

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia merupakan produsen kelapa sawit terbesar di dunia dengan total luas perkebunan mencapai 16,38 juta hektar pada tahun 2023 (Direktorat Jenderal Perkebunan, 2023). Sumatera Utara sebagai salah satu sentra produksi kelapa sawit nasional memiliki luas areal perkebunan sawit mencapai 1,6 juta hektar dengan produksi CPO sekitar 5,6 juta ton per tahun (BPS Sumut, 2023). Peningkatan produksi kelapa sawit, jumlah limbah biomassa yang dihasilkan juga sangat besar. Salah satu limbah biomassa yang belum dimanfaatkan secara optimal adalah pelepah kelapa sawit.

Pada sistem budidaya kelapa sawit, pemangkasan pelepah pada sistem budidaya kelapa sawit dilakukan secara rutin untuk mempermudah pemeliharaan dan panen tandan buah segar (TBS), dengan pelepah menjadi salah satu sumber biomassa utama. Penelitian menunjukkan potensi produksi pelepah kering mencapai 6,3–9,3 ton/ha/tahun, tergantung umur tanaman dan praktik pemangkasan, di mana total biomassa kering dari berbagai komponen tanaman bisa mencapai 16 ton/ha/tahun (Nabila *et al.*, 2023; Lubis *et al.*, 2025).

Pelepah kelapa sawit umumnya hanya dibuang, dibakar, atau ditumpuk di area perkebunan sebagai mulsa, yang tidak hanya merugikan secara ekonomis tetapi juga berpotensi menimbulkan dampak lingkungan negatif seperti polusi udara dan pemborosan sumber daya (Yanti *et al.*, 2018). Pada umumnya pelepah sawit segar dimanfaatkan masyarakat sebagai pakan ternak dengan cara dicacah terlebih dahulu. Jumlah pelepah yang jauh lebih banyak dari kebutuhan pakan, sisa pelepah tersebut dibiarkan di kebun hingga mengering. Kondisi ini menunjukkan terdapat ketersediaan bahan baku yang melimpah namun belum optimal pemanfaatannya.

Pelepah kelapa sawit memiliki potensi besar untuk dikembangkan menjadi bahan bakar padat dalam bentuk chip dan pelet biomassa melalui teknologi pengolahan yang tepat. Teknologi ini memungkinkan transformasi pelepah sawit menjadi bahan bakar terbarukan berkualitas tinggi yang dapat dimanfaatkan di berbagai sektor, termasuk pembangkit listrik, industri berat, kebutuhan rumah

tangga untuk pemanasan dan memasak (Komaruddin *et al.*, 2020). Berdasarkan Rencana Umum Energi Daerah (RUED) Provinsi Sumatera Utara, pemanfaatan energi baru dan terbarukan terus ditingkatkan untuk mencapai target bauran energi nasional. Biomassa menjadi salah satu sumber energi yang diprioritaskan karena ketersediaan limbah perkebunan yang melimpah, terutama dari industri kelapa sawit. Kondisi tersebut membuka peluang pemanfaatan pelet biomassa sebagai bahan bakar boiler industri maupun pembangkit listrik biomassa di Sumatera Utara. Selain memenuhi kebutuhan domestik, pelet biomassa memiliki peluang ekspor yang cukup besar terutama ke Jepang dan Korea Selatan yang menerapkan kebijakan dekarbonisasi sektor energi. Kedua negara tersebut merupakan importir utama pelet biomassa dari kawasan Asia Tenggara sehingga produksi pelet pelepah sawit berpotensi menjadi komoditas ekspor apabila memenuhi spesifikasi mutu internasional.

Pelet biomassa merupakan salah satu bentuk energi terbarukan yang semakin diminati sebagai pengganti bahan bakar fosil. Permintaan pelet biomassa dunia diproyeksikan mencapai 51 juta ton pada tahun 2025 (*Wood Pelet Association of Canada*, 2022). Permintaan biomassa padat dalam bentuk chip maupun pelet berasal dari berbagai sektor pengguna energi panas, seperti industri semen, industri pulp dan kertas, industri makanan dan minuman, pembangkit listrik tenaga biomassa (PLTBm), serta industri yang menerapkan cofiring biomassa pada boiler berbahan bakar batu bara. Selain pasar domestik, permintaan ekspor terutama berasal dari Jepang, Korea Selatan, dan negara-negara Uni Eropa yang menerapkan kebijakan dekarbonisasi sektor energi melalui pemanfaatan biomassa berkelanjutan. Oleh karena itu penelitian ini disusun dari perspektif produsen biomassa yang akan menginvestasikan fasilitas produksi chip maupun pelet sehingga analisis difokuskan pada aspek kelayakan teknis dan ekonomi usaha.

