

## **BAB 1. PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Industri energi di Indonesia menghadapi tantangan besar dalam memenuhi kebutuhan bahan bakar yang berkelanjutan, terutama untuk mesin boiler yang digunakan dalam proses produksi berbagai sektor seperti pertanian, pengolahan minyak dan manufaktur (Gusri et al., 2025). Fenomena umum menunjukkan bahwa ketergantungan pada bahan bakar fosil seperti minyak dan gas bumi telah menyebabkan peningkatan emisi karbon dan kerusakan lingkungan, sehingga mendorong pencarian alternatif dari biomassa terbarukan.

Sektor perkebunan kelapa sawit dan industri gula menghasilkan limbah biomassa dalam jumlah besar yang berpotensi dimanfaatkan sebagai bahan bakar alternatif, khususnya untuk operasional mesin boiler di pabrik-pabrik pengolahan. Indonesia merupakan produsen kelapa sawit terbesar di dunia dengan produksi CPO mencapai 5,113 juta ton dan PKO 493 ribu ton. Produksi CPO ini naik 6% dibandingkan produksi Juni 2025 sebesar 4,823 juta ton. Secara tahunan hingga Juli 2025, gabungan produksi CPO dan PKO mencapai 33,495 juta ton atau lebih tinggi 11,11% dibandingkan periode tahun 2024 sebesar 30,146 juta ton (GAPKI, 2025). Menurut (Badan Pusat Statistik, 2022) menunjukkan produksi tebu Indonesia mencapai 2,4 juta ton pada tahun 2022, menghasilkan ampas tebu sekitar 30-40% dari total biomassa tersebut, yang sebagian besar dibuang atau digunakan terbatas. Sementara itu, industri gula menghasilkan limbah ampas tebu sebanyak 756.582 ton per tahun.

Berdasarkan penelitian Awah et al., ( 2023), terdapat empat jenis limbah utama yang dihasilkan dari proses produksi minyak kelapa sawit yang menyumbangkan hingga 80% dari total proses tersebut. Apabila tidak dikelola secara optimal, limbah padat ini dapat mengakibatkan penumpukan di lokasi pabrik, mengganggu estetika, serta risiko kontaminasi lingkungan. Pabrik kelapa sawit memerlukan energi besar untuk operasionalnya, terutama untuk proses *sterilisasi*, *pressing*, dan *klarifikasi* yang menggunakan uap bertekanan tinggi dari boiler.

Dalam kegiatan produksi di PT. XYZ, sistem boiler dioperasikan dengan memanfaatkan biomassa berupa kayu dan limbah padat kelapa sawit, mencakup fiber (serabut), TKKS dan kernel (biji), sebagai sumber bahan bakar untuk menghasilkan energi termal dalam kapasitas besar yang diperlukan dalam produksi uap bertekanan tinggi untuk proses pengolahan minyak kelapa sawit. Penggunaan limbah padat kelapa sawit sebagai bahan bakar boiler telah menjadi standar dalam industri pengolahan kelapa sawit. Pada operasional awal selama dua jam, peningkatan parameter tekanan dan temperatur uap belum mencapai kondisi optimal akibat energi termal dari pembakaran biomassa. Operator melakukan penambahan limbah kernel kelapa sawit ke dalam ruang pembakaran secara kontinue selama 30 menit, namun kenaikan suhu dan tekanan tetap tidak berlangsung secara efektif. Kondisi ini mengindikasikan perlunya optimalisasi nilai kalor dan strategi pengisian bahan bakar agar proses pembakaran lebih stabil, mengingat efisiensi boiler sangat dipengaruhi oleh komposisi dan kualitas bahan bakar yang digunakan. Oleh karena itu, pengelolaan limbah padat yang efisien merupakan langkah krusial untuk menghentikan operasional industri kelapa sawit. Meskipun demikian, ekosistem minyak sawit mengancam dua tantangan utama, yaitu ekspansi dan pengelolaan limbah (Awoh et al., 2023).

Pemanfaatan biomassa sebagai bahan bakar dalam pembangkit listrik memiliki signifikansi penting sebagai substitusi terhadap penggunaan bahan bakar fosil untuk menghasilkan panas (Tanbar et al., 2021). Menurut (Dwiaji, 2023) Beberapa penelitian di Asia Tenggara telah berupaya mengembangkan boiler yang menggunakan biomassa sebagai bahan bakar, mengingat dampaknya yang dianggap lebih ramah lingkungan dibandingkan dengan batubara. Pada penelitian (Nugroho et al., 2017) hasil limbah cangkang kelapa sawit hasil produksi PPKS medan yang terkandung metil ester memiliki bilangan setana 62,4, berarti lebih tinggi dibandingkan dengan setana solar yaitu 50 s/d 53. Menurut penelitian (Subagyo et al., 2012) hasil analisa kandungan sulfur pada cangkang kernel kelapa ialah 4,53 %. Lalu pada limbah Ampas tebu diketahui memiliki kandungan sulfur yang relatif rendah, yaitu umumnya kurang dari 0,30% berat kering, sedangkan

biomassa kayu memiliki kandungan sulfur yang lebih rendah, yaitu kurang dari 0,10% berat kering (Sanchumpu et al., 2024).

