



INNOVATIVE: Journal Of Social Science Research

Volume 4 Nomor 2 Tahun 2024 Page 4907-4918

E-ISSN 2807-4238 and P-ISSN 2807-4246

Website: <https://j-innovative.org/index.php/Innovative>

Studi Termodinamika Pengaruh Hidden Capacity Pada Pembangkit Listrik Tenaga Uap dengan Permodelan GateCycle

Mahmuddin^{1✉}, Hairun Apriadi², Syahrir Habiba³

Universitas Muslim Indonesia

Email: mahmuddin@umi.ac.id^{1✉}

Abstrak

Kebutuhan pasokan listrik di setiap tahunnya mengalami kenaikan, sedangkan batubara sebagai bahan bakar utama PLTU mengalami kenaikan harga dan tingginya permintaan ekspor dari luar menyebabkan batubara di Indonesia harus menggunakan batubara dengan jenis kualitas rendah. Dengan memperhatikan segi faktor bahan bakar dan parameter operasi pada kinerja boiler agar efisien menggunakan metode ASME PTC 4. Langkah-langkah yang digunakan dalam penelitian ini, diawali dengan pengambilan data PLTU. Metode analisa unjuk kerja pembangkit dilakukan dengan analisa termodinamika dan menjalankan software pembangkit, yaitu GateCycle untuk mengetahui hidden capacity suatu pembangkit. Data yang digunakan disesuaikan dengan kondisi operasi dan data desain di PLTU Barru Unit 2. Variasi yang dipakai pada metode ini adalah variasi batubara terhadap pembebanan sebelum overhaul dan setelah overhaul. Hasil dari analisa Simulasi GateCycle yang telah dilakukan pada saat sebelum overhaul dan setelah overhaul pada pembebanan pembangkit sebesar 100% didapatkan heat loss pada efisiensi turbin sebesar 5,95%. Dengan analisa secara termodinamika didapatkan flowrate bahan bakar yang diumpankan ke dalam boiler terjadi perbedaan sebesar 17,08%, Heat Rate yang dihasilkan mengalami penurunan sebesar 3,84% yang identik dengan peningkatan efisiensi pembangkit sebesar 6%, Efisiensi Boiler yang didapatkan pun meningkat sebesar 0,4%.

Kata Kunci: *Variasi Bahan Bakar, Efisiensi, Hidden Capacity, Gatecycle*

Abstract

The need for electricity supply has increased every year. In contrast, coal as the primary fuel for PLTU has increased in price and the high demand for exports from outside causes coal in Indonesia to use coal with low-quality types by paying attention to the fuel factor and operating parameters on boiler performance to be efficient using the ASME PTC 4 method. The steps used in this research started with taking PLTU data. The plant's performance is analyzed by analyzing thermodynamics and running the generator software, namely gate cycle, to discover a plant's hidden capacity. The data is adjusted to the operating conditions and design data at PLTU Barru Unit 2. The variation used in this method is the variation of coal to loading before overhaul and after overhaul. The results of the GateCycle Simulation analysis that was carried out at the time before and after the overhaul at a plant loading of 100% obtained heat loss in turbine efficiency of 5.95%. By analyzing thermodynamically obtained fuel flowrate fed into the boiler, there is a difference of 17.08%, the resulting Heat Rate has decreased by 3.84%, identical to the increase in generating efficiency by 6%, and the Boiler Efficiency obtained has increased by 0.4%.

Keywords: *Fuel Variation, Efficiency, Hidden Capacity, Gate Cycle*

PENDAHULUAN

Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) telah banyak digunakan di Indonesia karena biaya produksi yang murah serta menghasilkan daya yang cukup besar dengan kapasitas terpasang PLTU pada tahun 2019 sebesar 38.657 MW dengan presentase sebesar 55,46% dari total kapasitas pembangkit 69.678 MW [1]. Kebutuhan pasokan listrik yang setiap tahunnya relatif naik, khususnya pada PLTU berfokus untuk memaksimalkan dan menjaga kualitas produksi keandalan listriknya dengan bahan bakar yang tersedia. Cadangan batubara Indonesia sebesar 60% dalam kategori kualitas rendah (dibawah 5100 cal/gram) yang pada akhirnya kurangnya minat dunia sehingga jarang diekspor dan dimanfaatkan untuk pemenuhan kebutuhan lokal. (Nathanael, 2020) [2]. Batubara yang diekspor dari total produksi pada tahun 2021 sebanyak 435.217.208 ton dan untuk kebutuhan domestik sebesar 133.043.362 ton. (Kementerian ESDM, 2021) [3] Dengan sumber energi yang berasal dari batubara yang mengandung nilai kalori batubara sekitar 6.300 – 8.300 Btu/lb atau dalam kategori low rank coal. (ASTM, 2005) [4]. Dengan kualitas seperti parameter nilai kalori yang bervariasi menyebabkan energi yang dihasilkan oleh pembakaran batubara juga berbeda, sehingga kinerja pada boiler dipengaruhi oleh nilai kualitas batubara yang digunakan. Suatu pembangkit listrik tenaga uap diperlukan banyak faktor dan evaluasi untuk dapat meningkatkan performa dan kinerja agar tercapai. Salah satunya memperhatikan segi faktor bahan bakar dengan efisien menggunakan analisa energi dan heat loss metode ASME PTC 4.

