

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Penggunaan energi di seluruh dunia masih didominasi oleh energi fosil, terutama batubara. Namun, ketersediaan energi batubara semakin menurun seiring berjalannya waktu, dan penggunaan energi ini telah terbukti berkontribusi pada pemanasan global. Untuk mengatasi permasalahan ini serta mengurangi dampaknya, *Paris Agreement* atau Persetujuan Paris diadakan dan diikuti oleh banyak negara untuk mencapai pengurangan emisi karbon yang berkelanjutan dan membatasi kenaikan suhu global. Dengan meningkatnya konsumsi dan biaya energi serta berkurangnya sumber daya batubara, konservasi energi menjadi sangat penting agar penggunaan energi dapat lebih efisien (Wibowo et al., 2021).

Salah satu cara yang dapat diterapkan dalam upaya konservasi energi adalah dengan menjalankan manajemen energi. Manajemen energi sendiri merupakan proses yang tersusun secara sistematis untuk memastikan pemanfaatan energi yang hemat dan tepat sasaran demi mencapai kinerja yang maksimal (Capehart et al., 2002). Pendekatan ini melibatkan langkah-langkah teknis dan ekonomis untuk mengurangi penggunaan energi dalam proses produksi serta meminimalkan pemakaian bahan baku dan bahan pendukung.

PLTU adalah teknologi konversi energi dari bahan bakar fosil yang mengubah energi panas dari pembakaran menjadi energi mekanik di turbin dan energi listrik di generator (Cengel & Boles, 1989). Namun, sebagian daya dari pembangkit digunakan untuk mengoperasikan peralatan bantu, sehingga efisiensi energi di PLTU dapat ditingkatkan melalui audit energi yang mengidentifikasi peluang penghematan energi untuk menurunkan NPHR yang berperan penting dalam optimalisasi kinerja pembangkit.

Pelaksanaan audit energi memiliki fungsi yang krusial dalam meninjau penggunaan energi yang berlebih, sehingga memungkinkan melakukan identifikasi potensi penghematan dan penyusunan rekomendasi untuk pemanfaatan energi yang lebih optimal (Joshi et al., 2023). Penelitian audit energi di PLTU yang

membandingkan deviasi parameter operasional dan kinerja peralatan utama antara nilai aktual dan komisioning sebagai *baseline* untuk mengidentifikasi kerugian energi spesifik pada PLTU Batubara dan menjadi referensi penting dalam penerapan audit energi yang efektif, serta dasar untuk rekomendasi peningkatan kinerja energi yang signifikan pada PLTU berkapasitas menengah.

Pada penelitian ini akan berfokus pada penerapan audit energi termal di PLTU berkapasitas 50 MW untuk mengidentifikasi peluang peningkatan efisiensi melalui penurunan NPHR. Hasil dari audit energi diharapkan dapat memberikan rekomendasi yang mendukung peningkatan efisiensi dan optimalisasi kinerja pembangkit, sekaligus mengurangi biaya bahan bakar yang signifikan dalam pembiayaan operasional PLTU. Berdasarkan hasil performance test, terjadi kenaikan nilai NPHR dibandingkan kondisi komisioning, Hal ini mengindikasikan adanya potensi perbaikan efisiensi yang signifikan.

1.2 Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dijelaskan, maka perumusan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Apa penyebab utama kenaikan Net Plant Heat Rate (NPHR) pada PLTU berkapasitas 50 MW yang telah beroperasi sejak tahun 2019 dibandingkan dengan data baseline saat komisioning?
2. Bagaimana pengaruh degradasi peralatan dan penyimpangan parameter operasi terhadap peningkatan nilai NPHR?
3. Bagaimana audit energi termal dapat digunakan untuk mengidentifikasi dan mengevaluasi faktor-faktor yang menyebabkan kenaikan NPHR pada PLTU?
4. Apa rekomendasi perbaikan yang dapat diberikan berdasarkan hasil audit energi termal untuk menurunkan NPHR dan meningkatkan efisiensi pembangkit?

1.3 Tujuan Penelitian

Secara umum, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis efisiensi energi pada PLTU berkapasitas 50 MW berdasarkan pedoman dari referensi EPRI

serta perhitungan *losses* menggunakan aplikasi EES. Tujuan khusus dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengetahui deviasi Net Plant Heat Rate (NPHR) antara kondisi aktual dan data saat komisioning sebagai baseline.
2. Mengidentifikasi faktor-faktor utama yang menyebabkan peningkatan nilai NPHR pada PLTU.
3. Menilai kontribusi masing-masing faktor terhadap peningkatan NPHR dengan menggunakan pendekatan desain faktor koreksi, serta membandingkannya dengan rekomendasi dari EPRI dan menghitung besar energi *losses* yang terjadi.
4. Merumuskan rekomendasi perbaikan yang dapat diterapkan untuk meningkatkan efisiensi energi dan menurunkan nilai NPHR pada PLTU.

