

Analisis Pengaruh Perubahan Pembebanan Listrik Terhadap Konsumsi Spesifik Bahan Bakar Pembangkitan, Heat Rate Dan Efisiensi Pada Unit 8 PLTU PT. Indonesian Tsingshan Stainless Steel

Andi Muh. Alkahfi Samanglangi^{1*}, Ludth Fiyana², Muhammad Nawir³, Syarifuddin Nojeng⁴, Andi Syarifuddin⁵

^{1,2,3,4,5}Program Studi Teknik Elektro, Universitas Muslim Indonesia, Makassar, Indonesia

Email: ¹alkahfisamanglangi@umi.ac.id; ²ludthfiyana@umi.ac.id; ³muhammadnawir@umi.ac.id; ⁴sugianto@umi.ac.id;

⁵asyarif@umi.ac.id

Received: 21 01 2024 | Revised: 03 02 2024 | Accepted: 27 02 2024 | Published: 28 03 2024

Abstrak

PT. Indonesia Tsingshan Stainless Steel (ITSS) adalah perusahaan Tiongkok di Kawasan Industri Morowali dengan 4-unit PLTU berkapasitas 350MW. Perubahan beban pada PLTU memengaruhi sistem pembangkit, sehingga penting mengetahui performa unit PLTU pada beban berbeda melalui konsumsi spesifik bahan bakar, heat rate, dan efisiensi. Penelitian ini menggunakan metode kuantitatif dengan data dari Distributed Control System (DCS) untuk menghitung konsumsi spesifik bahan bakar, heat rate, dan efisiensi, yang kemudian dianalisis. Hasil menunjukkan bahwa pada Oktober, dengan beban 300,36 MW, konsumsi spesifik bahan bakar tertinggi mencapai 1,35 kg/kWh (gross) dan 1,41 kg/kWh (net), heat rate tertinggi 4690,10 kkal/kWh (gross) dan 4866,15 kkal/kWh (net), serta efisiensi terendah sebesar 18,3%. Sebaliknya, pada Februari dengan beban 319,48 MW, konsumsi spesifik terendah mencapai 1,05 kg/kWh (gross) dan 1,09 kg/kWh (net), heat rate terendah 3615,83 kkal/kWh (gross) dan 3744,77 kkal/kWh (net), dengan efisiensi tertinggi sebesar 23,8%. Penelitian ini menyimpulkan bahwa kalori dan jumlah batu bara memengaruhi beban yang dihasilkan, yang pada gilirannya memengaruhi konsumsi bahan bakar, heat rate, dan efisiensi, sehingga dapat diketahui tingkat efisiensi pembangkit.

Kata Kunci: batu bara, beban, konsumsi spesifik bahan bakar, heat rate, efisiensi

1. Pendahuluan

PT. Indonesia Tsingshan Stainless Steel (ITSS) merupakan perusahaan induk asal Tiongkok yang berbasis di Kawasan Industri Morowali. Wilayah ini membentuk rantai industri pertama di dunia yang menghubungkan pertambangan, peleburan nikel, kromium dan besi, serta peleburan baja tahan karat. Ini adalah hasil dari perusahaan ini. Selain itu, proyek lain seperti pembangkit listrik termal, pembangkit listrik piroelektrik, pabrik kokas, pabrik semi kokas, produksi asam, ferrosilikon, silikomangan, dan dermaga logistik juga tersedia di perusahaan ini. Secara khusus, total kapasitas pembangkit listrik dalam kawasan tersebut lebih dari 2.000MW, pada PT. ITSS sendiri memiliki 4-unit PLTU dengan kapasitas 350MW. PLTU (Pembangkit Listrik Tenaga Uap) adalah pembangkit yang mengubah bahan bakar yaitu batu bara menjadi tenaga utama pembakaran untuk merubah air menjadi uap sehingga dapat menggerakkan poros turbin yang terhubung dengan poros generator untuk menghasilkan listrik, kemudian listrik tersebut disalurkan ke konsumen dengan jaringan transmisi maupun distribusi. Batu bara sebagai bahan utama dalam pembakaran dimasukkan

ke dalam furnace atau tungku dalam sistem boiler. Dalam boiler air diubah menjadi uap yang akan memutar poros turbin-generator.