Mahmuddin & As'ad (2022) melakukan penelitian tentang Analisis Peningkatan Kebutuhan Udara Secondary Terhadap Kinerja Boiler Dan Turbine Pada Pltu Moramo. Penelitian ini untuk mengetahui presentase O₂ dalam gas buang boiler, Didapatkan bahwa perubahan kebutuhan udara secondary mempengaruhi kinerja efisiensi dari boiler secara signifikan dan hanya sedikit mempengaruhi efisiensi turbin pada PLTU Moramo. Kebutuhan udara pada proses pembakaran dengan variasi excess O₂ pada gas buang sebesar 3.0%, 3.5%, 4.0%, 4.5% dan 5.0%, menghasilkan tingkat konsumsi bahan bakar spesifik sebesar 0.660 kg/kWh, 0.663 kg/kWh, 0.670 kg/kWh, 0.676 kg/kWh dan 0.677 kg/kWh. Sehingga berdasarkan tingkat konsumsi bahan bakar spesifik terendah, kondisi excess O₂ sebesar 3.0% dianggap sebagai tingkat kebutuhan udara yang optimal dan menghasilkan efisiensi boiler sebesar 85.12% dan turbin sebesar 89,95%. [5]. Mahmuddin & Risal (2023) melakukan penelitian tentang Evaluasi Daya Sistem PLTU Kendari 3 Dengan Metode Economic Dispatch. Pada penelitian ini menggunakan metode economic dispatch dengan membandingkan gross plant heat rate (GPHR) antara unit 1 dan unit 2 dalam tiap variasi pembebanan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa GPHR tertinggi berada pada pembebanan 30 MW untuk unit 1 dan unit 2. Untuk mencapai pembangkitan efisien, beban listrik paling optimum pada permintaan beban 100 MW, dimana unit 1 dibebani 44,85 MW dan unit 2 dibebani 55,14 MW dan menghasilkan penghematan biaya produksi senilai Rp 244.000/jam [6].

Mahmuddin & Husni (2023) melakukan penelitian tentang Analisis kinerja boiler dan turbin uap pada pembangkit listrik tenaga uap PT Semen Tonasa. Pada penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kebutuhan excess O₂ pada proses pembakaran terhadap efisiensi boiler dan turbin. Variasi excess O₂ yang digunakan pada penelitian ini sebanyak 3 kali yakni 5.0%, 5.5%, dan 6.0%, atau ekuivalen dengan AFR sebesar 13.61, 13.73, dan 13,81 sehingga menghasilkan tingkat efisiensi boiler sebesar 60.63%, 60.30%, dan 60.08%, dan efisiensi termal siklus sebesar 63.56%, 62.88, dan 61.01 sedangkan efisiensi turbin yang diperoleh sebesar 68,25%, 62.44% dan 62.00%. Parameter optimal pada peningkatan excess O₂ terhadap prestasi kerja boiler dan turbin untuk mendapatkan proses pembakaran yang ideal dan nilai boiler losses adalah semakin tinggi excess O₂ maka semakin rendah efisiensi yang dihasilkan, semakin rendah excess O₂ maka semakin tinggi efisiensi yang dihasilkan. Perolehan nilai terbesar excess O₂ yaitu 5.0% atau ekuivalen dengan AFR sebesar 13,61 dan SFC pada nilai 0,750 kg/kWh menghasilkan efisiensi termal siklus boiler tertinggi senilai 63,56%. Efisiensi boiler pada kondisi optimal yaitu sebesar 60,63% dan serta efisiensi turbin sebesar 68,25%. [7]. Sori Tua (2014) melakukan penelitian tentang "Studi Pada Pengaruh Feedwater Heater 7 Terhadap Efisiensi Dan Biaya Konsumsi Bahan Bakar PLTU dengan