1.4 Batasan Penelitian

Guna memperoleh hasil yang terfokus dan sesuai dengan tujuan penelitian, diperlukan batasan penelitian yang jelas dan terarah. Adapun batasan dalam penelitian ini adalah menggunakan data pembangkit pada beban 100% saja, tanpa mempertimbangkan variasi beban 75% atau 50%, mengingat beban pembangkit bersifat fluktuatif. Selain itu, data yang dianalisis merupakan hasil dari *performance test* yang dilakukan bersamaan dengan pelaksanaan tes *Net Dependable Capacity* (NDC), sehingga evaluasi efisiensi dan parameter operasional lainnya mengacu pada kondisi operasi aktual saat pengujian tersebut berlangsung.

Dalam membandingkan data komisioning dan data aktual, penelitian ini mengacu pada referensi dari EPRI untuk parameter-parameter yang memiliki panduan kuantitatif mengenai dampaknya terhadap efisiensi dan NPHR. Namun demikian, untuk parameter nilai kalor batubara, tidak terdapat referensi eksplisit dalam EPRI yang menjelaskan pengaruh perubahan kalor terhadap NPHR. Meskipun nilai kalor batubara pada data aktual dan *commissioning* hanya sedikit berbeda, analisis terhadap nilai kalor dilakukan secara deskriptif dan perbandingan

tetap difokuskan pada parameter yang memiliki referensi pengaruhnya di dalam dokumen EPRI.

1.5 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat sebagai berikut:

1. Mengetahui perbedaan NPHR antara kondisi aktual dan data komisioning, sehingga dapat digunakan untuk memantau kinerja PLTU dengan lebih tepat.
2. Mengalisis faktor-faktor utama yang menyebabkan peningkatan NPHR, sehingga dapat digunakan sebagai dasar dalam upaya perbaikan dan optimalisasi operasi PLTU.
3. Mengetahui kontribusi setiap faktor penyebab peningkatan NPHR.
4. Menawarkan rekomendasi perbaikan berbasis faktor koreksi dan standar EPRI, yang dapat membantu meningkatkan efisiensi energi di PLTU.

1.6 Originalitas Penelitian

Tabel 1.1 Rekapitulasi Penelitian Terdahulu

Penulis	Suriyan Arif (2021)	P. Papireddy, S. Ananth, Vikash Kumar (2018)	Abhishek Kumar, Sumeet Sharma (2018)	Andy Setyanto, Ary Putra (2018)	Patel, Agrawal (2017)	Radhi, et.al (2024)	Ediatmadja et.al (2020)	Penelitian
Judul	Audit Energi Detail Pada PLTU Batubara Dengan Membandingkan Parameter Operasi Aktual Dengan Komisioning	<i>Performance Analysis Of Boiler In Thermal Power Plant</i>	<i>Energy Audit Of Coal Fired Thermal Power Plant</i>	<i>Energy Auditing at Block 1 Muara Karang Combined Cycle Power Plant</i>	<i>Performance Improvement Through Energy Audit Of A 250 MW Coal Fired Thermal Power Plant</i>	<i>Power plant systems performance assessment with applications of combined pinch and exergy analysis</i>	<i>Performance Evaluation of Geothermal Power Production Using EES (Case Study Ulumbu Geothermal Power Production Unit 4 East Nusa Tenggara, Indonesia)</i>	Analisis Efisiensi Energi PLTU 50 MW Berdasarkan EPRI dan Perhitungan Losses Dengan Aplikasi Engineering Equation Solver (EES)
Tujuan	Analisis efisiensi PLTU	Analisis efisiensi PLTU	Analisis efisiensi boiler	Analisis efisiensi PLTGU	Analisis efisiensi PLTU	Analisis efisiensi PLTU berbasis exergy	Analisis efisiensi turbine	Analisis efisiensi PLTU
Objek	PLTU	PLTU	PLTU	PLTGU	PLTU	PLTU	PLTP	PLTU
Metode	Menganalisis deviasi NPHR <i>performance test</i> dan operation, serta menggunakan rekomendasi EPRI untuk menentukan langkah perbaikan	Menganalisis deviasi NPHR desain dan operation	<i>Indirect Method</i> Boiler efisiensi dengan <i>Cost Analysis</i>	Menganalisis deviasi NPHR design dan operation dengan rekomendasi perbaikan	Menghitung efisiensi PLTU dengan rekomendasi perbaikan	Menggunakan eksergi analisis	Analisis termodinamika	Menganalisa deviasi NPHR dan menggunakan rekomendasi EPRI untuk rekomendasi perbaikan
Model Validasi	Tidak ada	Tidak ada	Tidak ada	Tidak ada	Tidak ada	Menggunakan EES	Menggunakan EES	Menggunakan EES

