

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Pertumbuhan kebutuhan energi listrik di Indonesia terus meningkat seiring dengan pertambahan jumlah penduduk, perkembangan sektor industri, serta meningkatnya aktivitas ekonomi masyarakat. Dalam memenuhi kebutuhan energi tersebut, Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) masih menjadi salah satu penopang utama penyediaan energi listrik nasional. Hal ini didukung oleh ketersediaan cadangan batubara yang melimpah di dalam negeri serta biaya produksinya yang relatif lebih ekonomis dibandingkan dengan sumber energi primer lainnya.

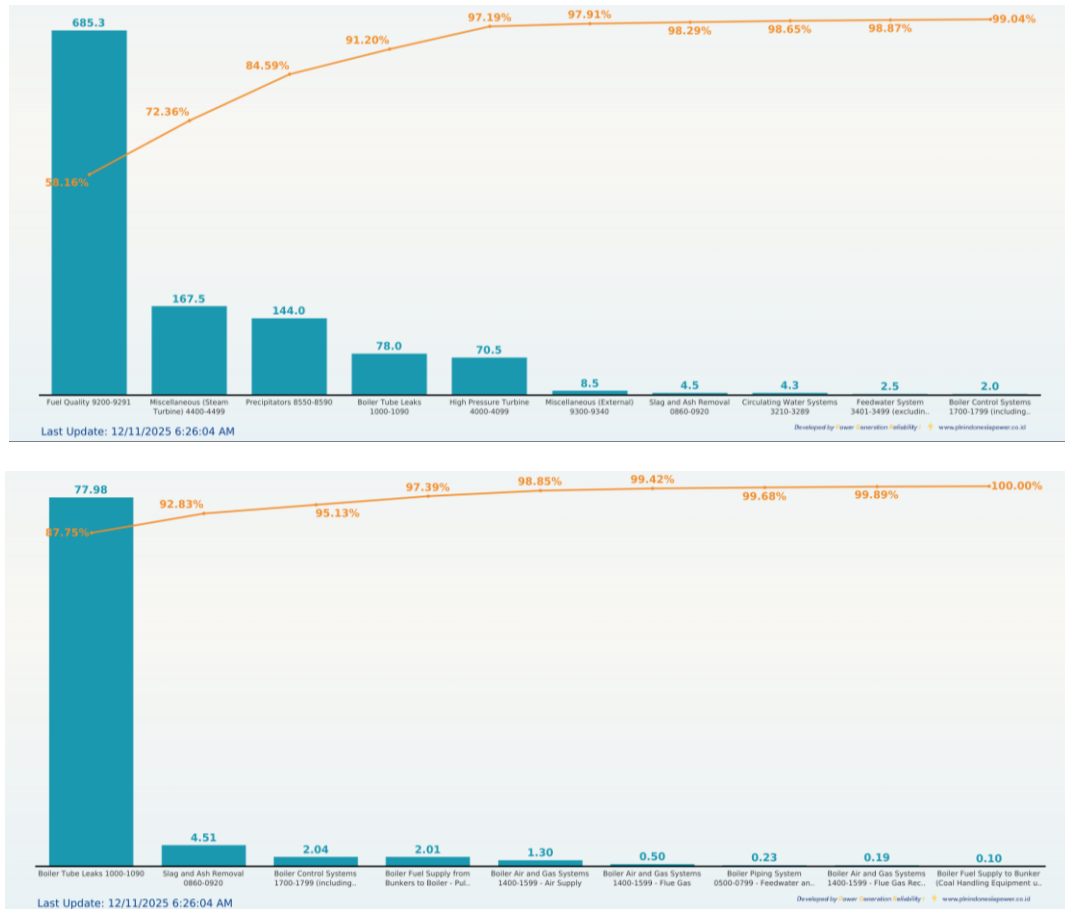
Namun demikian, jenis batubara yang tersedia di Indonesia memiliki variasi kualitas yang cukup besar. Sebagian besar cadangan batubara nasional tergolong ke dalam kategori *Medium Rank Coal* (MRC) dan *Low Rank Coal* (LRC), sedangkan batubara *High Rank Coal* (HRC) jumlahnya relatif terbatas dan sebagian besar diekspor. Padahal, beberapa PLTU di Indonesia pada awal perancangannya menggunakan batubara HRC sebagai bahan bakar utama karena memiliki nilai kalor tinggi, kadar air rendah, serta karakteristik pembakaran yang lebih stabil sehingga mampu menghasilkan efisiensi boiler yang relatif tinggi.

Terbatasnya pasokan HRC di dalam negeri serta tingginya harga jualnya mendorong diterapkannya kebijakan *coal switching*, yaitu perubahan jenis batubara dari HRC ke MRC. Kebijakan ini bertujuan untuk menyesuaikan ketersediaan pasokan domestik serta menekan biaya operasi pembangkit. Meskipun demikian, peralihan jenis batubara ini tidak dapat dilakukan tanpa kajian teknis yang matang karena perbedaan karakteristik antara HRC dan MRC berpotensi menimbulkan perubahan pada proses pembakaran dan pola perpindahan panas di dalam boiler.