Efektivitas pemanfaatan biomassa ini sangat ditentukan oleh karakteristik pembakaran setiap jenis bahan bakar, meliputi *moisture content* (kadar air), *heating value* (nilai kalor), dan komposisi biomassa, yang secara langsung berpengaruh terhadap output energi yang dihasilkan oleh boiler. Selain itu, limbah padat kelapa sawit menawarkan potensi signifikan sebagai sumber energi dan bahan baku untuk produk tambah bernilai. Pemanfaatannya sebagai sumber energi dapat berkontribusi dalam mengurangi ketergantungan terhadap bahan bakar fosil serta menurunkan emisi gas rumah kaca, mengingat karakteristik netralitas karbonnya (Abdul Rahim et al., 2024).

Maka dari itu penelitian berfokuskan untuk pengujian nilai kalor dan kecepatan pembakaran berfungsi sebagai parameter utama dalam evaluasi kualitas bahan bakar ampas tebu dan kernel kelapa sawit, karena jumlah energi termal yang dihasilkan melalui proses pembakaran yang sempurna. Dalam parameter ini mengindikasikan energi yang dilepaskan oleh bahan bakar pada tingkat kelembaban tertentu setelah pengeringan udara. nilai kalor dasar ampas tebu 1.600-2.400 kcal/kg dan cangkang kernel kelapa sawit 5112 kcal/kg, semakin tinggi nilai kalor suatu bahan, semakin besar potensi energi yang dapat dieksploitasi, sehingga parameter ini menjadi indikator krusial dalam menentukan efisiensi dan kesesuaian bahan bakar untuk aplikasi energi (Nainggolan et al., 2025). Kadar air dan kadar abu merupakan sifat fisik bahan bakar yang signifikan dalam memengaruhi nilai kalor serta kinerja pembakaran. Kadar air menunjukkan persentase kandungan air dalam bahan, di mana nilai yang tinggi cenderung mengurangi efisiensi pembakaran karena sebagian energi dialokasikan untuk evaporasi air (Norman Iskandar, 2021). Adapun kadar abu mewakili residu mineral yang tidak terbakar selama proses pembakaran dan terkait erat dengan kandungan bahan anorganik. Penurunan kadar air umumnya disertai oleh penurunan kadar abu secara relatif, karena berkurangnya komponen yang tidak berkontribusi pada produksi panas, sebagaimana dikemukakan oleh (Ariyanti et al. (2022) dalam Ilmi & Nurjannah, (2025).

## **1.2 Rumusan Masalah**

1. Bagaimana pengaruh variasi penambahan ampas tebu terhadap nilai kalor campuran kernel kelapa sawit sebagai bahan bakar boiler?
2. Bagaimana perbandingan nilai kalor antara kernel kelapa sawit, ampas tebu, dan campurannya ?
3. Bagaimanakah karakteristik kadar air dan kadar abu pada masing-masing bahan serta campuran, dan sejauh mana keduanya berkorelasi dengan nilai kalor dan kecepatan pembakarannya ?

## **1.3 Tujuan**

1. Menganalisis pengaruh variasi persentase penambahan ampas tebu terhadap nilai kalor campuran limbah kernel kelapa sawit.
2. Menganalisis perbedaan nilai kalor limbah cangkang kernel kelapa sawit dan limbah ampas tebu sebagai bahan bakar alternatif boiler di PT. XYZ.
3. Menganalisis hubungan kadar air, kadar abu, dan kecepatan pembakaran terhadap nilai kalor campuran biomassa.

## **1.4 Manfaat Penelitian**

1. Mengetahui perbedaan nilai kalor limbah kernel kelapa sawit dan limbah ampas tebu sebagai bahan bakar boiler di PT. XYZ.
2. Mengetahui pengaruh variasi persentase penambahan ampas tebu terhadap nilai kalor campuran limbah kernel kelapa sawit
3. Menentukan komposisi campuran limbah kernel kelapa sawit dan ampas tebu yang menghasilkan nilai paling optimal sebagai alternatif bahan bakar boiler.

### **1.5 Batasan Masalah**

1. Penelitian ini menyajikan hasil dari data pengujian skala laboratorium terkait hasil limbah biomassa dari proses pengolahan minyak sawit dan gula, di mana limbah hasil pengolahan dimanfaatkan sebagai sumber energi untuk mesin produksi yang nantinya berpengaruh terhadap teknologi rekayasa.
2. Penelitian ini dibatasi pada kajian karakteristik fisika dan kimia bahan biomassa berupa limbah kernel kelapa sawit dan limbah ampas tebu yang relevan dengan pendekatan Teknologi Rekayasa.
3. Kualitas dan konsistensi suplai energi panas diasumsikan berdasarkan nilai kalor rata-rata, sehingga fluktuasi operasional akibat variasi ukuran partikel, laju umpan bahan bakar, dan kondisi pembakaran.
4. Variasi perlakuan dibatasi pada komposisi campuran kernel kelapa sawit dan ampas tebu, tanpa penambahan bahan aditif lain, tanpa proses peletisasi.