Penelitian mengenai efisiensi energi telah dilakukan oleh beberapa peneliti sebelumnya. Salah satunya adalah penelitian oleh (Wibowo et al., 2021) yang melakukan audit energi pada PLTU berbahan bakar batubara dengan membandingkan kinerja pembangkit antara data *commissioning* dan kondisi aktual. Penelitian ini menganalisis efisiensi PLTU serta mengidentifikasi kinerja antara kondisi *commissioning* dan operasional saat ini, dengan hasil yang menunjukkan penurunan efisiensi yang signifikan pada beberapa komponen, serta rekomendasi perbaikan untuk mengoptimalkan kinerja dan mengurangi kehilangan energi. Penelitian (Papireddy et al., 2018) menganalisis efisiensi boiler, turbin, dan kondensor pada PLTU 210 MW serta mengidentifikasi berbagai kehilangan energi seperti gas buang, kelembaban bahan bakar, dan tekanan balik kondensor. Penelitian ini juga membahas teknik optimasi untuk meningkatkan *heat rate*, menghemat bahan bakar, mengurangi emisi, serta memperpanjang umur peralatan melalui analisis biaya. Penelitian (Setyanto & Putra, 2019) melakukan audit energi pada PLTGU Blok 1 Muara Karang dengan menganalisis kinerja peralatan utama dan membandingkannya dengan data *commissioning* tahun 1995. Penelitian ini menganalisis penyebab inefisiensi melalui studi lapangan dan memberikan rekomendasi peningkatan efisiensi yang dievaluasi secara ekonomi untuk membantu pengambilan keputusan manajemen. Penelitian (Kumar et al., 2018) melakukan audit energi pada PLTU berbahan bakar batubara di NTPC Dadri untuk menghitung berbagai kehilangan energi dan memberikan rekomendasi perbaikannya. Penelitian ini menggunakan metode menghitung efisiensi boiler secara tidak langsung, serta menemukan bahwa efisiensi pembangkit menurun saat beban *output* berkurang karena pembangkit harus tetap beroperasi meskipun permintaan listrik rendah. Penelitian (Patel & Agrawal, 2017) menganalisis kinerja PLTU berbahan bakar batubara 250 MW melalui audit energi pada semua komponen penting pada berbagai beban. Efisiensi energi dari boiler, turbin-generator, dan kondensor dievaluasi untuk beban 250 MW, 200 MW, dan 125 MW, serta efektivitas pemanas air umpan pada ketiga beban tersebut. Penelitian ini cukup menggambarkan bahwa efisiensi energi merupakan aspek penting dalam optimalisasi sistem energi. Hanya saja pada penelitian sebelumnya belum menggunakan metode validasi model EES.

Metode validasi model menggunakan EES sudah diterapkan dalam penelitian (Radhi et al., 2024), yang melakukan analisis kinerja PLTU Al-Mosyab di Irak dengan menguji variasi tekanan dan suhu untuk menentukan kondisi operasi optimal. Penggunaan EES memungkinkan simulasi yang lebih akurat dan memberikan pemahaman yang lebih dalam mengenai hubungan antara

parameter operasional dan efisiensi sistem, sehingga dapat memberikan rekomendasi yang lebih tepat untuk meningkatkan kinerja pembangkit secara keseluruhan. Penelitian (Ediatmaja et al., 2021) melakukan evaluasi kinerja PLTU Geothermal Ulumbu menggunakan software EES untuk menganalisis termodinamika peralatan pembangkit. Hasil simulasi menunjukkan bahwa dengan tekanan *inlet* turbin optimal, *Specific Steam Consumption* (SSC) dapat diturunkan, menghasilkan peningkatan efisiensi siklus pembangkit. Penelitian ini merupakan suatu pembaruan karena mengombinasikan metode audit energi dengan validasi model termodinamika menggunakan EES pada PLTU berbahan bakar batubara. Pendekatan ini belum banyak diterapkan secara terpadu dalam penelitian-penelitian sebelumnya, sehingga diharapkan dapat menghasilkan analisis yang lebih komprehensif dan akurat terhadap efisiensi sistem pembangkit.