Chip biomassa merupakan alternatif lain yang lebih sederhana dalam proses produksinya. Untuk menjadi chip, pelepah sawit kering alami hanya diproses dengan dicacah, sehingga penyusutan yang terjadi sangat kecil dengan rendemen sekitar 90-95%. Produksi pelet dari pelepah sawit kering alami menghasilkan rendemen sebesar 66-73% karena hilangnya fraksi halus selama proses penggilingan serta reduksi kadar air dan penyusutan volume akibat densifikasi.

Perbedaan rendemen ini memiliki implikasi terhadap efisiensi produksi dan kelayakan ekonomi dari kedua jenis produk biomasa tersebut (IEA, *Bioenergy*, 2021).

Produksi pelet biomassa dari pelepah kelapa sawit pada praktiknya dapat dilakukan oleh beberapa jenis pelaku usaha, antara lain perusahaan perkebunan kelapa sawit, koperasi atau badan usaha milik desa di sekitar perkebunan, maupun perusahaan penyedia energi yang memasok bahan bakar biomassa bagi sektor industri. Model bisnis tersebut berkembang karena sumber bahan baku biomassa umumnya berada di sekitar kawasan perkebunan sehingga biaya pengumpulan dan transportasi dapat ditekan. Dalam penelitian ini analisis teknis dan ekonomi dilakukan dengan asumsi bahwa fasilitas produksi dikelola oleh produsen biomassa independen yang memperoleh pasokan pelepah sawit dari perkebunan di Kabupaten Asahan melalui skema kerja sama penyediaan bahan baku.

Dalam konteks kelayakan teknis dan ekonomi, penting untuk mengevaluasi potensi pengembangan usaha produksi chip dan Pelet dari limbah pelepah kelapa sawit. Analisis kelayakan ini mencakup aspek karakteristik bahan bakar dan biaya produksi. Penelitian menunjukkan bahwa karakteristik proksimat dan ultimat biomassa sangat mempengaruhi kualitas pembakaran dan nilai ekonomisnya (Kamga *et al.*, 2024). Parameter seperti karbon tetap, volatile matter, kadar abu, nilai kalor, serta kandungan unsur alkali menjadi faktor penentu dalam aplikasi biomassa sebagai bahan bakar industry.

Dari sudut pandang ekonomi, investasi awal dan struktur biaya operasional menjadi faktor krusial dalam menentukan kelayakan usaha. Pantaleo *et al.* (2020) menyatakan bahwa biaya investasi dan harga pasar merupakan faktor dominan dalam menentukan kelayakan ekonomi produksi pelet biomassa. Studi tersebut menunjukkan bahwa probabilitas proyek sangat sensitif terhadap perubahan harga jual energi dan struktur biaya input, bahkan pada skala produksi yang relatif besar. Oleh karena itu, perbandingan kelayakan ekonomi antara produksi chip dan pelet menjadi penting untuk menentukan strategi pengembangan industri biomassa yang paling feasible.

Pengembangan industri biomassa dari pelepah sawit di Sumatera Utara memiliki prospek yang sangat menjanjikan. Ketersediaan bahan baku yang

melimpah dan berkelanjutan dari luas perkebunan mencapai 1,357 juta hektar menjadi modal utama pengembangan industri ini, Potensi pelepah sawit mencapai sekitar 27,6 juta ton segar per tahun (estimasi berdasarkan data dari BPS Tahun 2025), atau 7,2 juta ton bahan kering (setara ~2-2,5% dari total biomassa sawit nasional yang >300 juta ton/tahun). Setiap pohon kelapa sawit menghasilkan sekitar 18–22 pelepah per tahun, tergantung umur tanaman, praktik pemeliharaan, dan kondisi budidaya. Pelepah tersebut dihasilkan secara rutin melalui kegiatan pemangkasan sehingga tersedia secara berkelanjutan sebagai sumber biomassa potensial. Ditunjang dengan lokasi strategis Sumatera Utara yang memiliki akses ke pelabuhan internasional dan infrastruktur yang memadai, pengembangan industri biomassa dapat memberikan nilai tambah ekonomi bagi daerah. Hal ini sejalan dengan penelitian Suzuki *et al.* (2021) yang menyatakan bahwa lokasi strategis dan infrastruktur yang baik merupakan faktor kunci dalam pengembangan industri biomassa.