Konsumsi spesifik bahan bakar, heat rate, dan juga efisiensi pembangkit, ketiganya saling berkaitan. Konsumsi spesifik bahan bakar merupakan jumlah pemakaian bahan bakar dalam hal ini batu bara yang digunakan oleh pembangkit untuk menghasilkan energi 1kW dalam 1 jam. Konsumsi spesifik bahan bakar PLTU perlu diketahui untuk membuat biaya produksi listrik lebih ekonomis dan juga untuk mengetahui seberapa efisien sebuah pembangkit. Diketuinya konsumsi spesifik bahan bakar juga sangat penting untuk mengetahui seberapa besar kalor batu bara yang dibutuhkan untuk pembakaran.

Heat rate adalah jumlah kalor yang dibutuhkan untuk memproduksi listrik sebanyak 1KW dalam 1 jam. Heat rate berbanding terbalik dengan efisiensi dan juga konsumsi spesifik bahan bakar. Semakin tinggi efisiensi dan nilai konsumsi spesifik bahan bakar maka semakin rendah nilai heat rate.

Efisiensi pembangkit merupakan nilai yang menyatakan bahwa keberhasilan suatu sistem pembangkit yang menyatakan performa sebuah pembangkit dalam menghasilkan listrik dengan satuan %.

Perubahan beban mempunyai pengaruh yang besar terhadap sistem pembangkit yang menyesuaikan sesuai dengan kebutuhan konsumen. Oleh karena itu, untuk mengetahui kinerja dan efisiensi PLTU pada beban yang diminta oleh unit pengatur beban, maka perlu diketahui kinerja unit PLTU pada beban yang berbeda-beda. Dalam hal kebutuhan efisiensi pada pembangkit listrik, faktor efisiensi merupakan hal yang sangat penting dan menjadi fokus pembahasan mengenai pembangkit listrik. Efisiensi termal merupakan parameter penting dalam menentukan efisiensi yang dihasilkan oleh suatu PLTU. Efisiensi termal dapat dihitung dengan menghitung keluaran panas pembangkit listrik dan nilai kalor bahan bakar yang digunakan [1].

Ketiga komponen tersebut saling berkaitan dan tidak dapat dipisahkan, perubahan beban pada pembangkit akan berpengaruh pada ketiga komponen tersebut, semakin tinggi beban maka efisiensi pembangkit dan konsumsi spesifik bahan bakar akan ikut mengalami kenaikan sementara nilai heat rate akan turun.

Berdasarkan dari uraian di atas, dapat disimpulkan bahwa ketiga komponen tersebut yaitu konsumsi spesifik bahan bakar, heat rate, dan juga efisiensi pembangkit perlu diketahui

nilainya, maka peneliti tertarik melakukan penilitan pada PLTU PT. ITSS dengan judul penelitian “Analisis Pengaruh Perubahan Pembebanan Listrik Terhadap Konsumsi Spesifik Bahan Bakar Pembangkitan, Heat Rate dan Efisiensi pada Unit 8 PLTU PT. ITSS”

2. Metode

Pembangkit listrik tenaga uap (PLTU) merupakan suatu sistem yang mengandalkan energi mekanik dari uap untuk menghasilkan energi listrik. Pada PLTU, energi primer yang diubah menjadi energi listrik adalah bahan bakar. Konversi energi tingkat pertama yang terjadi pada PLTU adalah konversi energi primer menjadi energi panas (panas). Hal ini terjadi pada ruang bakar ketel uap PLTU. Energi panas ini ditransfer ke air di dalam tabung boiler untuk menghasilkan uap, yang ditampung di drum boiler. Uap dari drum boiler dialirkan ke turbin uap.

3. Hasil dan Pembahasan

Berikut merupakan spesifikasi, jumlah batu bara, jumlah energi pemakaian dan beban generator yang diambil datanya mulai dari bulan mei 2023 sampai bulan april 2024.

Tabel 1 Spesifikasi Batu Bara

Bulan	Kalori Batu Bara (Cal)	Voltalite Meter (%)	Air (%)	Debu (%)	Fixed Carbon (%)	Sulfur (%)
Mei	3501,15	41,93	37,77	5,98	38,5	0,39
Juni	3545,67	41,51	37,12	6,28	38,77	0,44
Juli	3526,75	41,46	37,17	6,79	38,63	0,51
Agustus	3556,08	40,72	36,1	7,1	38,46	0,52
September	3543,01	41,56	37,1	5,73	38,92	0,35
Oktober	3462,04	40,95	37,51	6,59	37,93	0,46
November	3520,6	40,93	36,78	6,75	37,33	0,34
Desember	3554,81	40,65	36,57	6,17	38	0,4
Januari	3488,81	40,25	37,05	7,23	37,46	0,44
Februari	3427,87	41,01	38,14	6,48	37,75	0,31
Maret	3335,56	40,81	39,21	6,55	37,45	0,43
April	3392,27	41,35	38,98	6,62	37,49	0,28

Sumber : Data rekapan bulanan divisi boiler PLTU PT. ITSS

2) Jumlah Batu Bara, Jumlah energi pemakaian dan Beban generator.

