

memenuhi kriteria keberhasilan proyek yang ditetapkan.

Tujuan penelitian ini adalah melakukan pengukuran dan analisis kinerja pra–pasca overhaul melalui performance test dengan parameter utama heat rate/NPHR (basis HHV), efisiensi unit, dan auxiliary power pada kondisi uji yang setara dan ternormalisasi; menyusun serta membandingkan Pareto heat loss sebelum dan sesudah overhaul untuk mengidentifikasi kehilangan panas dominan dan perubahan kontribusinya; serta mengevaluasi keberhasilan proyek overhaul berdasarkan capaian outcome kinerja dan mengidentifikasi faktor-faktor teknis yang memengaruhinya.

Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat praktis bagi pengelola pembangkit dan pemangku kepentingan terkait dalam meningkatkan keandalan dan efisiensi penyediaan energi, khususnya pada fasilitas co-generation industri. Selain itu, penelitian ini diharapkan dapat menjadi dasar evaluasi yang lebih objektif terhadap keberhasilan proyek overhaul serta sebagai acuan dalam penetapan prioritas tindakan operasi dan pemeliharaan di masa mendatang.

Untuk menjaga fokus pembahasan, penelitian ini dibatasi pada evaluasi keberhasilan proyek overhaul dari perspektif kinerja termal unit, tanpa membahas secara rinci aspek biaya dan

jadwal proyek. Analisis mencakup perbandingan kinerja pra–pasca overhaul berdasarkan performance test pada tingkat beban uji yang sama dengan normalisasi kondisi operasi, meliputi kondisi lingkungan, cooling water, dan kualitas bahan bakar. Penyusunan dan perbandingan Pareto heat loss dilakukan untuk mengaitkan perubahan kinerja dengan lingkup pekerjaan overhaul. Penelitian ini terbatas pada unit dan peralatan yang termasuk dalam lingkup overhaul, sementara perubahan kinerja akibat modifikasi desain di luar overhaul atau kebijakan operasi jangka panjang tidak dibahas. Analisis tekno-ekonomi rinci serta pembahasan ketidakpastian pengukuran disajikan secara terbatas dan dirujuk pada standar yang relevan di bagian metodologi atau lampiran.

## 2. Metodologi

### 2.2 Desain Penelitian

Penelitian ini menggunakan desain komparatif *before–after* dengan membandingkan kinerja unit pra-overhaul dan pasca-overhaul pada tingkat beban uji yang setara. Data diuji dengan normalisasi kondisi operasi untuk meminimalkan pengaruh faktor eksternal.

### 2.3 Parameter Kinerja dan Rumus Perhitungan

#### a. Net Plant Heat Rate (NPHR)

$$NPHR = \frac{\text{Total energi bahan bakar masuk (HHV)}}{\text{Net electrical output}} \\ [\text{kCal/kWh}]$$

b. Efisiensi Boiler (HHV Basis)

$$\eta_{\text{boiler}} = \frac{\text{Energi uap keluar boiler}}{\text{Energi bahan bakar masuk (HHV)}} \times 100\%$$

c. Efisiensi Unit

$$\eta_{\text{unit}} = \frac{\text{Net electrical output}}{\text{Energi panas masuk}} \times 100\%$$

d. Auxiliary Power Consumption

$$\text{Aux Power} = \frac{\text{Auxiliary power}}{\text{Gross power output}} \times 100\%$$

## 2.4 Standar dan Acuan

Pengujian dan perhitungan kinerja mengacu pada standar berikut:

- ASME PTC 1 – General Instructions
- ASME PTC 4 – Fired Steam Generators
- ASME PTC 6 – Steam Turbines
- ASME PTC 12 – Feedwater Heaters and Condensers
- ASME PTC 19 Series – Measurement Uncertainty

Standar ini digunakan untuk memastikan konsistensi metode, akurasi pengukuran, serta keterbandingan hasil dengan praktik industri dan penelitian sebelumnya.

