

# BAB 1 PENDAHULUAN

## 1.1 Latar Belakang

Sumber daya listrik di Indonesia masih berasal dari sumber daya fosil, terutama di wilayah Jawa-Bali yang banyak bergantung pada Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) dengan bahan bakar batu bara. Sementara itu, penggunaan energi terbarukan masih tergolong rendah (M. F. Ilham & Suedy, 2022). Peraturan Presiden Nomor 112 Tahun 2022 mendorong pengembangan energi terbarukan, seperti biomassa, tenaga surya, angin, panas bumi, dan lainnya, untuk mencapai tujuan bauran energi terbarukan nasional dan mengurangi emisi gas rumah kaca. Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral (ESDM) Arifin Tasrif, dalam diskusi "*The Road to COP26: Identifikasi Generasi Muda Indonesia untuk Memerangi Perubahan Iklim dan Mendukung Energi Bersih*," menyatakan bahwa Indonesia berkomitmen mencapai *Net Zero Emissions* (NZE) pada tahun 2060 (Febriani et al., 2024).

Indonesia memiliki potensi besar untuk energi baru terbarukan (EBT), terutama biomassa. Biomassa adalah bahan organik yang dibuat oleh fotosintesis, baik sebagai produk utama maupun limbah, seperti limbah pertanian, limbah kehutanan, kotoran hewan, serta residu industri. Biomassa tidak hanya dapat dimanfaatkan untuk kebutuhan makanan, pakan, dan bahan baku industri, tetapi juga dapat digunakan sebagai sumber energi alternatif yang bernilai ekonomi relatif rendah karena umumnya berasal dari limbah. Keunggulan biomassa terletak pada sifatnya dapat diperbaharui sehingga mampu menyediakan sumber energi secara berkelanjutan (Serevina et al., 2021).

Pemerintah Indonesia terus mendorong penggunaan energi baru terbarukan melalui kebijakan energi domestik. Target bauran energi nasional menetapkan penggunaan EBT sebesar 23% pada tahun 2025 dan meningkat menjadi 31% pada tahun 2050 (Ditjen EBTKE, 2020). Komitmen ini juga sejalan dengan kesepakatan internasional dalam Perjanjian Paris (*Paris Agreement*) tahun 2015, di mana Indonesia bertujuan untuk mengurangi emisi gas rumah kaca sebesar 29% secara mandiri dan mencapai 41% dengan dukungan dari komunitas internasional menjelang tahun 2030. Upaya ini merupakan bagian dari strategi jangka panjang untuk mencapai kondisi *Net Zero Emissions* (NZE) pada tahun 2060 (Aprilianto & Ariefianto, 2021).

Salah satu upaya mendorong percepatan pemanfaatan Energi Baru Terbarukan (EBT) dan mengendalikan peningkatan emisi gas rumah kaca serta mengurangi ketergantungan terhadap bahan bakar fosil adalah dengan memanfaatkan energi biomassa. Umumnya

biomassa memiliki kandungan energi yang relatif rendah, sehingga pencampuran biomassa dengan batu bara menjadi solusi alternatif untuk menjaga kandungan energi yang dibutuhkan dalam proses pembakaran. Salah satu cara untuk membakar campuran bahan bakar ini adalah dengan melakukan *co-firing*, yang berarti membakar dua jenis bahan bakar berbeda dalam sistem pembakaran yang sama (Sidiq, 2022). Lebih banyak kombinasi sumber tenaga alternatif yang dipakai, maka lebih sedikit emisi gas rumah kaca yang dihasilkan dan secara substansial mengurangi emisi seperti CO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, dan SO<sub>2</sub>, karena biomassa mengandung lebih sedikit sulfur dibandingkan batu bara (Tanbar et al., 2021).

Proses pembakaran *co-firing* biomassa dan batu bara di dalam katel uap (*boiler*) akan menghasilkan uap bertekanan tinggi yang tentunya akan berdampak pada turbin uap. Mengingat pentingnya peran turbin uap (*steam turbine*) dalam proses pembangkitan tenaga listrik, analisis terhadap efisiensi turbin sangat diperlukan. Tingkat efisiensi setiap turbin berbeda-beda tergantung pada kondisi uap yang masuk ke turbin. Di sisi lain, kondisi uap tersebut dipengaruhi oleh faktor tekanan uap yang masuk ke turbin (Sidiq & Anwar, 2021). Karakteristik uap yang dihasilkan dari pembakaran *co-firing* dapat berbeda dari uap yang dihasilkan oleh pembakaran batu bara murni, tergantung pada jenis dan proporsi biomassa yang digunakan. Variasi dalam komposisi bahan bakar ini dapat memengaruhi temperatur dan tekanan uap yang dihasilkan, yang pada akhirnya berdampak pada kinerja dan efisiensi turbin uap (Nuryadi et al., 2023).