Berikut merupakan tabel dari jumlah batu bara, jumlah energi pemakaian dan beban generator.

Tabel 2 Jumlah Batu Bara, Jumlah energy pemakaian dan Beban generator

Bulan	Jumlah Batu Bara (kg)	Energi yang dikeluarkan Generator (kWh)	Energi Penggunaan Sendiri (kWh)	Beban Generator (MW)
Mei	302707240	248190000	9521200	337,35
Juni	285682900	231414000	8894400	320,09
Juli	261466260	200910000	8084950	295,95
Agustus	292212180	249720000	9644000	338,2
September	227091760	181770000	6769300	332,93
Oktober	249246820	183984000	6656350	300,36
November	253987410	210348000	7233200	295,22
Desember	270123090	230412000	7905600	312,93
Januari	257143040	216870000	7516000	293,68
Februari	230153740	218190000	7512800	319,48
Maret	263314500	211686000	7504800	283,17
April	261201850	223704000	8205200	309,31

Sumber : Data rekapan bulanan divisi elektrik PLTU PT. ITS

Konsumsi Spesifik Bahan Bakar, *Heat Rate*, dan Efisiensi mulai dari bulan mei 2023 sampai bulan april 2024.

Dengan menggunakan persamaan (1) dan (2), nilai konsumsi spesifik batu bara pada bulan mei dapat dihitung sebagai berikut.

$$\text{SFC Gross} = \frac{Q_f}{\text{Gross Power}} \quad (1)$$

$$\text{SFC Gross} = \frac{302707240}{248190000}$$

$$\text{SFC Gross} = 1,22 \text{ kg/kWh}$$

$$\text{Net Gross} = \frac{Q_f}{\text{Net Power}} \quad (2)$$

$$\text{Net Gross} = \frac{302707240}{248190000 - 9521200}$$

$$\text{Net Gross} = \frac{302707240}{238668800}$$

$$\text{Net Gross} = 1,27 \text{ kg/kWh}$$

Dengan menggunakan persamaan yang sama untuk nilai konsumsi spesifik bahan bakar pada bulan-bulan berikutnya disajikan pada tabel berikut.

Tabel 3 Konsumsi Spesifik Bahan Bakar

Bulan	Konsumsi Spesifik Batu Bara Gross (kg/kWh)	Konsumsi Spesifik Batu Bara Net (kg/kWh)	Beban (MW)
Mei	1,22	1,27	337,35
Juni	1,23	1,28	320,09
Juli	1,30	1,36	295,95
Agustus	1,17	1,22	338,2
September	1,25	1,30	332,93
Oktober	1,35	1,41	300,36
November	1,21	1,25	295,22
Desember	1,17	1,21	312,93
Januari	1,19	1,23	293,68
Februari	1,05	1,09	319,48
Maret	1,24	1,29	283,17
April	1,17	1,21	309,31

Berdasarkan Tabel 3 di atas, mulai dari bulan mei 2023 sampai bulan april 2024 nilai dari konsumsi spesifik bahan bakar baik nilai gross atau net memiliki nilai yang berubah-ubah, hal ini disebabkan oleh nilai jumlah batu bara dan jumlah energi pemakaian yang berubah pula, bergantung terhadap kebutuhan konsumen.

Dengan menggunakan persamaan (3) dan (4), nilai dari *heat rate* pada bulan mei dapat dihitung sebagai berikut.

$$GP\!HR = \frac{Q_f \times LHV}{\text{Gross Power}} \quad (3)$$

$$GP\!HR = \frac{302707240 \times 3501,15}{248190000}$$

$$GP\!HR = 4270,21 \text{ kkal/kWh}$$

$$NP\!HR = \frac{Q_f \times LHV}{\text{Net Power}} \quad (4)$$

$$NP\!HR = \frac{302707240 \times 3501,15}{248190000 - 9521200}$$

$$NP\!HR = \frac{302707240 \times 3501,15}{238668800}$$

$$NP\!HR = 4440,56 \text{ kkal/kWh}$$

Dengan menggunakan persamaan yang sama untuk nilai *heat rate* pada bulan-bulan berikutnya disajikan pada tabel berikut.

