

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1. Latar Belakang

Kebutuhan listrik Indonesia semakin meningkat seiring dengan pertumbuhan populasi, urbanisasi, dan kemajuan industri dan teknologi. Indonesia menghadapi masalah besar dalam memenuhi permintaan energi listrik yang terus meningkat karena sebagai negara yang memiliki jumlah penduduk terbesar di daerah Asia Tenggara, berdasarkan data yang terdapat di Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral (ESDM, 2023), konsumsi listrik Indonesia terus meningkat pada tahun 2022 – 2023 yaitu 5,36%, yang diikuti oleh peningkatan permintaan untuk pembangkit listrik yang efisien dan andal. Akibatnya, pengembangan sumber energi baru dan pembaruan teknologi pembangkit listrik menjadi sangat penting untuk mendorong pertumbuhan ekonomi Indonesia.

Salah satu solusi utama untuk mencapai kebutuhan energi listrik yang terus berkembang adalah melalui pengembangan pembangkit listrik. Berbagai pembangkit listrik telah dikembangkan di Indonesia, termasuk pembangkit berbahan bakar fosil, pembangkit tenaga air, dan energi terbarukan lainnya. Namun, seiring dengan peningkatan permintaan listrik, PLTGU (Pembangkit Listrik Tenaga Gas dan Uap) menjadi salah satu pilihan utama karena mampu menyediakan daya dalam jumlah besar dengan efisiensi tinggi dan waktu pembangunan yang relatif singkat dibandingkan dengan pembangkit lainnya (Gusnita & Saputra Said, 2021). Pembangkit Listrik Tenaga Gas Uap (PLTGU) merupakan sistem pembangkitan listrik yang mengintegrasikan Pembangkit Listrik Tenaga Gas (PLTG) dan Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU). Pada sistem ini, gas buang yang dihasilkan dari proses PLTG dimanfaatkan kembali sebagai sumber panas untuk menghasilkan uap, yang selanjutnya digunakan sebagai fluida kerja pada sistem PLTU (Kurniawan & Hazwi, 2014). Dalam PLTGU, terdapat komponen utama yang disebut *Heat Recovery Steam Generator* (HRSG). Menurut Marzuki, HRSG merupakan peralatan kunci pada pembangkit listrik tenaga uap yang berguna untuk memanfaatkan energi panas dari gas buang. Pemanfaatan HRSG dapat

meningkatkan efisiensi pembangkit karena hanya menggunakan sisa panas dari turbin gas, di mana temperatur gas buang pada *exhaust* turbin gas masih dapat mencapai sekitar 560°C dan masih memiliki potensi energi termal untuk menghasilkan uap bertekanan (Marzuki, n.d., hlm. 3). Panas dari gas buang turbin gas tersebut kemudian digunakan untuk memanaskan air hingga berubah menjadi uap, yang selanjutnya dialirkan untuk memutar turbin uap. Uap yang digunakan dalam pengoperasian turbin uap berasal dari sistem *High Pressure Steam* dan *Low Pressure Steam*. Pada beberapa instalasi PLTGU dengan konfigurasi siklus *combined cycle*, digunakan berbagai variasi susunan pembangkit, salah satunya adalah konfigurasi 2-2-1, yang terdiri atas dua *Gas Turbine Generator* (GTG), dua unit HRSG, dan satu *Steam Turbine Generator* (STG). HRSG memiliki peran yang sangat penting dalam sistem PLTGU karena berfungsi menghasilkan uap yang kemudian dimanfaatkan untuk memutar turbin uap sehingga menghasilkan energi listrik (Pranata & Suhanan, 2020).

