikan manfaat strategis baik dari sisi ekonomi, sosial, maupun lingkungan. Pengembangan pembangkit biomassa juga sejalan dengan agenda nasional dalam transisi energi dan pengurangan emisi karbon, serta mendukung kemandirian energi daerah dan peningkatan kesejahteraan masyarakat sekitar industri sawit.

4. Analisis Ekonomi dan Keberlanjutan

Pemanfaatan limbah kelapa sawit sebagai sumber energi biomassa tidak hanya menawarkan manfaat lingkungan, tetapi juga memberikan nilai ekonomis yang signifikan. Dari perspektif ekonomi, penggunaan Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS) dan limbah biomassa lainnya sebagai bahan bakar pembangkit listrik dapat mengurangi ketergantungan terhadap energi fosil seperti batubara dan solar, yang memiliki biaya operasional lebih tinggi dan rentan terhadap fluktuasi harga pasar internasional. TKKS tersedia secara melimpah dan berkelanjutan karena dihasilkan secara kontinu sepanjang tahun mengikuti proses produksi di pabrik kelapa sawit. Dengan demikian, ketersediaan biomassa sawit dapat menjadi solusi jangka panjang yang stabil dan ekonomis untuk pemenuhan kebutuhan energi listrik, khususnya di daerah penghasil sawit seperti Bengkulu.

Dari sisi biaya investasi dan operasional, pemanfaatan TKKS sebagai bahan bakar memiliki beberapa keunggulan dibanding penggunaan bahan bakar fosil. Penggunaan

biomassa dapat menekan biaya pembelian bahan bakar karena TKKS merupakan limbah industri yang pada umumnya tidak memiliki nilai jual tinggi dalam kondisi mentah. Biaya pengolahan awal seperti pengeringan dan pencacahan relatif lebih murah daripada biaya pengadaan batubara dalam jangka panjang, terutama jika pembangkit ditempatkan di lokasi dekat pabrik kelapa sawit. Selain itu, pemanfaatan TKKS membuka peluang ekonomi baru melalui penciptaan lapangan kerja pada sektor pengolahan limbah, transportasi bahan bakar biomassa, serta pemeliharaan infrastruktur pembangkit. Hal ini berpotensi meningkatkan kesejahteraan masyarakat lokal dan menggerakkan ekonomi daerah secara lebih inklusif.

Dilihat dari aspek keberlanjutan lingkungan, energi biomassa sawit mendukung prinsip pembangunan berkelanjutan (sustainable development) karena menghasilkan emisi karbon lebih rendah dibandingkan dengan pembakaran bahan bakar fosil. Emisi karbon yang dilepaskan dalam proses pembakaran biomassa dianggap nol bersih (carbon neutral) karena karbon tersebut akan kembali diserap oleh tanaman sawit pada siklus fotosintesis berikutnya. Selain itu, pengolahan limbah biomassa secara terintegrasi dapat mengurangi masalah pencemaran lingkungan yang disebabkan oleh penumpukan limbah padat dan cair di sekitar pabrik sawit. Dengan demikian, pemanfaatan TKKS sebagai bahan bakar pembangkit tidak hanya menyediakan energi bersih tetapi juga menjadi solusi pengelolaan limbah yang lebih ramah lingkungan.

Di tingkat makro, pemanfaatan energi biomassa berbasis limbah kelapa sawit sejalan dengan target nasional untuk meningkatkan porsi energi terbarukan dalam bauran energi nasional. Pemerintah Indonesia melalui Kebijakan Energi Nasional menargetkan kontribusi energi baru terbarukan sebesar 23% pada tahun 2025 dan meningkat hingga 31% pada tahun 2050. Pengembangan pembangkit listrik biomassa di Bengkulu akan berkontribusi pada pencapaian target tersebut serta memperkuat ketahanan energi nasional. Selain itu, penerapan energi biomassa dapat meningkatkan daya tarik investasi energi hijau dan memperluas peluang kerja sama dengan sektor swasta maupun internasional.

Berdasarkan analisis tersebut, pemanfaatan biomassa limbah sawit sebagai pembangkit listrik tidak hanya memberikan keuntungan ekonomi tetapi juga mendukung keberlanjutan lingkungan dan kebijakan energi nasional. Oleh karena itu, pengembangan teknologi pembangkitan biomassa berbasis limbah kelapa sawit menjadi langkah strategis untuk meningkatkan ketahanan energi daerah sekaligus mendukung pembangunan ekonomi dan lingkungan yang berkelanjutan di Provinsi Bengkulu.