Batubara MRC umumnya memiliki nilai kalor yang lebih rendah dan kandungan *moisture* yang lebih tinggi dibandingkan HRC. Kandungan *moisture* yang tinggi menyebabkan sebagian energi hasil pembakaran digunakan untuk menguapkan air dalam bahan bakar, sehingga energi yang tersedia untuk pembentukan uap menjadi lebih kecil. Selain itu, perbedaan kandungan *volatile matter* dan komposisi kimia batubara dapat memengaruhi kebutuhan udara pembakaran dan kesempurnaan reaksi pembakaran di dalam *furnace*. Kondisi ini secara langsung akan berdampak pada besarnya kehilangan panas (*heat loss*) dan efisiensi boiler.

Salah satu pembangkit yang mengalami kondisi tersebut adalah PLTU Ombilin Unit 1 dengan kapasitas terpasang sebesar 100 MW. Unit ini pada awalnya dirancang untuk menggunakan batubara HRC dengan nilai kalor sekitar 6000 kcal/kg. Namun, karena keterbatasan pasokan HRC, unit ini kemudian beralih menggunakan batubara MRC dengan nilai kalor berkisar antara 4000–4500 kcal/kg. Pola operasi unit dijalankan dengan sistem *sliding pressure*, di mana tekanan uap utama menyesuaikan perubahan beban dan kebutuhan sistem tenaga listrik.

Perubahan jenis batubara yang digunakan menyebabkan perubahan karakteristik pembakaran dan perpindahan panas di dalam boiler. Hasil observasi operasi menunjukkan bahwa penggunaan batubara MRC cenderung diikuti oleh meningkatnya kadar *excess air* dan kandungan O₂ pada gas buang, meningkatnya potensi terjadinya *slagging* dan *fouling* pada area *furnace* dan *superheater*, serta munculnya gangguan pada pipa-pipa pemanas akibat ketidakseimbangan distribusi panas. Kondisi tersebut mengindikasikan adanya peningkatan kehilangan panas sistem dan penurunan efisiensi boiler dibandingkan saat menggunakan batubara HRC.



Gambar 1 Diagram Pareto Gangguan PLTU Ombilin Unit 1

Selain perbedaan antara batubara HRC dan MRC secara umum, dalam praktik operasi pembangkit juga dijumpai variasi kualitas batubara di dalam kelompok MRC itu sendiri. Variasi ini dapat terjadi pada nilai kalor, kandungan *moisture*, serta komposisi kimia batubara meskipun masih berada dalam kategori MRC. Variasi kualitas tersebut berpotensi menyebabkan perbedaan besarnya kehilangan panas dan tingkat penurunan efisiensi boiler yang berbeda pula.

Oleh karena itu, diperlukan kajian teknis yang tidak hanya membandingkan efisiensi boiler pada penggunaan batubara HRC dan MRC secara umum, tetapi juga menganalisis pengaruh variasi kualitas batubara dalam kelompok MRC terhadap

kinerja termal boiler. Dalam penelitian ini digunakan dua variasi batubara MRC, yaitu MRC-1 dan MRC-2, untuk mengevaluasi sensitivitas perubahan karakteristik batubara terhadap efisiensi boiler PLTU Ombilin Unit 1.

Analisis efisiensi boiler dilakukan dengan menggunakan metode langsung (*direct method*) dan metode tidak langsung (*indirect method*). Metode langsung digunakan untuk melihat kecenderungan perubahan efisiensi secara keseluruhan, sedangkan metode tidak langsung digunakan sebagai metode utama untuk menganalisis sumber-sumber kehilangan panas secara rinci. Perhitungan metode tidak langsung mengacu pada standar ASME PTC 4-1 dengan mempertimbangkan komponen kehilangan panas L_1 sampai dengan L_8 , sehingga mekanisme fisik penurunan efisiensi boiler akibat *coal switching* dapat dijelaskan secara kuantitatif.

Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan gambaran yang komprehensif mengenai dampak *coal switching* terhadap efisiensi boiler serta menjadi dasar evaluasi pengaturan sistem pembakaran dan strategi operasi guna meminimalkan penurunan kinerja boiler akibat perubahan kualitas bahan bakar.

1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang dan masalah diatas, maka didapatkan rumusan masalah yang dapat diambil, yaitu :

1. Bagaimana perbedaan karakteristik batubara *High Rank Coal* (HRC) dan dua variasi *Medium Rank Coal* (MRC-1 dan MRC-2) yang digunakan sebagai bahan bakar boiler berdasarkan data *Certificate of Analysis* (COA)?
2. Berapa besar efisiensi boiler PLTU Ombilin Unit 1 berdasarkan metode langsung dan metode tidak langsung pada penggunaan batubara HRC, MRC-1, dan MRC-2?
3. Bagaimana perbedaan masing-masing komponen kehilangan panas L_1 sampai dengan L_8 pada penggunaan batubara HRC, MRC-1, dan

MRC-2?