Pada PLTGU, variasi beban turbin gas dapat terjadi karena fluktuasi permintaan listrik, yang menyebabkan perubahan dalam pembakaran bahan bakar, suhu gas buang, dan kapasitas penghasil uap pada HRSG. Ketika beban turbin gas berubah, suhu dan tekanan gas buang yang masuk ke HRSG juga mengalami perubahan, sehingga mempengaruhi proses perpindahan panas dan efisiensi konversi energi di dalam HRSG. Penelitian yang dilakukan oleh Sugandi et al. (2023) menunjukkan adanya hubungan negatif antara beban *Gas Turbine Generator* (GTG) dan efisiensi HRSG, dengan nilai koefisien korelasi sebesar -0,7. Hal tersebut mengindikasikan bahwa peningkatan beban pada turbin gas cenderung diikuti oleh penurunan efisiensi HRSG. Selain itu, pengaruh beban terhadap efisiensi HRSG dilaporkan sebesar 48,23%, yang menunjukkan bahwa variabel beban memberikan kontribusi yang cukup signifikan terhadap variasi efisiensi sistem. Kinerja HRSG sendiri dipengaruhi oleh berbagai faktor operasional dan desain, antara lain laju aliran massa gas buang, temperatur gas buang serta uap keluaran turbin, tekanan dan komposisi fluida, geometri perangkat HRSG, serta kondisi operasi turbin. Evaluasi kinerja HRSG umumnya dilakukan menggunakan pendekatan efisiensi energi dan efisiensi eksergi untuk memperoleh gambaran yang

lebih komprehensif terhadap performa termodinamik sistem (Hendri et al., 2018). Sejumlah studi juga telah mengkaji efisiensi HRSG dan menunjukkan adanya penurunan kinerja setelah proses *commissioning*. Penurunan efisiensi energi pada bagian High Pressure (HP) Superheater dapat dilihat 1,12%, dari 68,04% menjadi 66,92% (Yohana & Kuscahyanto, 2010). Sementara itu, pada Low Pressure (LP) Superheater terjadi penurunan efisiensi energi yaitu 1,27%, dari 7,82% menjadi 6,55% setelah *commissioning* (Yohana & Priambodo, 2012). Penurunan tersebut dikaitkan dengan beberapa faktor teknis, seperti degradasi isolasi dinding pipa HRSG, terjadinya *plugging*, korosi, serta masalah pada *diverter damper*. (Yohana & Priambodo, 2012)

Kinerja HRSG juga dipengaruhi oleh kegiatan *overhaul* pada turbin gas. Peningkatan efisiensi HRSG umumnya teramati setelah proses *overhaul*, yang berkaitan dengan perbaikan kondisi operasional dan stabilisasi parameter utama sistem. Parameter tersebut meliputi temperatur *feedwater*, laju aliran massa gas buang, kapasitas pembebanan, serta laju aliran massa uap yang dihasilkan. Kondisi yang lebih optimal pada parameter-parameter tersebut berkontribusi terhadap peningkatan perpindahan panas dan, pada akhirnya, peningkatan efisiensi termal HRSG. Penelitian oleh (Hendri et al., 2018) memperoleh bahwa efisiensi HRSG sebelum *overhaul* adalah 37.61% dan sesudah *overhaul* 39.54%, kenaikan efisiensi HRSG sebesar 1,93%. Efisiensi HRSG dijelaskan bahwa gas buang yang digunakan panasnya untuk memanaskan pipa-pipa di HRSG yang menghasilkan uap bertekanan. Penelitian sebelumnya mengenai efisiensi HRSG telah memberikan pemahaman mengenai pengaruh faktor-faktor tersebut.

Penelitian ini dilakukan untuk menambah informasi yang belum banyak dibahas, dengan menganalisis pengaruh variasi beban terhadap efisiensi HRSG 2.1, baik sebelum maupun setelah *overhaul*. Beban kerja yang berubah akan mempengaruhi efisiensi dari pembangkit, khususnya pada HRSG. Dikarenakan gas buang yang dihasilkan dari PLTG pun memiliki tingkat panas yang berbeda dan pada penelitian ini akan membahas juga efisiensi HRSG ketika sesudah dilakukan *overhaul* dan sebelum *overhaul* untuk mengetahui peningkatan efisiensi HRSG. Dengan mengetahui efisiensi HRSG di tiap beban maka diketahui Pada beban

berapakah efisiensi HRSG semakin tinggi dengan melakukan perbandingan sebelum *overhaul* dan setelah *overhaul*. Dari latar belakang ini maka penulis akan melakukan analisis pengaruh variasi beban turbin gas terhadap efisiensi HRSG 2.1 sebelum dan sesudah *overhaul* pada PLTGU Muara Karang.