Biomassa pelepah kelapa sawit dapat diolah menjadi berbagai bentuk bahan bakar padat, di antaranya chip dan pelet. Pelet biomassa umumnya memiliki keunggulan dalam hal densitas energi dan efisiensi transportasi, sedangkan chip biomassa memiliki proses produksi yang lebih sederhana dan kebutuhan investasi yang lebih rendah. Perbedaan karakteristik tersebut menunjukkan bahwa keunggulan teknis suatu produk belum tentu sejalan dengan kelayakan ekonominya. Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan untuk membandingkan secara objektif karakteristik bahan bakar dan kelayakan ekonomi biomassa pelepah kelapa sawit dalam bentuk chip dan pelet guna menentukan alternatif pemanfaatan yang paling sesuai ditinjau dari aspek teknis maupun ekonomi.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, terdapat beberapa permasalahan yang perlu dikaji dalam pemanfaatan limbah pelepah kelapa sawit sebagai bahan baku Pelet di Sumatera Utara:

1. Bagaimana potensi pasokan bahan baku limbah pelepah sawit untuk produksi chip dan pelet biomassa di Sumatera Utara ?

2. Bagaimana karakteristik bahan bakar chip dan pelet limbah pelepah sawit yang meliputi analisis proksimat, analisis ultimat, nilai kalor, serta kandungan unsur alkali dan mineral ?
3. Bagaimana kelayakan ekonomi produksi chip dan pelet biomassa dari limbah pelepah kelapa sawit ?

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah, peneliti mengarahkan tujuan sebagai berikut:

1. Menganalisis potensi pasokan bahan baku limbah pelepah sawit untuk produksi chip dan pelet biomassa di Sumatera Utara.
2. Menganalisis dan membandingkan karakteristik bahan bakar chip dan pelet limbah pelepah sawit.
3. Menganalisis dan membandingkan kelayakan ekonomi produksi chip dan pelet biomassa dari limbah pelepah kelapa sawit.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian dari analisis potensi pemanfaatan limbah pelepah kelapa sawit sebagai bahan baku Pelet, antara lain:

1. Penelitian ini dapat memperkaya literatur ilmiah terkait pemanfaatan limbah biomassa, khususnya limbah pelepah kelapa sawit, sebagai sumber energi alternatif.
2. Penelitian ini penting untuk menemukan kondisi yang paling baik untuk memproduksi biomasa dari pelepah kelapa sawit.
3. Hasil penelitian dapat menjadi dasar dalam perumusan kebijakan pemerintah terkait pengelolaan limbah kelapa sawit dan pengembangan energi terbarukan.

1.5 Batasan Penelitian

1. Objek penelitian dibatasi pada limbah pelepah kelapa sawit di Provinsi Sumatera Utara, Kabupaten Asahan yang tersedia di perkebunan seluas 1.357 ha sebagai bahan baku bioenergi padat.
2. Pemanfaatan limbah pelepah kelapa sawit yang dianalisis yaitu membandingkan potensi produksi bahan bakar biomassa berupa chip

biomassa dan pelet biomassa. Pemanfaatan untuk produk bioenergi lain seperti bioetanol, biogas, biochar, maupun bio-oil tidak dikaji.

3. Analisis teknis dan ekonomi dilakukan berdasarkan asumsi operasional konservatif dengan sumber data yang diperoleh dari hasil studi literatur penelitian terdahulu dan atau sumber lain yang relevan.
4. Standar mutu pelet biomassa dievaluasi dengan mengacu pada SNI pelet kayu SNI 8675-2018 untuk Industri.
5. Rendemen produksi chip dan pelet yang digunakan dalam analisis teknis dan ekonomi ditetapkan berdasarkan hasil observasi awal dan divalidasi dengan data literatur.
6. Indikator kelayakan ekonomi yang di gunakan dalam penelitian ini yaitu Payback period (PBP), NPV (diskonto 10 %), IRR, Harga pokok produksi (HPP), Break event point (BEP), Persentase pada BEP (%), dan Kapasitas BEP.

1.6 Orisinalitas Penelitian

Penelitian terdahulu telah memberikan kontribusi penting dalam pengembangan biomassa kelapa sawit, namun terdapat celah signifikan yang diisi oleh penelitian ini. Onochie *et al.* (2017) menganalisis proksimat/ulimat pelet residu sawit seperti cangkang dan serat di luar Indonesia, tanpa mengeksplorasi pelepah lokal atau perbandingan chip versus pelet. Pantaleo *et al.* (2020) mengevaluasi kelayakan ekonomi pelet kayu di Italia, yang tidak relevan dengan konteks pelepah sawit Indonesia dan data pasokan regional Sumatera Utara. Widiputri *et al.* (2021) membahas pretreatment limbah sawit non-pelepah tanpa analisis ekonomi atau perbandingan chip/pelet, sementara Yanti (2023) menyoroti potensi limbah sawit untuk bio-oil dan briket tanpa spesifikasi pelepah atau evaluasi komprehensif chip vs pelet. Terakhir, Sitorus *et al.* (2025) mengoptimalkan biopelet pelepah dicampur serbuk kayu di Sumatera, tetapi tidak menggunakan pelepah 100% murni, tidak membandingkan chip, dan mengabaikan kelayakan ekonomi menyeluruh.