5. Tantangan Implementasi di Bengkulu

Meskipun potensi biomassa limbah kelapa sawit sebagai sumber energi alternatif di Provinsi Bengkulu sangat besar, penerapan pembangkit listrik tenaga biomassa masih menghadapi berbagai tantangan yang perlu diatasi secara strategis. Tantangan tersebut mencakup aspek teknis, ekonomi, regulasi, infrastruktur, serta kesiapan sumber daya manusia. Tanpa penanganan yang terencana dan sistematis, pemanfaatan energi biomassa berbasis limbah sawit sulit mencapai efisiensi yang optimal dan keberlanjutan jangka panjang.

Dari sisi teknis, pemanfaatan Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS) sebagai bahan bakar pembangkit listrik membutuhkan teknologi pengolahan yang memadai. Kandungan air yang tinggi dan kehadiran unsur kimia seperti kalium (K) dan klorin (Cl) pada TKKS memerlukan sistem pembakaran dan desain boiler yang lebih canggih dibandingkan pembangkit konvensional berbasis batubara. Keterbatasan teknologi pengeringan dan penanganan material biomassa dapat menyebabkan proses pembakaran tidak stabil dan menurunkan efisiensi energi. Selain itu, risiko korosi dan pembentukan kerak pada

peralatan pembangkit menuntut penggunaan material tahan panas dan tahan korosi, yang dapat meningkatkan biaya investasi dan perawatan. Hal ini menjadi salah satu tantangan utama dalam implementasi pembangkit biomassa berskala industri.

Selain tantangan teknis, aspek ekonomi dan investasi juga menjadi faktor penghambat. Pembangunan pembangkit listrik biomassa membutuhkan biaya modal awal yang cukup besar untuk pengadaan mesin, sistem boiler, turbin, serta fasilitas pengolahan limbah. Meskipun biaya operasional dapat ditekan melalui pemanfaatan bahan bakar yang murah dan tersedia melimpah, hambatan finansial pada tahap awal sering menjadi kendala khususnya bagi daerah yang belum memiliki dukungan investasi yang kuat. Keterbatasan akses pembiayaan dan minimnya insentif ekonomi dari pemerintah dapat memperlambat realisasi proyek biomassa, terutama pada skala menengah dan besar.

Tantangan berikutnya adalah keterbatasan infrastruktur pendukung, terutama jaringan distribusi listrik dan fasilitas transportasi bahan baku biomassa. Beberapa wilayah penghasil sawit di Bengkulu masih memiliki akses jalan yang terbatas dan jarak antara pabrik kelapa sawit dengan lokasi potensial pembangkit listrik cukup jauh. Kondisi ini dapat meningkatkan biaya logistik dan memperbesar risiko kehilangan energi akibat transportasi bahan baku. Selain itu, pemanfaatan biomassa membutuhkan perencanaan pasokan jangka panjang yang terintegrasi dengan rantai produksi industri sawit agar kontinuitas suplai TKKS dapat terjamin.

Dari perspektif kebijakan dan regulasi, dukungan pemerintah dalam bentuk kebijakan energi terbarukan, subsidi teknologi, maupun insentif pajak masih perlu diperkuat. Belum adanya standar harga jual listrik khusus untuk pembangkit biomassa, serta prosedur perizinan yang dinilai rumit, turut memperlambat proses pengembangan proyek pembangkit listrik biomassa. Koordinasi yang lebih kuat antara pemerintah daerah, pelaku industri, dan investor diperlukan untuk menciptakan iklim yang kondusif bagi pengembangan energi alternatif.

Aspek sosial dan sumber daya manusia juga menjadi catatan penting dalam implementasi pembangkit biomassa di Bengkulu. Keterbatasan tenaga ahli dan operator yang berpengalaman dalam teknologi konversi biomassa dapat menghambat pengoperasian pembangkit secara efisien. Selain itu, penerimaan masyarakat setempat terhadap teknologi baru perlu diperhatikan melalui program edukasi dan pelibatan komunitas dalam rantai pengelolaan biomassa agar pemanfaatan limbah sawit dapat mendukung pembangunan daerah secara inklusif.

Dengan adanya tantangan-tantangan tersebut, pengembangan energi biomassa di Bengkulu memerlukan pendekatan terintegrasi yang mencakup peningkatan teknologi, dukungan investasi, penguatan kebijakan pemerintah, serta pembangunan infrastruktur dan kapasitas sumber daya manusia. Solusi komprehensif yang terstruktur akan membuat pemanfaatan limbah sawit sebagai sumber energi listrik berkelanjutan dapat diwujudkan secara efektif dan memberikan manfaat maksimal bagi masyarakat dan pemerintah daerah.

6. Peluang Strategis dan Dampak Lingkungan Positif

Pemanfaatan biomassa limbah kelapa sawit sebagai sumber energi alternatif di Provinsi Bengkulu tidak hanya berfungsi sebagai solusi teknis dan ekonomi, tetapi juga membuka peluang strategis yang luas dan memberikan dampak lingkungan yang signifikan. Dengan ketersediaan limbah sawit yang melimpah dan kebutuhan energi listrik yang terus meningkat, pengembangan pembangkit listrik tenaga biomassa menawarkan berbagai peluang untuk memperkuat ketahanan energi regional serta mendorong pembangunan berkelanjutan yang berbasis pada pemanfaatan sumber daya lokal.