Pada penelitian yang dilakukan oleh (Danial et al., 2019) menggunakan bahan bakar biomassa limbah kayu hasil pabrik *plywood* menganalisis efisiensi isentropik dan kerja turbin uap menggunakan data spesifikasi terhadap data operasional menggunakan parameter berupa laju aliran massa, tekanan *inlet* dan *outlet*, temperatur *inlet* dan *outlet*, sehingga kinerja turbin uap pada Pembangkit Listrik Tenaga Biomassa (PLTBM) dapat dioptimalkan dan mendekati nilai spesifikasi yang diharapkan. Besar kecilnya efisiensi bergantung pada perbandingan antara kinerja turbin di setiap aliran massa uap (kinerja nyata) dan kinerja turbin secara teori (kinerja sempurna), semakin sedikit perbedaan yang ada, maka efisiensinya akan semakin meningkat. Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh (Suriaman et al., 2022) menggunakan bahan bakar batu bara untuk menganalisis pengaruh laju uap terhadap efisiensi turbin uap. Hasil penelitian menunjukkan naik turunnya daya dan efisiensi turbin ini dipengaruhi oleh beberapa faktor, seperti laju aliran uap, tekanan, temperatur dan enthalpi.

Penelitian ini bertujuan menganalisis variasi komposisi bahan bakar biomassa *sawdust* dan batu bara terhadap efisiensi turbin pembangkit listrik tenaga uap. Karena biomassa

memiliki karakteristik pembakaran yang berbeda, seperti kadar air yang lebih tinggi dari batu bara, hal ini dapat memengaruhi kinerja pembakaran dan tekanan uap yang diperlukan untuk memutar turbin. Diharapkan hasil penelitian ini akan memberikan informasi kepada pembangkit listrik tentang peluang yang terkait dengan pemanfaatan biomassa sebagai bahan bakar serta menawarkan rekomendasi untuk optimasi operasional di masa depan.

## 1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan isu yang diuraikan pada latar belakang sebelumnya, rumusan masalah yang dapat diambil adalah bagaimana kombinasi bahan bakar biomassa *sawdust* dan batu bara berdampak pada efisiensi turbin., daya yang dihasilkan turbin, *turbine heat rate*, efisiensi termal turbin, dan emisi gas buang (SO<sub>x</sub>, NO<sub>x</sub>, CO<sub>2</sub>, dan Partikulat Matter) pada Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU)?

## 1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari dilakukannya penelitian ini yaitu untuk mengevaluasi dampak variasi kombinasi bahan bakar biomassa *sawdust* dan batubara pada efisiensi turbin, daya yang dihasilkan turbin, *turbine heat rate*, efisiensi termal turbin, dan emisi gas buang (SO<sub>x</sub>, NO<sub>x</sub>, CO<sub>2</sub>, dan Partikulat Matter) pada Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU)

## 1.4 Batasan Masalah

Demi menjaga konsistensi dengan topik, penting untuk menetapkan batasan-batasan masalah supaya tujuan utama dari penelitian dapat tercapai. Batasan masalah dalam penelitian ini adalah:

1. Penelitian ini hanya fokus pada analisis efisiensi turbin uap jenis *multi-stage* dalam konteks PLTU yang menggunakan bahan bakar campuran biomassa *sawdust* dan batu bara.
2. Menggunakan biomassa dengan tipe *sawdust*
3. Menggunakan batu bara dengan tipe (*Low Rank Coal*).
4. Metode pembakaran untuk *co-firing* yang digunakan adalah jenis *direct co-combustion*.
5. Pengambilan data dilakukan pada PT. XYZ dari bulan Maret sampai Mei tahun 2025.
6. Pengukuran efisiensi difokuskan pada turbin uap dan tidak membahas secara mendalam komponen lain dari PLTU.

7. Faktor-faktor yang diteliti terbatas pada kinerja turbin uap terkait laju aliran massa, tekanan dan temperature uap *inlet* dan *outlet* turbin, enthalpi dan entropi.
8. Analisis dilakukan berdasarkan kondisi operasional yang umum pada PLTU dengan asumsi bahwa parameter eksternal seperti temperatur dan tekanan uap dalam kondisi standar.

### **1.5 Manfaat Penelitian**

Beberapa manfaat yang didapatkan dari penelitian ini yaitu :

1. Mendorong penggunaan sumber daya terbarukan seperti biomassa yang dapat membantu mengurangi ketergantungan pada bahan bakar fosil dan mendukung keberlanjutan energi.
2. Menyediakan data dan analisis terkait efisiensi pencampuran biomassa dengan batu bara, yang dapat membantu pengembangan teknologi pembangkit listrik yang lebih berkelanjutan.
3. Menyajikan informasi dan rekomendasi mengenai pengaruh variasi biomassa terhadap kinerja turbin, yang dapat menjadi referensi untuk penelitian lebih lanjut dalam bidang energi dan pembangkit listrik.
4. Memberikan pertimbangan untuk pengambilan kebijakan terkait penggunaan energi terbarukan di sektor pembangkit listrik.
5. Memahami karakteristik campuran biomassa dan batu bara dapat membantu dalam mengoptimalkan desain dan operasional turbin, sehingga meningkatkan kinerja sistem secara keseluruhan.