Penelitian ini orisinal karena pertama kali mengintegrasikan analisis holistik: potensi pasokan pelepah lokal Sumatera Utara, karakteristik lengkap (proksimat,

ultimat, abu, nilai kalor berstandar SNI), perbandingan empiris chip versus pelet pelepah murni, serta evaluasi ekonomi komprehensif (NPV, IRR, BCR) untuk rekomendasi investasi praktis. Kontribusi ini mengisi kekosongan studi parsial sebelumnya, menyediakan dasar data-driven bagi pengembangan industri biomassa berkelanjutan di wilayah sentra sawit Indonesia. Tabel 1.1 menunjukkan referensi riset sebelumnya.

Tabel 1. 1 Referensi riset sebelumnya

No	Peneliti, Judul Penelitian (Tahun)	Hasil Penelitian	Gap Penelitian
1	Onochie, Obanor, S. A. Aliu and Ighodaro (2017) <i>Proximate And Ultimate Analysis Of Fuel Pelets From Oil Palm Residues</i>	Studi ini meneliti karakteristik bahan bakar dari pelet yang dibuat dari residu kelapa sawit, termasuk cangkang inti sawit, serat sawit, dan tandan kosong kelapa sawit. Penelitian ini menggunakan standar ASTM untuk analisis proksimat dan ultimat guna menilai kelayakan bahan bakar ini untuk pembakaran dalam boiler pembangkit listrik.	Penelitian hanya berfokus pada karakteristik bahan bakar pelet dan tidak membandingkan bentuk biomassa lain seperti chip serta tidak melakukan analisis kelayakan ekonomi.
2	Pantaleo, Villarini, Colantoni, Carlini, Santoro, Rajabi (2020) <i>Hamedani Techno-Economic Modeling of Biomass Pelet Routes: Feasibility in Italy</i>	Penelitian menunjukkan bahwa biaya investasi dan harga pasar merupakan faktor dominan dalam menentukan kelayakan ekonomi produksi pelet biomassa. Profitabilitas sangat sensitif terhadap perubahan harga jual energi dan struktur biaya input.	Penelitian berfokus pada aspek ekonomi pelet biomassa di Italia dan tidak menggunakan limbah pelepah kelapa sawit sebagai bahan baku serta tidak membandingkan alternatif chip biomassa.
3	Widiputri, Ayuyasmin, Legowo (2021) <i>BioPelet Production from the Wastes of Palm Oil Plantation and Processing Plant Through Various Pretreatment Processes A Review</i>	Penelitian ini mengevaluasi berbagai metode pretreatment dalam produksi bahan bakar dari limbah kelapa sawit Tandan Kosong Kelapa Sawit, Batang Kelapa Sawit dan Serat Mesokarp.	Penelitian hanya mengulas proses pretreatment dan belum mengkaji karakteristik bahan bakar maupun kelayakan ekonomi produksi chip dan pelet biomassa.

No	Peneliti, Judul Penelitian (Tahun)	Hasil Penelitian	Gap Penelitian
4	Yanti (2023) <i>Pemanfaatan Limbah Perkebunan Kelapa Sawit Sebagai Sumber Energi Terbarukan.</i>	Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa limbah kelapa sawit memiliki potensi besar sebagai sumber energi terbarukan, yang dapat membantu mengurangi ketergantungan pada bahan bakar fosil.	Penelitian masih bersifat umum dan belum mengkaji secara spesifik pemanfaatan pelepah kelapa sawit dalam bentuk chip dan pelet serta belum melakukan analisis kelayakan usaha.
5	Sitorus, Purba, Zulhamidi (2025) Pengembangan Karakteristik Proses Pembuatan Biopelet dengan Pemanfaatan Limbah Pelepah Kelapa Sawit sebagai Sumber Bioenergi.	Menggunakan Design Expert untuk optimasi proses dengan penambahan serbuk kayu, ukuran partikel 40 mesh, dan pengovenan 120°C. Bahan bakar memenuhi SNI 8021:2014 dan SNI 8951:2020, dengan nilai desirability 0,953, menunjukkan potensi tinggi sebagai bioenergi di Sumatera	Penelitian berfokus pada optimasi proses pembuatan biopelet dan belum membandingkan performa chip dan pelet dari aspek karakteristik bahan bakar maupun kelayakan ekonomi usaha.