Secara strategis, pengembangan pembangkit listrik tenaga biomassa (PLTBm) berbasis limbah sawit dapat meningkatkan kemandirian energi daerah dengan memanfaatkan sumber daya yang tersedia secara lokal. Hal ini mengurangi ketergantungan terhadap bahan bakar fosil yang harus diimpor dari luar wilayah, sehingga menurunkan biaya pengadaan energi dan memperkuat stabilitas pasokan listrik. Selain itu, penerapan energi biomassa dapat menciptakan peluang investasi baru dalam sektor energi hijau, membuka lapangan pekerjaan, serta meningkatkan kegiatan ekonomi masyarakat di sekitar sentra industri sawit. Dampak positif ini berpotensi memperkuat ketahanan ekonomi daerah dan memberikan kontribusi signifikan terhadap peningkatan kesejahteraan masyarakat lokal.

Dari sisi lingkungan, pemanfaatan limbah sawit dalam sistem pembangkit listrik memberikan kontribusi penting dalam mengurangi pencemaran akibat penumpukan limbah padat dan cair dari pabrik kelapa sawit. TKKS dan limbah biomassa lainnya yang sebelumnya hanya ditumpuk atau dibuang, kini dapat dimanfaatkan sebagai bahan bakar bernilai guna tinggi. Pemanfaatan ini mampu mengurangi risiko pencemaran tanah dan air, serta mengatasi masalah bau tidak sedap yang sering terjadi akibat proses pembusukan alami limbah. Selain itu, pemanfaatan biomassa sawit sebagai pengganti batubara dalam pembangkit listrik dapat menurunkan emisi gas rumah kaca dan mendukung upaya mitigasi perubahan iklim melalui pengurangan emisi karbon dan peningkatan efisiensi energi. Hal tersebut sejalan dengan target nasional dan global dalam mengurangi dampak lingkungan dan mewujudkan sistem energi yang lebih bersih dan ramah lingkungan.

Peluang strategis lainnya terletak pada kemampuan biomassa sawit untuk mendukung penerapan konsep ekonomi sirkular (circular economy), yaitu sistem produksi yang mengedepankan pemanfaatan kembali bahan dan meminimalkan limbah. Dengan memanfaatkan TKKS sebagai bahan bakar atau diolah menjadi produk energi turunan seperti bio-oil, bio-briket, dan bio-char, nilai tambah biomassa semakin meningkat dan menciptakan rantai industri yang lebih efisien dan berkelanjutan. Hal ini juga mendukung penciptaan inovasi teknologi lokal dan meningkatkan daya saing sektor energi terbarukan di tingkat nasional maupun internasional.

Selain itu, implementasi pembangkit listrik biomassa dapat memberikan dampak positif terhadap citra industri sawit di Indonesia, khususnya di Bengkulu yang selama ini sering dikaitkan dengan isu-isu lingkungan. Dengan menunjukkan komitmen dalam pengelolaan limbah yang ramah lingkungan dan pemanfaatan energi terbarukan, sektor perkebunan sawit dapat meningkatkan kepercayaan publik, memperkuat posisi dalam pasar global, dan membuka peluang untuk memperoleh sertifikasi keberlanjutan seperti RSPO (Roundtable on Sustainable Palm Oil) dan ISPO (Indonesian Sustainable Palm Oil).

Secara keseluruhan, pemanfaatan biomassa limbah kelapa sawit sebagai sumber energi listrik berkelanjutan merupakan peluang strategis yang mampu memberikan manfaat ekonomi, sosial, dan lingkungan sekaligus. Dengan dukungan kebijakan pemerintah, pengembangan teknologi, serta kolaborasi antara industri, akademisi, dan masyarakat, Bengkulu memiliki potensi besar untuk menjadi daerah percontohan dalam pemanfaatan energi terbarukan berbasis biomassa di Indonesia.

KESIMPULAN

Limbah kelapa sawit, terutama tandan kosong kelapa sawit (TKKS), menyimpan potensi besar sebagai sumber energi biomassa untuk produksi listrik yang berkelanjutan di Provinsi Bengkulu, sejalan dengan banyaknya limbah yang dihasilkan dari sektor perkebunan kelapa sawit. Setelah melewati proses pengeringan, TKKS memiliki

kandungan energi panas yang memadai, sehingga sangat memungkinkan untuk digunakan sebagai bahan bakar alternatif yang menggantikan energi fosil. Penggunaan biomassa kelapa sawit tidak hanya penting dalam mengatasi masalah lingkungan yang disebabkan oleh penumpukan limbah, tetapi juga berkontribusi pada penurunan emisi karbon, meningkatkan kemandirian energi regional, serta merealisasikan target energi terbarukan secara nasional. Walaupun ada kendala dalam hal teknis, ekonomi, dan infrastruktur, penerapan teknologi konversi biomassa yang sesuai serta dukungan regulasi dari pemerintah membuat pengembangan pembangkit listrik biomassa yang memanfaatkan limbah kelapa sawit di Bengkulu menjadi kesempatan strategis yang berkelanjutan dari segi ekonomi, sosial, dan lingkungan.