## **1.2. Rumusan Masalah**

Berdasarkan judul skripsi yang diangkat, maka rumusan masalah pada penelitian ini adalah:

1. Bagaimana pengaruh variasi beban operasi turbin gas dan *overhaul* terhadap efisiensi HRSG ?
2. Bagaimana pengaruh variasi beban operasi turbin gas dan *overhaul* HRSG terhadap efisiensi komponen *High Pressure* dan *Low Pressure*?
3. Bagaimana variasi beban operasi turbin gas dan *overhaul* HRSG terhadap Konduktansi Termal?

## **1.3. Tujuan Penelitian**

Tujuan yang akan dicapai peneliti pada penelitian ini antara lain:

1. Menganalisa pengaruh variasi beban operasi turbin gas dan *overhaul* terhadap efisiensi HRSG.
2. Menganalisa pengaruh variasi beban operasi turbin gas dan *overhaul* HRSG terhadap efisiensi komponen *High Pressure* dan *Low Pressure* pada HRSG
3. Menganalisa pengaruh variasi beban operasi turbin gas dan *overhaul* HRSG terhadap Konduktansi Termal

## **1.4. Manfaat Penelitian**

Berdasarkan tujuan yang telah di sampaikan, berikut manfaat yang didapat dari penelitian ini, antara lain :

1. Untuk mahasiswa, penelitian ini diharapkan dapat berguna dan menambah pengalaman dan meningkatkan pengetahuan menganalisis tentang pengaruh variasi beban turbin gas terhadap efisiensi HRSG sebelum dan sesudah *overhaul*.

2. Untuk mahasiswa, penelitian ini diharapkan berguna dan menambah pengalaman dan meningkatkan pengetahuan menganalisis tentang pengaruh variasi beban dan *overhaul* HRSG terhadap efisiensi komponen *High Pressure* dan *Low Pressure* pada HRSG.
3. Untuk mahasiswa, penelitian ini dapat berguna dan menambah pengalaman dan meningkatkan pengetahuan menganalisis tentang pengaruh variasi beban turbin gas sebelum dan sesudah *overhaul* HRSG terhadap Konduktansi Termal
4. Untuk PT, penelitian ini membantu mengetahui pengaruh variasi beban turbin gas terhadap efisiensi HRSG sebelum dan sesudah *overhaul*.
5. Untuk Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur, penelitian ini dijadikan masukan, informasi, serta menambah pengetahuan tentang pengaruh variasi beban turbin gas terhadap efisiensi HRSG sebelum dan sesudah *overhaul*.

### **1.5. Batasan Masalah**

Batasan masalah yang digunakan dalam penelitian ini antara lain sebagai berikut:

1. Objek penelitian ini adalah HRSG 2.1 Pada PLTGU PT. PLN Nusantara Power UP Muara Karang.
2. Data yang digunakan berdasarkan *database Central Control Room* (CCR), data operasional harian sebelum dan setelah kegiatan *overhaul* pada HRSG
3. Beban turbin gas yang dianalisis hanya mencakup variasi dalam kapasitas output daya turbin gas, dengan kategori beban rendah yaitu 130 MW, sedang yaitu 170, dan tinggi yaitu 230. Penelitian hanya membandingkan data efisiensi HRSG pada dua kondisi, yaitu sebelum dan sesudah proses *overhaul*, yang dilakukan pada waktu yang sudah ditentukan.
4. Data yang diambil pada HRSG 2.1 berjumlah sepuluh data sebelum dan sesudah *overhaul* dengan 3 variasi beban yang berbeda.
5. Penelitian ini dilakukan pada turbin gas jenis M 701F3 *Single Shaft Up-Rated* dan HRSG *double pressure natural circulation type*.