## 3. Hasil

### 3.1 Ringkasan Hasil Performance Test

Tabel 1. Hasil Performance Test

| No                    | Parameter                         | Unit     | Value     |          |           |         |
|-----------------------|-----------------------------------|----------|-----------|----------|-----------|---------|
|                       |                                   |          | Before OH | After OH | Deviation | Percent |
| Organizational / Unit |                                   |          |           |          |           |         |
| 1                     | Gross Power Output                | MW       | 59        | 61       | +2        |         |
| 2                     | Auxiliary Power Consumption       | MW       | 5,75      | 5,40     | 0,35      | 6,09    |
| 3                     | Nilai Kalor BB                    | kcal/kg  | 3950,00   | 3892,00  | -58       |         |
| 4                     | Coal Flow                         | ton/h    | 37,82     | 38,03    | 0,21      |         |
| 5                     | SFC                               |          | 0,6486    | 0,6478   | 0,0008    | 0,12    |
| 6                     | Nett Plant Heat Rate (HHV Basis)  | kCal/kWh | 2763,56   | 2628,42  | -135,14   | 4,89    |
| 7                     | Nett Plant Heat Rate (l/o method) | kCal/kWh | 2688,43   | 2619,20  | -69,23    | 2,58    |
| System & Equipment    |                                   |          |           |          |           |         |
| 1                     | Condenser Cleanliness             | %        | 70,74     | 73,23    | 2,49      | 3,52    |
| 2                     | Air Heater Leakage A              | %        | 14,02     | 13,65    | -0,37     | 2,64    |
| 3                     | Air Heater Effectiveness A        | %        | 66,22     | 67,34    | 1,12      | 1,69    |
| 4                     | Air Heater Leakage B              | %        | 8,43      | 8,07     | -0,36     | 4,27    |
| 5                     | Air Heater Effectiveness B        | %        | 67,79     | 69,75    | 1,96      | 2,89    |

Setelah dilakukan overhaul, kinerja unit menunjukkan peningkatan efisiensi rata-rata sebesar 3,19%.

Tabel 2. Performance by Design

| No. | Item                       | Symbol                    | Unit     | Design    |
|-----|----------------------------|---------------------------|----------|-----------|
| 1   | Gross Power output         | Pg                        | kW       | 70.000,00 |
| 2   | Pemakaian sendiri + Losses | Paux + PL                 | kW       | 6.440,00  |
| 3   | NPHR HHV                   |                           | kCal/kWh | 2.539,46  |
| 4   | NPHR LHV input output      |                           | kCal/kWh | 2.387,61  |
| 8   | Boiler Efficiency HHV Base | $\eta_{Bf} \text{ (HHV)}$ | %        | 85,00     |
| 9   | Boiler Efficiency LHV Base | $\eta_{Bf} \text{ (LHV)}$ | %        | 91,00     |
| 10  | Nilai Kalor (HHV - AR)     | HHV                       | kCal/Kg  | 3.880,00  |
| 11  | Nilai Kalor LHV            | LHV                       | kCal/Kg  | 3.648,00  |
| 12  | Coal Flow                  | mhb                       | T/h      | 41,60     |
| 13  | Main Steam Flow            | mms                       | T/h      | 249,19    |
| 14  | Steam Rate                 |                           | T/MW     | 3,83      |
| 15  | Efficiency Thermal HHV     |                           | %        | 33,86     |
| 16  | Turbine Heat Rate          | THR                       | kJ/kWh   | 9.475,00  |
| 17  | Specific Fuel Consumption  | sfc                       | kg/kWh   |           |

Berdasarkan perbandingan dengan nilai desain dan benchmark pembangkit batubara secara umum, nilai *Nett Plant Heat Rate* setelah overhaul sebesar 2628 kCal/kWh masih berada dalam rentang yang wajar untuk pembangkit dengan umur operasi lebih dari 30 tahun. Deviasi terhadap nilai desain hanya sekitar 3–5%, sehingga kondisi unit dapat dikategorikan masih dalam kondisi operasi yang baik (good aging plant condition). Selain itu, hasil performance test menunjukkan bahwa kegiatan overhaul berhasil memperbaiki performa unit dan mendekatkan kondisi operasi menuju nilai desain.