4. Bagaimana pengaruh *coal switching* dari HRC ke MRC-1 dan MRC-2 terhadap kinerja termal boiler, khususnya terhadap perubahan efisiensi boiler?

1.3. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan daripada penelitian yang dapat diambil antara lain :

1. Mengetahui dan membandingkan karakteristik batubara *High Rank Coal* (HRC) dan dua variasi *Medium Rank Coal* (MRC-1 dan MRC-2) yang digunakan sebagai bahan bakar boiler berdasarkan data *Certificate of Analysis* (COA).
2. Menghitung efisiensi boiler menggunakan metode langsung dan metode tidak langsung pada masing-masing jenis batubara.
3. Menganalisis komponen kehilangan panas L_1 sampai dengan L_8 sebagai penyebab perubahan efisiensi boiler.
4. Menganalisis pengaruh *coal switching* dari MRC ke MRC-1 dan MRC-2 terhadap kinerja termal boiler, khususnya terhadap perubahan efisiensi boiler.

1.4. Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah:

1. Memberikan informasi mengenai perbedaan karakteristik batubara *High Rank Coal* (HRC) dan dua variasi *Medium Rank Coal* (MRC-1 dan MRC-2) serta pengaruhnya terhadap proses pembakaran di boiler.
2. Menyajikan hasil perhitungan efisiensi boiler pada kondisi penggunaan batubara MRC, MRC-1, dan MRC-2 berdasarkan metode langsung dan tidak langsung sebagai dasar evaluasi kinerja boiler setelah dilakukan *coal switching*.

3. Menunjukkan perubahan komponen kehilangan panas (*heat loss*) yang meliputi L_1 sampai dengan L_8 pada kondisi penggunaan batubara HRC, MRC-1, dan MRC-2 sebagai penyebab utama perubahan efisiensi boiler.
4. Menjadi bahan pertimbangan teknis bagi pihak operasional dalam menentukan strategi pengaturan sistem pembakaran dan pengelolaan kualitas batubara pada penggunaan batubara MRC agar penurunan efisiensi boiler dapat diminimalkan.

1.5. Ruang Lingkup Masalah

Pada penelitian ini terdapat batasan masalah dikarenakan terdapat banyaknya permasalahan yang akan ditemukan pada penelitian ini, agar pembahasan tidak menjadi meluas serta memiliki batasan yang jelas. Adapun yang menjadi batasan masalah adalah sebagai berikut :

1. Penelitian difokuskan pada analisis pengaruh perubahan jenis batubara (*coal switching*) dari *High Rank Coal* (HRC) ke dua variasi *Medium Rank Coal* (MRC-1 dan MRC-2) terhadap efisiensi boiler.
2. Kajian dilakukan pada PLTU Ombilin Unit 1 dengan kapasitas terpasang 100 MW pada kondisi operasi beban yang relatif sama (65 MW)
3. Perhitungan efisiensi boiler dilakukan menggunakan metode langsung (*direct method*) dan metode tidak langsung (*indirect method*) berdasarkan komponen kehilangan panas (*heat loss*) yang meliputi L_1 sampai dengan L_8 .
4. Data yang digunakan dalam penelitian meliputi data karakteristik batubara (COA) dan data operasi boiler seperti temperatur gas buang, temperatur ambien, kadar O_2 dan CO_2 gas buang, serta nilai *unburned carbon* (LOI) abu.

5. Pembahasan dibatasi pada aspek kinerja termal boiler, khususnya efisiensi boiler dan komponen *heat loss*. Aspek lain seperti biaya operasi, kebijakan energi, emisi, *slagging*, *fouling*, serta kinerja turbin tidak dibahas secara mendalam kecuali jika berkaitan langsung dengan perubahan efisiensi boiler.

1.6. Kebaharuan

Kebaharuan penelitian ini terletak pada analisis *coal switching* yang tidak hanya membandingkan HRC dan MRC secara umum, tetapi juga menelaah perbedaan kualitas di dalam kelompok MRC (MRC-1 dan MRC-2) pada kondisi beban operasi yang setara. Penelitian ini tidak berhenti pada nilai efisiensi total, tetapi menguraikan penyebab penurunannya melalui komponen kehilangan panas (L_1 – L_8), sehingga mampu menjelaskan mekanisme fisik penurunan efisiensi akibat *moisture*, *excess air*, dan karbon tidak terbakar. Dengan menggunakan data karakteristik batubara dan data operasi nyata pembangkit secara terpadu, hasil penelitian menjadi lebih aplikatif dan relevan sebagai dasar evaluasi kinerja boiler setelah *coal switching*.

1.7. Hipotesis

Hipotesis penelitian ini adalah bahwa *coal switching* dari HRC ke MRC menurunkan efisiensi boiler, dan penurunan tersebut semakin besar pada batubara MRC dengan nilai kalor lebih rendah dan *moisture* lebih tinggi akibat meningkatnya kehilangan panas melalui gas buang, penguapan air, dan karbon tidak terbakar.