Tabel 4 Heat Rate

Bulan	<i>Heat Rate</i> Gross (kkal/kWh)	<i>Heat Rate</i> Net (kkal/kWh)	Beban (MW)
Mei	4270,21	4440,56	337,35
Juni	4377,17	4552,13	320,09
Juli	4589,75	4782,19	295,95
Agustus	4161,18	4328,34	338,2
September	4426,41	4597,63	332,93
Oktober	4690,10	4866,15	300,36
November	4250,99	4402,38	295,22
Desember	4167,48	4315,54	312,93
Januari	4136,69	4285,20	293,68
Februari	3615,83	3744,77	319,48
Maret	4149,08	4301,58	283,17
April	3960,89	4111,70	309,31

Berdasarkan table diatas, *heat rate* berubah-ubah tiap bulannya. Nilai *heat* dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu, kalori batu bara, jumlah batu bara dan jumlah energi pemakaian.

Dengan menggunakan persamaan (5), nilai dari efisiensi pembangkit mulai dari bulan mei dapat dihitung sebagai berikut.

$$\eta_{th} = \frac{859,845}{Heat\ Rate} \times 100\% \quad (5)$$

$$\eta_{th} = \frac{859,845}{4270,21} \times 100\%$$

$$\eta_{th} = 20,1 \%$$

Dengan menggunakan persamaan yang sama untuk nilai efisiensi pembangkit pada bulan-bulan berikutnya disajikan pada tabel berikut.

Dengan menggunakan persamaan (5), nilai dari efisiensi pembangkit mulai dari bulan mei dapat dihitung sebagai berikut.

$$\eta_{th} = \frac{859,845}{Heat Rate} \times 100\% \quad (5)$$

$$\eta_{th} = \frac{859,845}{4270,21} \times 100\%$$

$$\eta_{th} = 20,1 \%$$

Dengan menggunakan persamaan yang sama untuk nilai efisiensi pembangkit pada bulan-bulan berikutnya disajikan pada tabel berikut.

Tabel 5 Efisiensi

Bulan	Efisiensi (%)	Beban (MW)
Mei	20,1	337,35
Juni	19,6	320,09
Juli	18,7	295,95
Agustus	20,7	338,2
September	19,4	332,93
Oktober	18,3	300,36
November	20,2	295,22
Desember	20,6	312,93
Januari	20,8	293,68
Februari	23,8	319,48
Maret	20,7	283,17
April	21,7	309,31

Berdasarkan Tabel 5 di atas, didapatkan nilai efisiensi dari pembangkit berubah tiap bulannya, nilai efisiensi yang didapat bergantung pada nilai *heat rate* yang didapatkan berdasarkan Tabel 4.

Pembebenan generator dapat diketahui dan dihitung berdasarkan nilai dari kalori batu bara dan jumlah batu bara dengan menggunakan persamaan (6) seperti pada bulan mei sebagai berikut.

Dik :

Kalori batu bara = 3501,15 kkal/kg

Massa batu bara = 302707240 kg

Efisiensi = 20,1 %

Energi (kWh) = kalori x jumlah batu bara x 0,27778 x efisiensi (6)

Energi (kWh) = 3501,15 x 302707240 x 0,27778 x 20,1 %

Energi (kWh) = 248025936,8 kWh

Selanjutnya nilai energi tersebut dapat dikonversi menjadi beban (MW) dengan persamaan berikut.

$$MW = \frac{\text{Energi} \times 1 \text{ MW}}{\text{Jam Operasi} \times 1000} \quad (7)$$

$$MW = \frac{248025936,8 \times 1 \text{ MW}}{744 \times 1000}$$

$$MW = 333,37 \text{ MW}$$

Dengan menggunakan persamaan yang sama didapatkan jumlah energi dan beban berdasarkan nilai kalori dan jumlah batu bara pada bulan-bulan selanjutnya adalah sebagai berikut.

