

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Pada era modern, energi listrik telah berubah menjadi kebutuhan penting yang menopang hampir seluruh kehidupan manusia, mulai dari penerangan rumah tangga hingga pengoperasian sektor industri berskala besar. Kemajuan teknologi dan pertumbuhan populasi mendorong peningkatan permintaan pasokan listrik yang stabil dan andal. Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) tetap memegang peranan strategis sebagai tulang punggung penyedia energi listrik di Indonesia karena kapasitasnya yang besar dan keandalannya dalam menjaga stabilitas beban. Kebutuhan energi listrik di Indonesia terus meningkat seiring pertumbuhan penduduk dan perkembangan sektor industri. Namun di sisi lain, ketergantungan PLTU terhadap batu bara sebagai bahan bakar utama menimbulkan permasalahan tersendiri, mulai dari isu emisi karbon hingga ketidakstabilan harga bahan bakar di pasar global.

Sebagai respons terhadap permasalahan tersebut, pemerintah Indonesia mendorong transisi energi melalui program *co-firing* biomassa pada PLTU berbasis batu bara. *Co-firing* adalah teknologi yang mencampurkan biomassa seperti *wood pellet*, sekam padi, atau serbuk kayu dengan batu bara dalam proses pembakaran di boiler. Program ini tertuang dalam Peraturan Menteri ESDM dan menjadi bagian dari strategi penurunan emisi gas rumah kaca tanpa harus menghentikan operasi pembangkit eksisting secara tiba-tiba. (Sidiq, 2022)

PLTU UBP Jabar 2 Pelabuhan Ratu yang dioperasikan oleh PT PLN Indonesia Power merupakan salah satu unit pembangkit utama yang memegang sistem kelistrikan Jawa - Bali yang memiliki peran strategis dalam menjaga ketahanan energi nasional serta turut mengimplementasikan program *co-firing* biomassa ini. Sebagai unit pembangkit berbasis batu bara serta penerapan *co firing* biomassa kapasitas terpasang sebesar 3 x 350 MW, operasional pembangkit ini dituntut selalu untuk berada di tingkat keandalan dan efisiensi yang optimal. Penerapan *co firing biomassa* secara teknis yaitu perubahan komposisi bahan bakar dari batu bara murni ke campuran batu bara dan biomassa berpotensi memengaruhi karakteristik pembakaran

di *boiler*, termasuk nilai kalor, laju produksi uap, serta kualitas uap yang masuk ke turbin.

Turbin uap bekerja dengan mengkonversi energi termal uap bertekanan tinggi menjadi energi kinetik lalu menjadi energi mekanik dengan putaran poros turbin untuk memutar generator. Rangkaian konversi energi ini berlangsung secara bertahap melalui tiga tingkatan turbin yang bekerja secara berurutan, yakni turbin tekanan tinggi (*High Pressure Turbine*), tekanan menengah (*Intermediate Pressure Turbine*), serta tekanan rendah (*Low Pressure Turbine*). Performa turbin sangat dipengaruhi oleh kondisi uap masuk, seperti tekanan, temperatur, dan entalpi fluida uap. Ketika komposisi bahan bakar berubah akibat penerapan *co-firing biomassa*, karakteristik uap yang dihasilkan dari keluaran *boiler* bisa ikut berubah, dan hal ini secara langsung berdampak pada efisiensi turbin uap. (Muh. Rais, Ritnawati, 2024)

Beberapa penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa implementasi *co-firing biomassa* memang berhasil menurunkan emisi  $CO_2$  dan mengurangi konsumsi batu bara, namun dampaknya terhadap efisiensi turbin uap belum banyak dikaji secara mendalam. Sebagian besar studi masih fokus pada sisi pembakaran dan emisi, sementara analisis pengaruhnya terhadap performa komponen konversi energi seperti turbin masih terbatas. Oleh karena itu, penting untuk menganalisis lebih lanjut bagaimana penerapan *co-firing biomassa* memengaruhi efisiensi turbin uap secara nyata di lapangan. Parameter seperti laju aliran uap, tekanan, temperatur, entalpi, *heat rate turbine*, dan daya turbin *output* perlu dievaluasi untuk mendapatkan gambaran yang komprehensif tentang perubahan performa turbin akibat pergeseran komposisi bahan bakar tersebut. (Ilham & Suedy, 2025)

Berdasarkan uraian di atas, penelitian ini dilakukan untuk menganalisis pengaruh *co-firing* terhadap efisiensi turbin uap di PLTU UBP Jabar 2 Pelabuhan Ratu. Hasil penelitian ini diharapkan bisa menjadi referensi teknis bagi tim operasi dalam mengoptimalkan parameter operasional saat *co-firing* berjalan, sekaligus memberikan gambaran nyata tentang sejauh mana *co-firing* berdampak pada kinerja turbin uap. Berdasarkan penjelasan di atas, maka penelitian ini berjudul "Analisis Pengaruh *Co-Firing Biomassa Terhadap Efisiensi Turbin Uap Pada PT. PLN Indonesia Power PLTU UBP Jabar 2 Pelabuhan Ratu Unit 3*".