DAFTAR PUSTAKA

- Dinata, T. A., Junaidi, & Kurniawan, Ei. (2019). Studi Peimanfaatan Biomassa Limbah Padat Pabrik Keilapa Sawit (PKS) Untuk Peimbangkit Eineirgi Listrik. *Jurnal Fakultas Teiknik*, 1–8.
- Feibriani, A. V., Hanum, F. F., & Rahayu, A. (2025). Reiview : Analisis Poteinsi dan Tantangan Biomassa Seibagai Bahan Bakar pada PLTU dan PLTBm. April 2024, 1–11.
- Feini, R., & Marwan, Ei. (2023). Peirkeimbangan Luas Aerial dan Produksi Sawit seirta Peingaruhnya Teirhadap PDRB Sub Seiktor Peirkeibunan Propinsi Beingkulu Land And Production Eixpansion of Palm And It's Eiffeict Towards Plantation PDRB Sub Seiktor In Beingkulu. *Jurnal Sosial Eikonomi Peirtanian*, 19(2), 139–152. <https://journal.unhas.ac.id/indeix.php/jseip>
- Fitri, N. C., & Hamdi, H. (2024). Systeimatic Liteiraturei Reiview: Biogas Seibagai Sumbeir Eineirgi Teirbarukan. *Jurnal Eineirgi Baru Dan Teirbarukan*, 5(1), 57–69.
- Islam, U., & Jeipara, N. U. (2014). SMALL REiNEiWABLEi EiNEiRGY BIOMASSA LIMBAH SAWIT SUMBEiR LISTRIK ALTEiRNATIF KAJIAN DI PT PEiRKEiBUNAN NUSANTARA V PROVINSI RIAU SAFRIZAL Fakultas Sains dan Teiknologi. *Jurnal DISPROTEiK*, 5(2), 61–68.
- Prastika, A., & Muzakhar, S. S. A. (2023). Analisis Peimanfaatan Limbah Biomassa seibagai Basis Peingeimbangan Eineirgi Teirbarukan di Kabupatein Jeimbeir. *J-Proteiksion: Jurnal Kajian Ilmiah Dan Teiknologi Teiknik Meisin*, 8(1), 19–29. <https://doi.org/10.32528/jp.v8i1.472>
- Putra, A. D., Yusuf, I., & Gani, U. A. (2016). Studi Poteinsi Limbah Biomassa Keilapa Sawit Seibagai Peimbangkit Listrik Teinaga Uap (Pltu) Di Pt. Peirkeibunan Nusantara Xiii Pks Parindu. *Univeirsitas Tanjungpura Pontianak*, 4(2), 1–8.
- Simanjuntak, Y. M., Danial, D. ., Taufiqurrahman, M. ., & Kurniawan, Ei. . (2016). Analisis Poteinsi Biomassa Limbah Pabrik Keilapa Sawit (PKS) Untuk Peimbangkitan Eineirgi Listrik Di Kabupatein Landak Provinsi KalimantanBarat. *Eilkha*, 8(2), 18–22. <https://doi.org/10.26418/eilkha.v8i2.18728>
- Sri Wahyuni, Aldri Frinaldi, Dasman Lanin, & Reimbrandt Reimbrandt. (2024). Kajian Poteinsi Peimbangkit Listrik Teinaga Biomassa Sawit. *Jurnal Sains Dan Ilmu Teirapan*, 7(2), 53–66. <https://doi.org/10.59061/jsit.v7i2.852>
- Sulasminingsih, S., Hafiz, F., Sari, K., & Yuninda, S. (2023). Peingguaan Biomassa Seibagai Eineirgi Alteirnatif Peimbangkit Listrik. *Journal of Optimization Systeim and Eirgonomy Impleimeintation* (JOSEiON, 01(01), 4. <http://dx.doi.org/10.30988/xxxx.xxxx.xxxxhttps://ejournal.upnvj.ac.id/joseion>
- Uap, T., Di, P., Peirkeibunan, P. T., Xiii, N., & Parindu, P. K. S. (2016). Abstrak.
- Utama, S. P., & Barchia, M. F. (2014). SEiTYAWAN eit al. – Running titlei is about fivei words. 1–8.