Tabel 6 Data Perhitungan Pembebanan

Bulan	Jumlah Energi Hasil Perhitungan (kWh)	Jumlah Energi Data yang di dapatkan (kWh)	Selisih (%)	Beban Hasil Perhitungan (MW)	Beban Data yang didapatkan (MW)	Selisih (%)
Mei	248025936,8	248190000	0,00066	333,37	337,35	1,18
Juni	231261026,4	231414000	0,00066	321,20	320,09	0,35
Juli	200777190,7	200910000	0,00066	298,78	295,95	0,95
Agustus	249554925,4	249720000	0,00066	335,42	338,2	0,82
September	181649843	181770000	0,00066	332,69	332,93	0,07
Oktober	183862379,5	183984000	0,00066	300,43	300,36	0,02
November	210208951,8	210348000	0,00066	291,96	295,22	1,11
Desember	230259688,8	230412000	0,00066	309,49	312,93	1,10
Januari	216726640,5	216870000	0,00066	301,01	293,68	2,50
Februari	218045768	218190000	0,00066	313,28	319,48	1,94
Maret	211546067,4	211686000	0,00066	284,34	283,17	0,41
April	223556123	223704000	0,00066	310,49	309,31	0,38

Berdasarkan Tabel 6, maka dapat dibuktikan bahwa nilai dari kalori batu bara dan jumlah batu bara dapat mempengaruhi nilai beban dari pembangkit.

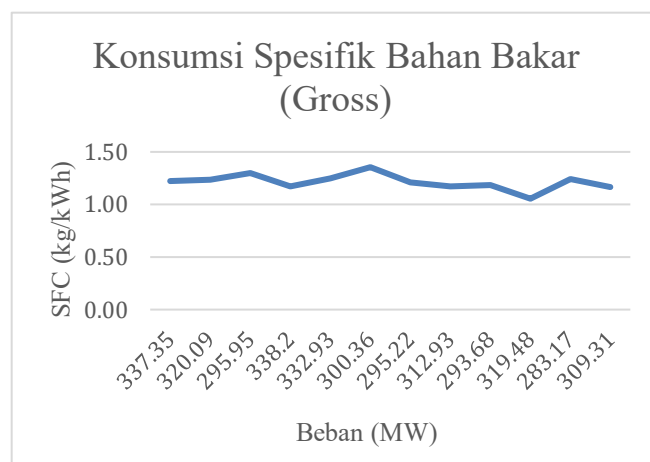
Analisis unsur batu bara meliputi karbon, hidrogen, oksigen, nitrogen dan sulfur. Unsur-unsur ini merupakan unsur yang membentuk kandungan kalori atau energi dalam batu bara sehingga nilai kalori dalam kandungan batu bara dapat mewakili keseluruhan kandungan lainnya, yang kemudian dapat mewakili kualitas dari sebuah batu bara. Berdasarkan hasil analisa data perhitungan pembebanan yang berada pada Tabel 6, diketahui dapat dibuktikan bahwa nilai kalori batu bara yang mewakili keseluruhan kualitas batu bara dan jumlah batu bara mempengaruhi nilai dari pembebanan, kemudian dapat dilihat pada tabel perbandingan berikut.

Tabel 7 Tabel Perbandingan Analisa Beban

Bulan	Kalori Batu Bara (kkal/kg)	Jumlah Batu Bara (kg)	Beban (MW)
Agustus	3556,08	292212180	338,2
Februari	3427,87	230153740	319,48

Dari kedua data tersebut dapat diketahui bahwa semakin besar nilai kalori batu bara dan jumlah batu bara maka beban yang dihasilkan akan semakin besar, hal ini dikarenakan ketika nilai kalori dalam kandungan batu bara memiliki nilai yang tinggi, pembakaran dalam pembangkit akan semakin optimal sehingga dapat menghasilkan beban yang lebih maksimal. Begitu juga dengan jumlah batu bara, semakin banyak jumlah batu baranya, maka semakin besar beban yang dapat dihasilkan karena banyaknya bahan bakar yang masuk ke dalam pembangkit.

Analisa ini dilakukan untuk mengetahui bagaimana performa pembangkit yang dikeluarkan oleh generator terhadap konsumsi batu bara. Berikut merupakan grafik hasil analisa data konsumsi spesifik bahan bakar berdasarkan Tabel 3.