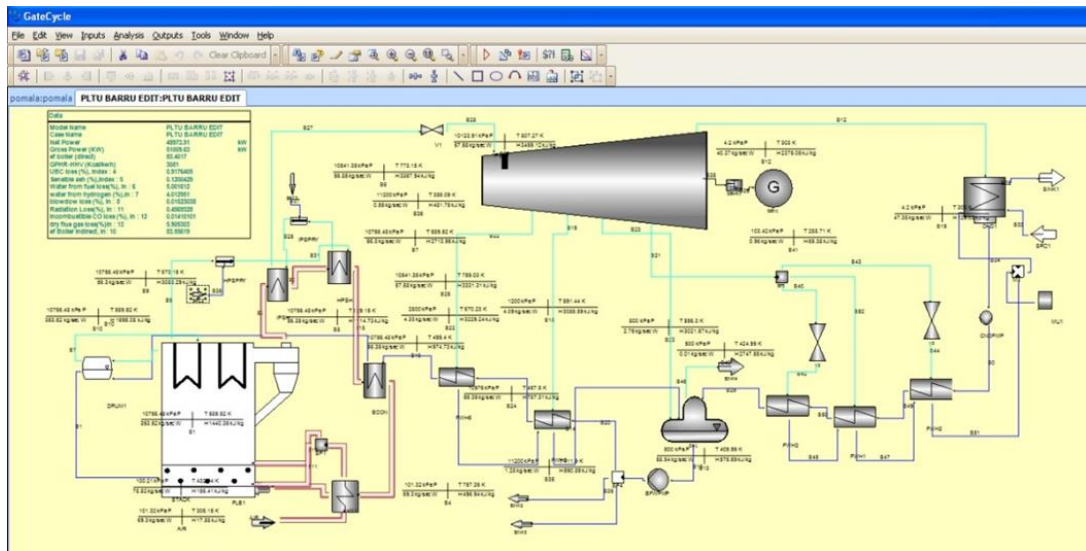
Pemodelan Gatecycle". Pada Penelitian ini untuk mengetahui analisa termodinamika powerplant kondisi bypass FWH7 serta pemodelan bypass FWH7 powerplant dengan gatecycle software, mengetahui variasi pemodelan powerplant saat kondisi normal, mengetahui kebutuhan bahan bakar dan mengetahui biaya akibat FWH7 tidak difungsikan. Dari hasil penelitian didapatkan adanya penurunan efisiensi sistem pembangkit bypass jika kondisi normal satu yang digunakan dengan nilai 0.78 %, dan mengalami kenaikan kebutuhan kalor didalam boiler sebesar 39,955,90kcal/hr sehingga penambahan jumlah kebutuhan bahan bakar yang dibutuhkan sebesar 225,874.13 kg/D dengan biaya kerugian sebesar 17,672.39 (US\$/D). Adanya penurunan efisiensi sistem pembangkit bypass jika kondisi normal satu yang digunakan dengan nilai 0.78%, dan mengalami kenaikan kebutuhan kalor didalam boiler sebesar 39,955,904 kcal/hr sehingga penambahan jumlah kebutuhan bahan bakar yang dibutuhkan sebesar 225,874.13 kg/D dengan biaya kerugian sebesar 17,672.39 (US\$/D) [8]. Daniel Adi Pradigdo (2015) melakukan penelitian "Simulasi Gate Cycle Pengaruh Aliran Massa Dan Posisi Ekstraksi Turbin Terhadap Performa Pembangkit Listrik Tenaga Uap 200 MW PT. PJB Gresik Unit Pembangkit 3". Pada penelitian ini bertujuan mengetahui efisiensi existing pembangkit sesuai dengan standart ASME PTC dan pengaruh besarnya prosentase ekstraksi aliran massa dan posisi ekstraksi terhadap efisiensi termal pembangkit. Dari hasil penelitian didapatkan pada variasi posisi 1-2, 1-3, dan 1-4 terjadi perubahan power dan heat rate secara signifikan sedangkan pada posisi 2-3, 2-4, dan 3-4 tidak terjadi perubahan secara signifikan, posisi yang terbaik terdapat pada posisi 1-4, Variasi aliran massa terbaik terjadi pada aliran massa sebesar 8% untuk HPH 1 dan 8% untuk HPH 2 dan variasi aliran massa terbaik terjadi pada aliran massa sebesar 8% untuk HPH 1 dan 8% untuk HPH 2 [9].

METODE PENELITIAN

Metode penelitian yang dipergunakan pada penelitian ini adalah metode deskriptif kuantitatif dan deskriptif kualitatif. Pada penelitian ini mendeskripsikan pengaruh kualitas batubara terhadap gross power output, plant heat rate, massa udara, main steam, efisiensi boiler, dan massa bahan bakar. Termasuk dalam penelitian kuantitatif karena membutuhkan perhitungan pada variabel penelitian dengan menggunakan acuan ASME PTC 4 dan menggunakan software pembangkit gatecycle serta berusaha memberikan rekomendasi untuk mengoptimalkan kinerja boiler. Tempat penelitian : PT Indonesia Power PLTU Barru Unit 2. Teknik pengumpulan dan pengolahan data:

1. Melakukan pengecekan pada alat ukur yang akan mengukur parameter.
2. Pengolahan data dan hasil, setelah semua proses pengambilan data dilakukan..

- Perhitungan gross power output, plant heat rate, massa udara, main steam, efisiensi boiler, dan massa bahan bakar menggunakan pendekatan termodinamika.
- Pemodelan dan Simulasi, Tahapan ini diawali dengan pemodelan PLTU Barru dengan menggunakan software Gate Cycle.



