

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kebutuhan energi listrik di Indonesia terus mengalami peningkatan yang signifikan sebagai dampak dari pertumbuhan populasi, perkembangan industri, serta urbanisasi yang pesat. Proyeksi kebutuhan listrik nasional menunjukkan adanya peningkatan yang stabil menuju pencapaian sekitar 250 – 300 TWh per tahun pada tahun 2030, dengan tingkat pertumbuhan rata-rata sekitar 2 – 7% per tahun. (Sevyanto, 2022)

Kondisi ini mencerminkan tekanan yang besar terhadap kapasitas dan efisiensi sistem pembangkit tenaga listrik di Indonesia. Sementara itu, secara global, konsumsi energi diperkirakan akan meningkat sekitar 30% hingga tahun 2040, yang didorong oleh meningkatnya permintaan di berbagai sektor, terutama sektor listrik yang menjadi kontributor utama pertumbuhan tersebut. (IEA, 2023)

PT Indonesia Power Unit Bisnis Pembangkitan (UBP) Priok merupakan salah satu unit pembangkit Listrik di Indonesia yang berlokasi strategis dan berkontribusi signifikan terhadap kelistrikan Jawa-Bali. UBP Priok mengoperasikan berbagai unit pembangkit, termasuk Blok 4, yang dirancang dengan konfigurasi *Combined Cycle Power Plant* (CCPP). Unit Blok 4 ini beroperasi menggunakan sistem siklus gabungan untuk menjamin daya *output* yang tinggi dan efisien, mencerminkan komitmen pembangkit untuk memanfaatkan teknologi termal terdepan. (I Made Astra, 2010)

Untuk mencapai efisiensi termal yang lebih tinggi, Unit Blok 4 memanfaatkan teknologi Pembangkit Listrik Tenaga Gas dan Uap (PLTGU). PLTGU beroperasi dengan menerapkan siklus gabungan (*combined cycle*), di mana Siklus *Brayton* pada turbin gas dipadukan dengan Siklus *Rankine* pada turbin uap sebagai satu kesatuan sistem. (Pusdiklat PT PLN (Persero), 2012). Faktor utama dalam peningkatan efisiensi termal yaitu dengan adanya *Heat Recovery Steam Generator* (HRSG). HRSG berperan

sebagai penghubung kedua siklus dengan memanfaatkan panas gas buang bertemperatur tinggi dari turbin gas untuk menghasilkan uap superheated yang kemudian digunakan untuk menggerakkan turbin uap. (Ramadhan et al., 2015).

Secara umum, HRSG beroperasi tanpa pembakaran bahan bakar tambahan karena energi panas yang dimanfaatkan berasal dari temperatur gas buang turbin gas (Exhaust Gas Temperature). (Nurhasanah et al., 2018). Oleh sebab itu, temperatur masuk HRSG serta laju aliran massa gas buang menjadi parameter penting yang menentukan jumlah energi kalor (Q) yang dapat diubah menjadi uap dalam Siklus Rankine. Variasi temperatur ini menjadi faktor utama yang memengaruhi mekanisme perpindahan panas di seluruh bagian HRSG. (Setyoko, 2006)

Performa HRSG secara langsung menentukan output daya dari Siklus Rankine (Turbin Uap). Namun, dalam operasional harian, unit pembangkit seringkali harus menyesuaikan output dayanya melalui variasi beban (load variation) untuk memenuhi permintaan sistem. Perubahan beban pada Turbin Gas ini secara langsung menyebabkan fluktuasi pada Temperatur Gas Buang yang merupakan Temperatur Input HRSG. (Elian, 2017) Perubahan temperatur input yang terjadi secara signifikan berpengaruh terhadap laju perpindahan kalor, dan pada konsekuensinya dapat menyebabkan efisiensi termal HRSG menyimpang dari kondisi desain optimalnya. (Yohana & Setiawan Kuscahyanto, 2012)

Dinamika operasional yang melibatkan fluktuasi beban dan dampaknya pada temperatur input menunjukkan bahwa variasi beban adalah faktor penentu efisiensi termal. Dengan konfigurasi PLTGU Blok 4 yang menggunakan HRSG sebagai sarana utama konversi energi sisa, HRSG memiliki peran yang sangat penting, sehingga heat loss pada HRSG dapat diminimalisir. Oleh karena itu, penulis melihat urgensi untuk melakukan penelitian yang secara spesifik menganalisis hubungan sebab-akibat ini pada unit operasional.