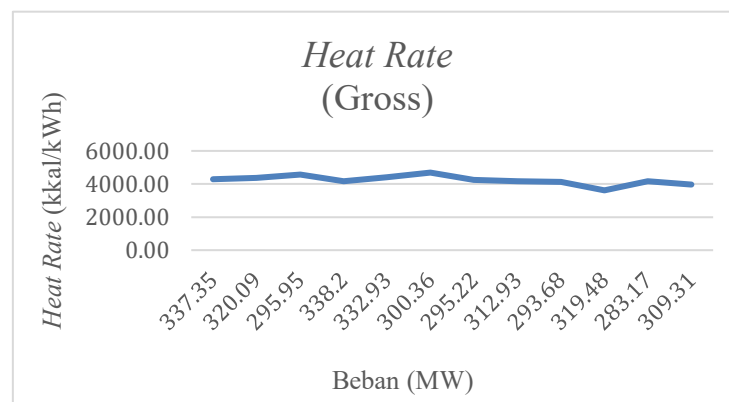
Gambar 1 Grafik Konsumsi Spesifik Bahan Bakar (Gross)

Berdasarkan grafik Gambar 2 didapatkan nilai konsumsi spesifik bahan bakar (net) tertinggi yaitu saat bulan oktober dengan beban 300,36 MW memiliki nilai 1,41 kg/kWh. Sementara itu nilai konsumsi spesifik bahan bakar (net) terendah yaitu saat bulan februari dengan beban 319,48 MW memiliki nilai 1,09 kg/kWh.

Dari kedua grafik tersebut didapatkan bahwa pembebanan berpengaruh terhadap perubahan nilai dari konsumsi spesifik bahan bakar. Perubahan beban yang dipengaruhi nilai

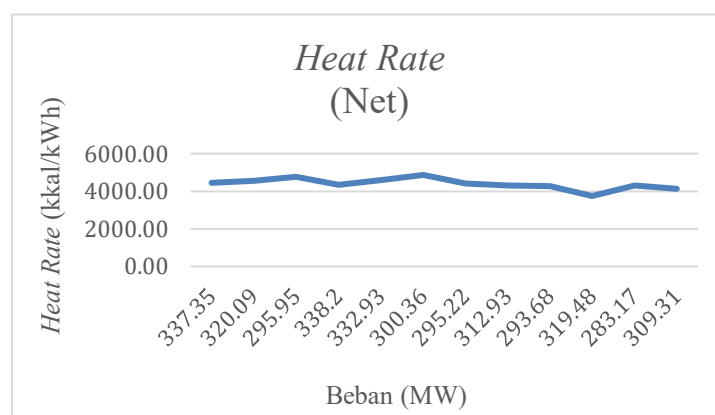
dari kalori batu bara dan jumlah batu bara juga berpengaruh terhadap nilai konsumsi spesifik bahan bakar.

Analisa ini dilakukan untuk mengetahui perbandingan jumlah kalor atau panas dari batu bara terhadap pembebanan listrik yang dihasilkan oleh generator. Seperti yang kita ketahui bahwa heat rate merupakan besaran kalor yang dapat menghasilkan 1 kWh. Berikut merupakan grafik hasil dari analisa data heat rate berdasarkan Tabel 4.



Gambar 2 Grafik Heat Rate (Gross)

Berdasarkan grafik Gambar 3 didapatkan nilai *heat rate* (gross) tertinggi pada bulan oktober dengan beban 300,36 MW memiliki nilai 4690,10 kkal/kWh, dan didapatkan nilai *heat rate* (gross) terendah pada bulan februari dengan beban 319,48 MW memiliki nilai 3615,83 kkal/kWh.

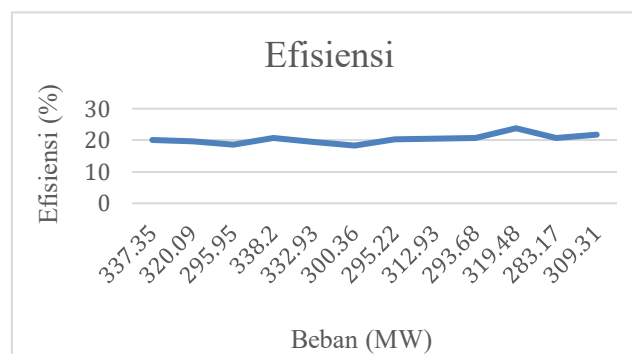


Gambar 3 Grafik Heat Rate (Net)

Berdasarkan grafik Gambar 4 didapatkan nilai heat rate (net) tertinggi pada bulan oktober dengan beban 300,36 MW memiliki nilai 4866,15 kkal/kWh, dan didapatkan nilai heat rate (net) terendah pada bulan februari dengan beban 319,48 MW memiliki nilai 3744,77 kkal/kWh.