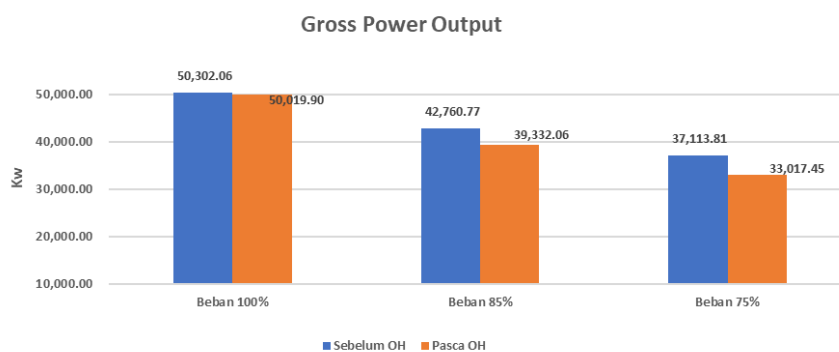
Gambar 1 Initial Conditions PLTU Barru 2 × 50 MW

- Pengolahan dan analisa data pengujian, Setelah proses perhitungan dan simulasi selesai, hasil simulasi ditampilkan dalam bentuk data visual dan juga grafik untuk dianalisis secara kuantitatif.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisa Gross Power Output

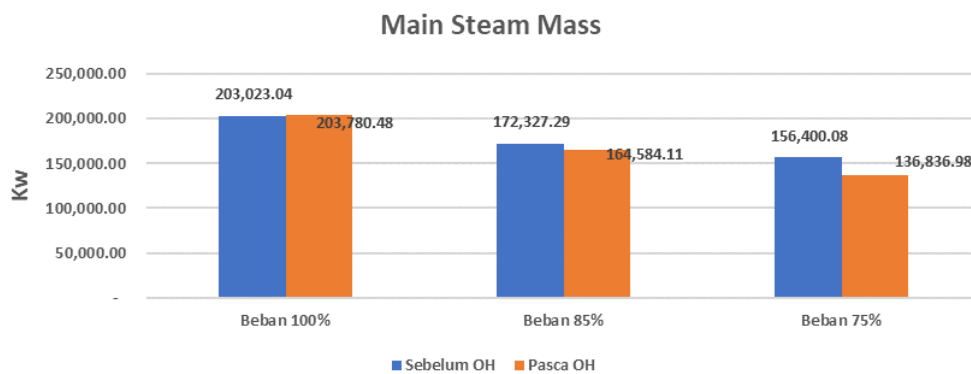
Gross Power Output yang dihasilkan oleh Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) PT. Indonesia Power Unit Barru pada setiap variasi pembebanan dan variasi kalori bahan bakar selalu memiliki selisih yang tidak terlalu besar. Pada gambar 3.2 dapat diambil kesimpulan bahwa Power Output yang dihasilkan pada beban 100% tidak memiliki selisih terlalu jauh sedangkan pada beban 85% memiliki selisih beban sekitar 3000 kW dan pada beban 75% memiliki selisih sekitar 4000 kW.



Gambar 2 Gross Power Output

Analisa Massa Main Steam

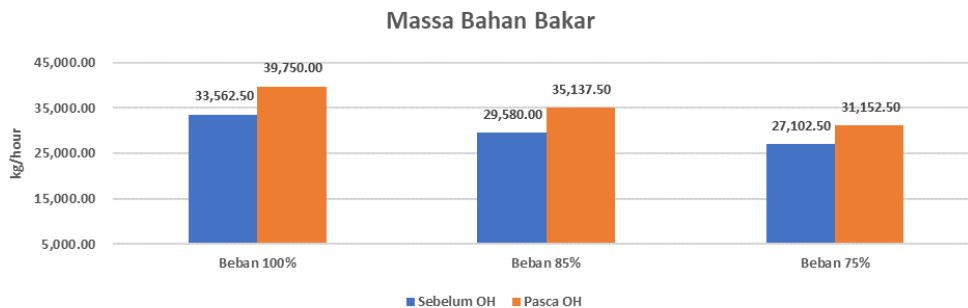
Massa main steam yang dihasilkan oleh Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) PT. Indonesia Power Unit Barru pada setiap variasi pembebanan dan variasi kalori bahan bakar selalu memiliki selisih yang sedikit. Pada gambar 3.3 dapat diambil kesimpulan bahwa flowrate mainsteam yang dihasilkan boiler adalah sama. Flowrate mainsteam yang dihasilkan sama, merupakan keuntungan yang didapatkan apabila dapat menggunakan jenis kalori bahan bakar yang tinggi, meskipun terdapat perbedaan Low Heating Value antara kedua jenis bahan bakar, namun flowrate mainsteam yang dihasilkan sama.