Sehingga, penulis akan melakukan penelitian skripsi dengan judul:

" Analisis Pengaruh Variasi Beban *Gas Turbine Generator* Terhadap Efisiensi Termal HRSG Blok 4 PT PLN Indonesia Power UBP Priok "

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui performa HRSG dengan melakukan perhitungan efisiensi pada komponen utama HRSG. Perhitungan dilakukan pada sub-komponen HRSG pada kondisi beban minimum dan maksimum di PLTGU Blok 4 Tanjung Priok. Dengan analisis ini, dapat diketahui komponen yang memberikan kerugian panas terbesar serta diperoleh perbandingan performa HRSG pada berbagai variasi beban untuk menentukan kondisi operasi terbaik.

1.2 Rumusan Masalah

Untuk dapat mencapai tujuan dari penulisan skripsi ini, merujuk pada penjelasan pada bagian latar belakang permasalahan yang akan diteliti dapat dipaparkan melalui beberapa pertanyaan berikut:

1. Bagaimana pengaruh variasi beban (load variation) unit turbin gas terhadap perubahan temperatur input HRSG Blok 4 PT Indonesia Power UBP Priok?
2. Bagaimana hubungan antara temperatur input HRSG dengan nilai efisiensi termal HRSG pada Blok 4 PT Indonesia Power UBP Priok?
3. Berapa nilai efisiensi termal optimal yang dicapai HRSG pada berbagai variasi beban operasi Blok 4 PT Indonesia Power UBP Priok?

1.3 Tujuan

Dalam konteks latar belakang dan rumusan masalah yang telah dijabarkan, tujuan dari penyusunan skripsi ini meliputi hal-hal berikut:

1. Menganalisis pengaruh variasi beban terhadap temperatur input HRSG pada Blok 4.
2. Menganalisis dan menghitung nilai efisiensi termal HRSG pada Blok 4 PT Indonesia Power UBP Priok pada kondisi variasi temperatur input HRSG.

3. Menentukan kondisi beban operasi yang memberikan efisiensi termal HRSG paling optimal.

1.4 Manfaat

Manfaat yang dapat dihasilkan dari penelitian ini yaitu:

1. Dapat mengetahui pengaruh variasi beban operasi turbin gas terhadap nilai efisiensi termal HRSG Blok 4 melalui perubahan temperatur input HRSG.
2. Dapat mengetahui dampak dari tindakan peningkatan performa terhadap nilai efisiensi termal unit pembangkit.

1.5 Ruang Lingkup

Agar penelitian lebih terfokus dan tidak meluas, maka batasan ruang lingkup yang digunakan dalam penelitian ini dibatasi pada:

1. Objek penelitian adalah unit *Heat Recovery Steam Generator* 4.1 yang berada di Blok 4 PT Indonesia Power UBP Priok.
2. Data yang diambil dan dianalisis adalah data operasional aktual, meliputi variasi beban (dinyatakan dalam MW), temperatur gas buang turbin gas (*exhaust gas temperature*) yang menjadi temperatur input HRSG, laju aliran massa gas buang, serta parameter air/uap seperti tekanan, temperatur, dan laju aliran massa pada setiap *drum* dan *superheater* HRSG.
3. Metode analisis yang digunakan adalah perhitungan efisiensi termal HRSG dengan pendekatan neraca energi dan massa.
4. Analisis variasi beban dibatasi pada rentang operasi normal dari pembangkit.

1.6 Kebaharuan

Struktur penulisan laporan akhir ini dirancang dalam bab-bab terpisah untuk memudahkan pembaca dalam memahami alur dan substansi penelitian secara komprehensif. Sejalan dengan kebutuhan tersebut, studi ini menawarkan kebaruan spesifik dalam beberapa aspek analisis, yaitu:

1. Melakukan analisis antara Variasi Beban yang menyebabkan perubahan Temperatur Input HRSG sebagai variabel utama yang mempengaruhi Efisiensi

Termal HRSG.

2. Studi kasus dilakukan secara spesifik pada unit Blok 4 PT Indonesia Power UBP Priok, sehingga hasilnya dapat memberikan rekomendasi operasional yang sangat relevan dan kontekstual bagi unit tersebut.

1.7 Hipotesis

Berdasarkan tinjauan literatur dan kerangka pemikiran, diajukan hipotesis sebagai berikut:

1. Peningkatan beban operasi turbin gas akan menyebabkan kenaikan temperatur gas buang (*exhaust gas temperature*) yang merupakan temperatur input HRSG.
2. Kenaikan temperatur input HRSG akan meningkatkan efisiensi termal HRSG karena energi panas sisa yang dimanfaatkan menjadi lebih besar.
3. Efisiensi termal HRSG akan mencapai nilai optimal pada kondisi operasi beban tertinggi (*100% Load Set*) karena pemanfaatan energi masukan yang lebih maksimal.