## 1.2 Rumusan Masalah

Dengan mempertimbangkan uraian latar belakang di atas, maka rumusan masalah penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Bagaimana nilai kerja aktual turbin saat pembangkit beroperasi pada kondisi 100% batu bara dan saat kondisi *co-firing* 5% dan 10 % di PLTU Pelabuhan Ratu?
2. Bagaimana nilai *heat rate* turbin saat pembangkit beroperasi pada kondisi 100% batu bara dan saat kondisi *co-firing* 5% dan 10 % di PLTU Pelabuhan Ratu?
3. Bagaimana nilai efisiensi turbin uap saat pembangkit beroperasi pada kondisi 100% batu bara dan saat kondisi *co-firing* 5% dan 10 % di PLTU Pelabuhan Ratu?

## 1.3 Tujuan

Adapun tujuan pada penelitian adalah sebagai berikut :

1. Mengetahui nilai kerja aktual turbin pada kondisi 100% batu bara murni dan kondisi *co-firing* 5% dan 10%.
2. Mengetahui nilai *heat rate* turbin pada kondisi 100% batu bara murni dan kondisi *co-firing* 5% dan 10%.
3. Mengetahui nilai efisiensi turbin uap pada kondisi 100% batu bara murni dan kondisi *co-firing* 5% dan 10%.

## 1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian yang diharapkan dari penelitian ini antara lain:

1. Mengetahui nilai efisiensi turbin uap di PLTU UBP Jabar 2 Pelabuhan Ratu pada kondisi operasi normal dan saat *co-firing* diterapkan.
2. Memahami bagaimana perubahan komposisi bahan bakar melalui *co-firing* berdampak pada parameter operasional turbin uap.
3. Menyediakan referensi ilmiah terkait analisis pengaruh *co-firing* terhadap efisiensi turbin uap.
4. Memberikan informasi dan evaluasi kepada pihak industri, khususnya PT. PLN Indonesia Power PLTU UBP Jabar 2 Pelabuhan Ratu, dampak *co-firing* terhadap kinerja turbin uap.
5. Mengembangkan kemampuan analisis dan penerapan ilmu yang telah diperoleh

selama perkuliahan.

6. Menjadi acuan untuk penelitian berikutnya yang berkaitan dengan implementasi *co-firing* dan dampaknya terhadap komponen pembangkit listrik.

### 1.5 Ruang Lingkup Masalah

Untuk menandai penelitian tugas akhir ini dan menghindari pembahasan yang terlalu luas, penulis menetapkan ruang lingkup sebagai berikut :

1. Penelitian dilakukan pada turbin uap di PLTU UBP Jabar 2 Pelabuhan Ratu.
2. Penelitian ini memfokuskan analisis adalah perbandingan efisiensi turbin uap antara kondisi operasi batu bara murni dan kondisi operasi dengan *co-firing*.
3. Biomassa yang digunakan mengacu pada jenis yang diterapkan di unit pembangkit tersebut sesuai data aktual yang tersedia..
4. Parameter yang dianalisis meliputi laju aliran uap, tekanan, temperatur, entalpi, *energi loss*, *heat rate turbine*, daya turbin, dan daya pembangkit.
5. Data yang digunakan adalah data operasional aktual dari unit pembangkit pada ketiga kondisi bahan bakar yang berbeda yaitu batu bara 100% dan *co firing* 5 % dan 10%.
6. Penelitian tidak membahas secara rinci aspek ekonomi, biaya implementasi *co-firing*, maupun proses pembakaran di sisi *boiler* secara mendalam.

### 1.6 Kebaharuan

Penelitian ini memiliki kebaharuan dalam hal berikut:

1. Penelitian ini secara spesifik mengkaji dampak *co-firing* terhadap efisiensi turbin uap menggunakan data operasional aktual dari unit yang sama pada dua kondisi bahan bakar yang berbeda, sehingga perbandingan yang dihasilkan lebih representatif dan relevan.
2. Objek penelitian adalah turbin uap di PLTU UBP Jabar 2 Pelabuhan Ratu yang belum pernah dikaji secara spesifik dari sisi pengaruh *co-firing* terhadap efisiensi turbin dalam literatur yang tersedia, sehingga hasil penelitian ini berkontribusi pada kelengkapan data performa pembangkit di wilayah Jawa Barat.
3. Penelitian ini mengintegrasikan beberapa parameter operasional sekaligus seperti

laju uap, tekanan, temperatur, entalpi, dan heat rate dalam satu kerangka analisis yang utuh untuk menggambarkan perubahan efisiensi turbin secara menyeluruh akibat penerapan *co-firing*.

### **1.7 Hipotesis**

Berdasarkan tinjauan awal, hipotesis yang diajukan pada penelitian ini sebagai berikut:

1. Penerapan *co-firing* berpengaruh terhadap efisiensi turbin uap, di mana perubahan nilai kalor bahan bakar campuran akan memengaruhi karakteristik uap yang dihasilkan *boiler* sehingga berdampak pada daya *output* dan efisiensi turbin.
2. Parameter operasional turbin seperti laju uap masuk, tekanan, entalpi, dan temperatur pada kondisi *co-firing* akan mengalami perubahan dibandingkan kondisi batu bara murni, yang secara langsung memengaruhi nilai efisiensi termal turbin uap.