Gambar 3 Main Steam Mass

Analisa Massa Bahan Bakar Boiler

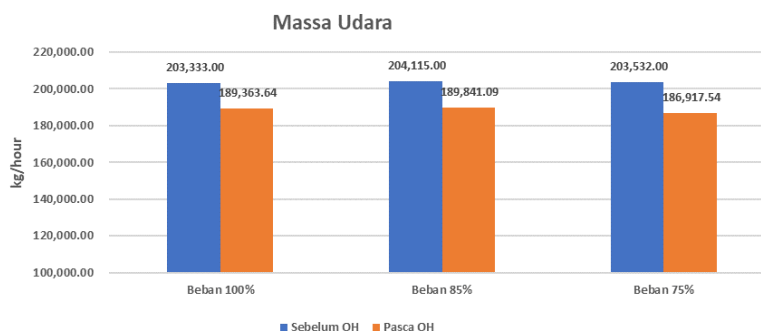
Massa bahan bakar yang dihasilkan oleh Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) PT. Indonesia Power Unit Barru pada setiap variasi pembebanan dan variasi kalori bahan bakar selalu memiliki selisih perbedaan yang cukup besar. Pada gambar 3.4 dapat diambil kesimpulan bahwa massa bahan bakar yang dihasilkan pada beban 100% tidak memiliki selisih 6000 kg/hour sedangkan pada beban 85% memiliki selisih 5000 kg/hour dan pada beban 75% memiliki selisih sekitar 4000 kg/hour. Hal yang menyebabkan flowrate bahan bakar sebelum overhaul lebih kecil nilainya dibandingkan flowrate bahan bakar setelah overhaul yaitu karena Low Heating Value Bahan Bakar sebelum overhaul sebesar 39.466 kJ/kg dan Low Heating Value dari bahan bakar Marine Fuel Oil sebesar 47.141 kJ/kg.



Gambar 4 Massa Bahan Bakar

Massa Udara

Dapat dilihat pada gambar 3.5, tren grafik dimulai pada variasi pembebanan 100% pada saat sebelum overhaul dan setelah overhaul dengan dua jenis kalori bahan bakar berbeda. Dengan perbedaan jenis kalori bahan bakar pada kondisi sebelum overhaul dengan pembebanan 100% udara yang disediakan oleh FD fan adalah sebesar 203.333 kg/hour sedangkan setelah overhaul 189.363 kg/hour. Pada beban 85% udara yang disediakan oleh FD fan sebelum overhaul 204.115 kg/hour dan setelah overhaul 189.841 kg/hour. Pada beban 75% udara yang disediakan oleh FD fan sebelum overhaul adalah sebesar 203.532 kg/hour sedangkan setelah pasca overhaul 186.917 kg/hour. Dapat dilihat tren grafik yang ada pada gambar 3.4, dimana flow rate yang harus disediakan oleh FD fan memiliki perbedaan seiring peningkatan beban yang diberikan. Hal ini terjadi karena ketika penambahan beban, maka flowrate bahan bakar juga meningkat.

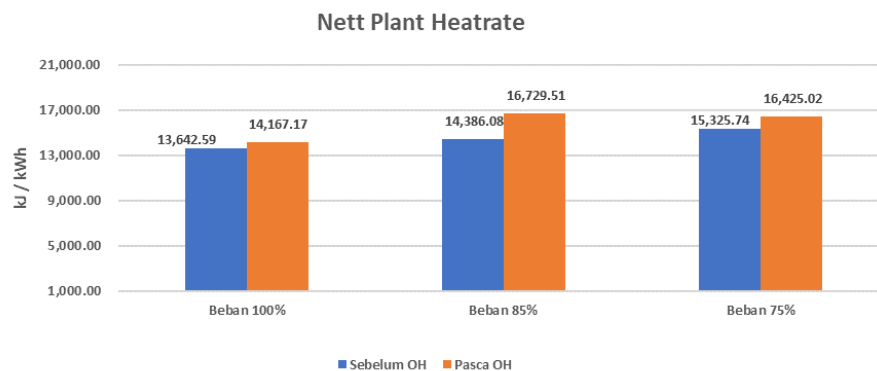


Gambar 5 Massa Udara

Analisa Net Plant Heat Rate

Pada pembebanan 100% yang memiliki Nett Power Output sebesar 50 MW. Terlihat bahwa heat rate yang dihasilkan lebih rendah ketika Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) PT. Indonesia Power Barru sebelum overhaul sebesar 13.642 kJ/kW.hour dibanding setelah pasca overhaul sebesar 14.167 kJ/kW.hour. Pada pembebanan 85% yang memiliki Nett Power Output sebesar 42 MW. Terlihat bahwa heat rate yang dihasilkan lebih rendah ketika Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) PT. Indonesia Power Barru sebelum overhaul sebesar

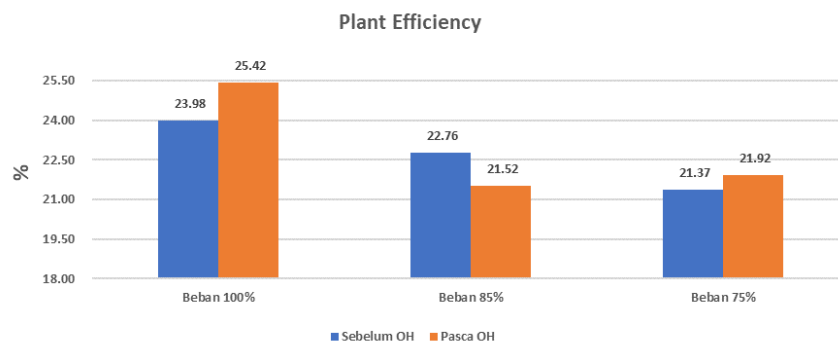
14.386 kJ/kW.hour dibanding setelah pasca overhaul sebesar 16.729 kJ/kW.hour. Pada pembebanan 75% yang memiliki Nett Power Output sebesar 37 MW. Terlihat bahwa heat rate yang dihasilkan lebih rendah ketika Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) PT. Indonesia Power Barru sebelum overhaul sebesar 15.325 kJ/kW.hour dibanding setelah pasca overhaul sebesar 16.425 kJ/kW.hour. Hal ini juga membuktikan bahwa semakin besar pembebanan yang diberikan pada pembangkit, maka juga akan menurunkan heat rate dari pembangkit itu sendiri.