Dari kedua grafik tersebut, didapatkan bahwa perubahan beban yang terjadi berpengaruh terhadap nilai dari heat rate. Nilai beban dan heat rate yang didapatkan berasal dari parameter yang sama yaitu kalori batu bara. Nilai kalori batu bara yang bervariasi tiap bulannya membuat nilai pembebanan berubah sehingga nilai heat rate yang didapatkan ikut berubah.

Analisa ini dilakukan untuk mengetahui perbandingan antara energi yang dikeluarkan oleh pembangkit dan energi yang masuk ke dalam pembangkit. Berikut merupakan grafik hasil analisa data dari efisiensi berdasarkan Tabel 5.



Gambar 4 Grafik Efisiensi

Berdasarkan grafik Gambar 5 didapatkan nilai efisiensi tertinggi berada pada bulan februari dengan beban 319,48 MW memiliki nilai 23,8% dan nilai efisiensi terendah berada pada bulan oktober dengan beban 300,36 MW memiliki nilai 18,3%. Dari hasil analisa data, dinyatakan bahwa efisiensi memiliki nilai yang berbanding terbalik dari nilai heat rate. Semakin tinggi nilai heat rate maka semakin rendah efisiensi karena membutuhkan kerja yang lebih besar untuk pembakaran dalam pembangkit.

4. Kesimpulan dan Saran

Kesimpulan dari penelitian ini menunjukkan bahwa nilai kalori dan jumlah batu bara yang digunakan dalam pembangkit berpengaruh signifikan terhadap nilai beban yang dihasilkan; semakin tinggi kalori dan jumlah batu bara, semakin besar pula beban yang dihasilkan, karena kalori yang tinggi meningkatkan efisiensi pembakaran, sehingga beban

menjadi lebih optimal. Perubahan beban ini mempengaruhi konsumsi spesifik bahan bakar, heat rate, dan efisiensi pembangkit. Misalnya, pada Oktober dengan beban 300,36 MW, konsumsi spesifik bahan bakar mencapai 1,35 kg/kWh (gross) dan 1,41 kg/kWh (net), heat rate tertinggi 4690,10 kkal/kWh (gross) dan 4866,15 kkal/kWh (net), serta efisiensi terendah 18,3%. Sebaliknya, pada Februari dengan beban 319,48 MW, konsumsi spesifik batu bara terendah tercatat 1,05 kg/kWh (gross) dan 1,09 kg/kWh (net), heat rate terendah 3615,83 kkal/kWh (gross) dan 3744,77 kkal/kWh (net), dan efisiensi pembangkit tertinggi 23,8%.

Daftar Pustaka

- [1] Alber, I. D., & Kiono, B. F. T. (2022). Analisis Pengaruh Perubahan Pembebanan Listrik Terhadap Konsumsi Spesifik Bahan Bakar Pembangkitan, Heat Rate dan Efisiensi Pada Unit 1 PLTU Kendari-3. *Jurnal Energi Baru Dan Terbarukan*, 3(3), 179–186. <https://doi.org/10.14710/jebt.2022.13371>
- [2]. Ilham, M., Salimin, S., & Aksar, P. (2021). Analisis Pengaruh Nilai Beban Unit Terhadap Efisiensi dan Heat Rate Turbin Pada Pltu Moramo. *Enthalpy: Jurnal Ilmiah Mahasiswa Teknik Mesin*, 6(3), 107. <https://doi.org/10.55679/enthalpy.v6i3.20976>
- [3]. Nur Hamzah, & Dirgantama, D. (2020). Analisis Pengaruh Perubahan Beban Terhadap Heat Rate pada Unit Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) Jeneponto 2 135 MW. *Jurnal Sinergi*, 18(April), 233–240.
- [4]. Rizca, M. M. N., Sholehah, Q., & Siswanto, S. (2018). Analisis Beban Generator Terhadap Nilai Heat Rate Dan Efisiensi Pltu (Studi Observasional Di Pt. Indocement Tunggul Prakarsa, Tbk P-12 Tarjun – Kalimantan Selatan). *Scientific Journal Of Mechanical Engineering Kinematika*, 3(2), 73–84. <https://doi.org/10.20527/SjmeKinematika.V3i2.13>