

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pabrik kelapa sawit (PKS) merupakan industri yang vital, mengolah tandan buah segar (TBS) menjadi produk utama berupa minyak dan inti, serta menghasilkan limbah padat berupa cangkang dan serat. Untuk mendukung proses pengolahan ini, PKS mengandalkan *boiler* sebagai pembangkit utama yang berfungsi mengubah air menjadi uap bertekanan, yang memerlukan energi panas dari pembakaran bahan bakar. Limbah pada sawit seperti cangkang dan serat ini lazim digunakan kembali sebagai bahan bakar *boiler*, menjadikannya solusi energi terbarukan yang ramah lingkungan. Salah satu faktor yang menentukan efisiensi dan kebutuhan bahan bakar *boiler* adalah nilai kalor dari bahan bakar yang digunakan; di mana semakin tinggi nilai kalor, maka semakin sedikit bahan bakar yang dibutuhkan Sitorus, R. S., Pratama, A. B., Saragi, J. F. H. T., Sahat, & Boangmanalu, E. P. D., (2025).

Kinerja sebuah ketel uap sangat ditentukan oleh kesetimbangan antara kalor yang dihasilkan dari proses pembakaran dengan energi yang diserap air untuk menjadi uap. Dalam operasionalnya, efisiensi termal ini dipengaruhi secara signifikan oleh variabel teknis seperti laju aliran massa uap, tekanan kerja, dan temperatur air umpan. Ketidakakuratan dalam menyelaraskan parameter-parameter tersebut berisiko memicu pemborosan bahan bakar tanpa adanya peningkatan pada *output* uap yang dihasilkan. Oleh sebab itu, evaluasi teknis terhadap data operasional harian menjadi esensial guna menjamin efektivitas perpindahan panas yang maksimal (Hartanto et al., 2020).

Pada penelitian Rahardja et al., (2021) menyatakan bahwa nilai kalor (*heating value*) bahan bakar boiler, baik pada fiber maupun cangkang, sangat ditentukan oleh interaksi antara tiga komponen utama: *Non-Oil Solid* (NOS), kadar minyak (*oil*), dan kadar air (*moisture*). Kandungan NOS dan sisa minyak memberikan kontribusi positif terhadap energi panas, namun keberadaan kadar air (*moisture*) bersifat mereduksi nilai kalor karena memerlukan energi sebesar 600 kkal/kg untuk proses penguapan selama pembakaran. Oleh karena itu, fluktuasi persentase ketiga komponen ini secara langsung memengaruhi total *enthalpy* bahan bakar yang tersedia untuk dikonversi menjadi uap (*steam*).

Pentingnya penelitian ini, didasari oleh kebutuhan untuk mengintegrasikan besarnya ketersediaan limbah padat dengan efisiensi termal boiler. Dengan merujuk pada metodologi analisis nilai kalor dan keseimbangan massa uap yang digunakan dalam literatur (Rahardja et al., 2019) dan (Rahardja et al., 2021), penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi bagi perusahaan dalam upaya mengoptimalkan konsumsi bahan bakar, menekan kerugian energi, serta menjaga keberlangsungan operasional pabrik melalui pengendalian rasio antara penggunaan bahan bakar dan produksi *steam*.

1.2 Rumusan Masalah

Dari latar belakang yang telah dijelaskan, dibuatkan rumusan masalah sebagai berikut:

1. Bagaimana hubungan seperti tekanan uap dan temperatur air umpan terhadap perubahan *enthalpy*?

2. Berapa banyak nilai kalor total yang dihasilkan dari bahan bakar dan bagaimana hubungan komposisi bahan bakar (fiber dan cangkang) seperti *moisture*, *oil*, dan NOS terhadap nilai kalor untuk pembakaran boiler di PT.XYZ?
3. Berapa besar konsumsi massa bahan bakar (*fuel feed rate*) yang diperlukan secara aktual untuk menghasilkan setiap satu ton uap (*steam*) pada kondisi operasional?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian dari masalah yang dirumuskan adalah sebagai berikut:

1. Mengidentifikasi hubungan tekanan *steam* dan temperatur *feed water* terhadap perubahan *enthalpy*.
2. Menghitung besarnya nilai kalor total yang telah dihasilkan dari komposisi bahan bakar fiber dan cangkang serta hubungan *moisture*, *oil*, dan NOS terhadap nilai kalor.
3. Menentukan jumlah massa bahan bakar aktual yang dikonsumsi untuk menghasilkan setiap satu ton *steam* di PT. XYZ.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi nyata bagi PT.XYZ sebagai bahan rujukan dalam mengoptimalkan rasio konsumsi bahan bakar melalui monitoring variabel teknis dan analisis nilai kalor, sehingga perusahaan dapat menekan kerugian energi serta meningkatkan efisiensi operasional pabrik. Selain itu, bagi kalangan akademisi, penelitian ini bermanfaat sebagai sarana penerapan teori termodinamika pada industri

pengolahan kelapa sawit serta menjadi data referensi ilmiah untuk pengembangan studi mengenai manajemen energi terbarukan berbasis ilmiah padat di masa mendatang.

1.5 Batasan Masalah

Dalam penelitian saya memiliki beberapa batasan masalah, yaitu:

1. Data yang digunakan adalah data operasional harian (*daily operational report*) yang meliputi konsumsi bahan bakar, produksi uap, tekanan uap, dan temperature air umpan dalam periode waktu tertentu.
2. Analisis efisiensi penyerapan panas dibatasi pada pengaruh fluktuasi tekanan uap dan temperatur air umpan, tanpa meninjau kehilangan panas akibat radiasi dinding *boiler* maupun efisiensi mekanis komponen pendukung lainnya.
3. Penentuan nilai kalor bahan bakar didasarkan pada data sekunder hasil uji laboratorium perusahaan atau menggunakan perhitungan pendekatan berdasarkan komposisi *moisture*, *oil*, dan *non-oil solid* (NOS).