Gambar 6 Nett Plant Heatrate

Analisa Efisiensi Pembangkit

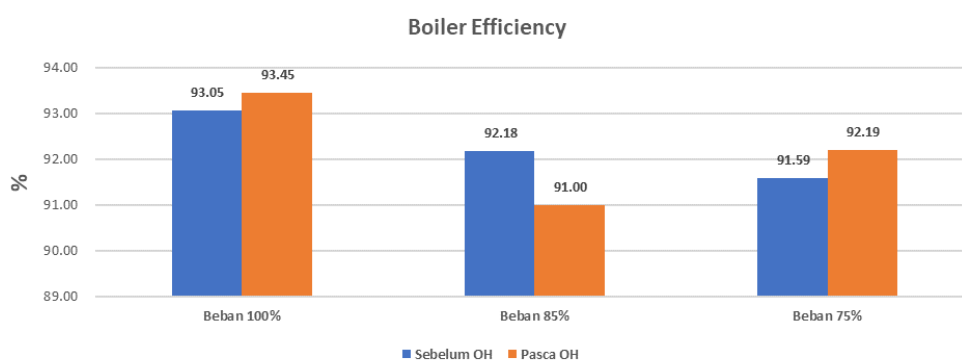
Pada gambar 3.7 dapat dilihat terdapat selisih dari efisiensi pembangkit yang dihasilkan Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) PT. Indonesia Power Barru pada saat sebelum overhaul dan setelah pasca overhaul. Pada saat sebelum overhaul, efisiensi pembangkit lebih rendah dibanding dengan efisiensi pembangkit setelah pasca overhaul. Hal ini disebabkan karena perbedaan Low Heating Value kedua jenis bahan bakar. Dengan Low Heating Value Bahan Bakar yang lebih tinggi, maka flowrate Bahan Bakar akan lebih kecil untuk menghasilkan daya yang sama. Semakin kecil flowrate bahan bakar maka akan semakin kecil Heat Rate, maka efisiensi pembangkit akan lebih baik.



Gambar 7 Plant Efficiency

Analisa Efisiensi Boiler

Pada pembebanan 100% keadaan pembangkit sebelum overhaul efisiensi boiler bernilai sebesar 93,05%. Pada keadaan pembangkit setelah pasca overhaul efisiensi boiler bernilai sebesar 94,5%. Pada beban 85% keadaan pembangkit sebelum overhaul efisiensi boiler bernilai sebesar 92.18%. Pada keadaan pembangkit setelah pasca overhaul efisiensi boiler bernilai sebesar 91%. Pada beban 75% keadaan pembangkit sebelum overhaul efisiensi boiler bernilai sebesar 91,59%. Pada keadaan pembangkit setelah pasca overhaul efisiensi boiler bernilai sebesar 92,19%. Dapat dilihat pada tren grafik gambar 3.8, bahwa dengan perbedaan kalori bahan bakar yang lebih tinggi, efisiensi boiler yang dihasilkan selalu lebih baik dibanding dengan kalori bahan bakar yang lebih rendah.



Gambar 8 Boiler Efficiency

Turbin Efisiensi Analysis

Pada pembebanan 100%, kondisi pembangkit sebelum overhaul efisiensi turbin bernilai 31,40%. Pada keadaan pembangkit setelah pasca overhaul, heat rate turbin bernilai 32,92%. Pada beban 85%, keadaan pembangkit sebelum dilakukan overhaul efisiensi turbin bernilai 30,46 %. Pada kondisi pembangkit setelah pasca overhaul, efisiensi turbin bernilai 29,63 %. Pada beban 75%, keadaan pembangkit sebelum dilakukan overhaul efisiensi turbin bernilai 28,98 %. Pada keadaan pembangkit setelah dilakukan overhaul efisiensi turbin bernilai 30,27 %. Dapat dilihat pada trend grafik gambar 3.9 bahwa dengan perbedaan kalori bahan bakar yang lebih tinggi, efisiensi turbin yang dihasilkan selalu lebih baik dibandingkan dengan kalori bahan bakar yang lebih rendah.

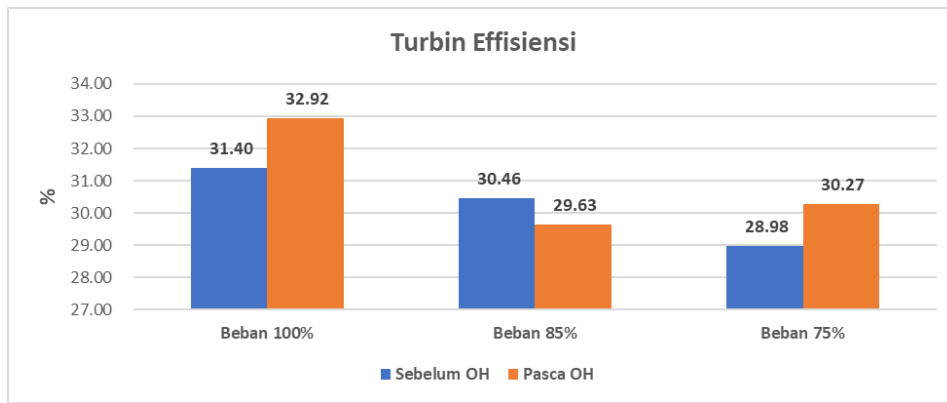


Figure 9 Turbin Effisiensi

Analisa Heat Loss Sebelum Overhaul

Berikut ini adalah data heat loss yang didapatkan sebelum dilakukan overhaul dengan menggunakan software gate cycle dimana heat loss terbesar terdapat pada vacuum condenser sebesar 218.14 kcal/kWh, pada main steam flow terdapat heat loss sebesar 130.73%, dan pada efisiensi turbin sebesar 85.52%. Kehilangan panas tersebut terjadi karena adanya proses perpindahan panas pada setiap level dan kerugian yang terdapat pada bahan bakar.

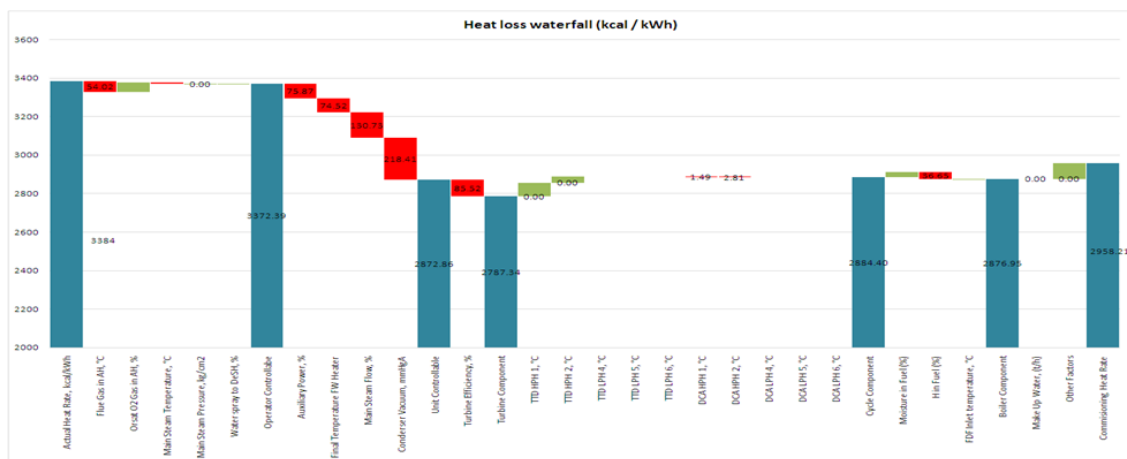
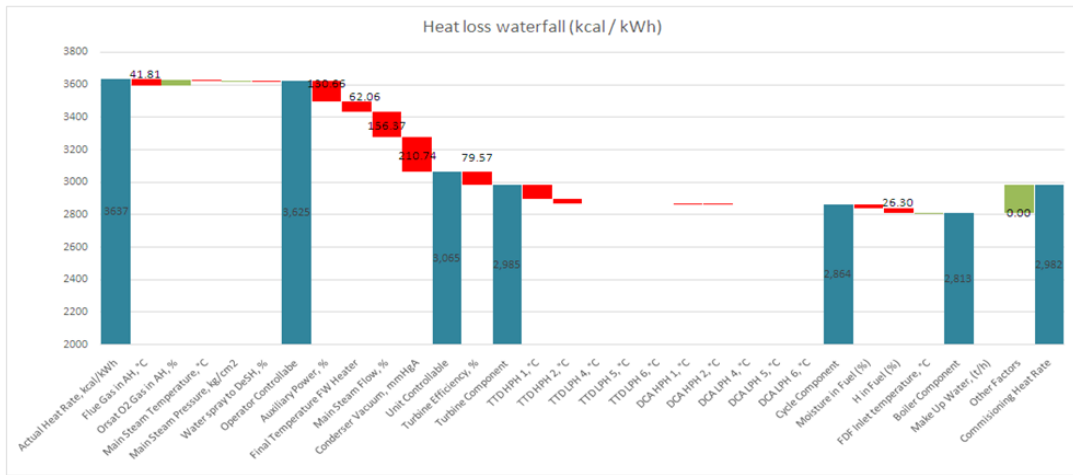


Figure 10 Diagram Waterfall Losses Sebelum Overhaul

Analisa Heat Loss Setelah Overhaul

Berikut ini adalah data heat loss yang didapatkan setelah dilakukan overhaul dengan menggunakan software gate cycle generator dimana heat loss terbesar terdapat pada vacuum condenser sebesar 210.74 mmHgA, pada main steam flow terdapat heat loss sebesar 156.73%, dan pada efficiency turbine sebesar 79.57%. Kehilangan panas terjadi karena adanya proses perpindahan panas pada setiap level dan losses yang terdapat pada bahan bakar.



Gambar 11 Diagram Waterfall Losses Setelah Overhaul

SIMPULAN

Hasil analisis dan pembahasan terkait penelitian, menunjukkan bahwa: 1). Perbedaan kalori bahan bakar batubara sebelum overhaul dan setelah pasca overhaul pada suatu pembangkit listrik akan mempengaruhi kinerja suatu pembangkit. Hal ini dapat dilihat dari peningkatan heat rate sebesar 3,84% dan perbedaan efisiensi pembangkit sebesar 6%. 2). Dengan perbedaan jenis kalori bahan bakar batu bara sebelum overhaul dan setelah overhaul, efisiensi boiler rata-rata adalah 0,4%. 3). Flow rate bahan bakar sebelum dan sesudah overhaul memiliki perbedaan sebesar 18,44% karena perbedaan nilai kalor yang rendah sebelum overhaul, yang lebih rendah daripada setelah overhaul. 4). Dalam mengatasi kehilangan beban di buat analisa menggunakan software gate cycle untuk mengatasi hal tersebut dengan membandingkan kondisi saat sebelum overhaul dan setelah overhaul, dengan perbedaan sebelum dan sesudah overhaul terdapat perbedaan Heat loss pada efisiensi turbin sebesar 5,95%.

DAFTAR PUSTAKA

- ASTM International. (2005). ASTM D388-05 Standard Classification of Coals by Rank. ASTM International,05(2005), 1–7.
- Daniel Adi Pradigdo (2015). Simulasi Gate Cycle Pengaruh Aliran Massa Dan Posisi Ekstraksi Turbin Terhadap Performa Pembangkit Listrik Tenaga Uap 200 MW PT. PJB Gresik Unit Pembangkit 3" , Surabaya
- Farid, M., & Kiswantono, A. (2021). Perancangan Aliran Daya Pada Pembangkit Listrik Tenaga Uap Kapasitas 8000 MW Menggunakan Software ETAP 16.0. 0. SinarFe7, 4(1), 277-281.
- Habibah, N. (2018). Analisis Kelayakan Investasi Terhadap Kondisi Existing Dan

- Repowering Pada Pembangkit Listrik Tenaga Uap Di Indonesia (Doctoral dissertation, Universitas Gadjah Mada).
- Hariyadi, S., & Setiyawan, A. (2014). Analisa Termodinamika Pengaruh Penurunan Tekanan Vakum pada Kondensor Terhadap Performa Siklus PLTU Menggunakan Software Gate Cycle. *Jurnal TEKNIK POMITS*.
- Kementerian ESDM. (2021). Handbook Of Energy & Economic Statistics Of Indonesia 2021. Kementerian ESDM.
- Mahmuddin, M., & As'ad., (2012). Analisis Peningkatan Kebutuhan Udara Secondary Terhadap Kinerja Boiler Dan Turbine Pada PLTU Moramo : *Jurnal Teknik Mesin*.
- Mahmuddin, M., & Husni, (2023). Analisis Kinerja Boiler Dan Turbin Uap Pada Pembangkit Listrik Tenaga Uap Unit 2 PT. Semen Tonasa: *Jurnal Teknik Mesin*, 1(3), 34-41.
- Mahmuddin, M., & Risal., (2012). Evaluasi Daya Sistem Pltu Kendari 3 Dengan Metode Economic Dispatch: *Jurnal Teknik Mesin*
- Muharom, D. (2016). Analisa Hidden Capacity Dengan Permodelan Gate Cycle Pada Pembangkit Listrik Tenaga Uap Studi Kasus Pada Pltu Air Anyir Bangka Unit 2 Kapasitas 30 MW PT. PLN (Persero).
- Nathanael, G. K. (2020). Kerjasama Luar Negeri Indonesia dan China: Studi Kasus Ekspor Batubara. *Jurnal Mandala Jurnal Ilmu Hubungan Internasional*, 203–219.
- Rambe, L. H., & Kasim, S. T. (2014). Studi Keandalan dan Ketersediaan Pembangkit Listrik Tenaga Uap Unit 2 PT. PLN (Persero) Sektor Pembangkitan Belawan. *Singuda Ensikom*, 6(3), 105-110.
- Ristyanto, A. N., Windarto, J., & Handoko, S. (2013). Simulator efisiensi sistem pembangkit listrik tenaga uap (PLTU) Rembang. *Transient: Jurnal Ilmiah Teknik Elektro*, 2(2), 234-240.
- Silahuddin, W. (2020). Simulasi dan Analisis Kesetimbangan Energi pada UJP Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) Barru 2X50 MW Dengan Menggunakan Cycle Tempo (Doctoral dissertation, Politeknik Negeri Ujung Pandang).
- Sori Tua (2014). Studi Pada Pengaruh Feedwater Heater 7 Terhadap Efisiensi Dan Biaya Konsumsi Bahan Bakar PLTU dengan Pemodelan Gatecycle". , Surabaya.