

ANALISIS PENGARUH PERUBAHAN BEBAN GENERATOR TERHADAP EFISIENSI KINERJA PLTU KETAPANG

Azyumardi Putra Nusantara¹, Ayong Hiendro², Kho Hie Khwee³

[d1021201066@student.untan.ac.id¹](mailto:d1021201066@student.untan.ac.id), [ayong.hiendro@ee.untan.ac.id²](mailto:ayong.hiendro@ee.untan.ac.id), [khohiekhwee@untan.ac.id³](mailto:khohiekhwee@untan.ac.id)

Universitas Tanjungpura

ABSTRAK

Pembangkit Listrik Tenaga Uap merupakan pembangkit berkapasitas besar yang umumnya beroperasi sebagai pemikul beban dasar dalam sistem tenaga listrik. Kapasitas dayanya yang besar memberikan pengaruh signifikan terhadap kestabilan sistem secara keseluruhan. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis efisiensi keseluruhan pembangkit berdasarkan perbandingan antara daya masukan dan daya keluaran pada PLTU Ketapang. Penelitian dilakukan melalui survei langsung di lapangan untuk memperoleh data operasional berupa daya keluaran generator, konsumsi bahan bakar, dan nilai kalor batubara. Hasil analisis data menunjukkan bahwa efisiensi pembangkit sangat dipengaruhi oleh besarnya beban generator. Berdasarkan pengamatan pada tanggal 20 November, efisiensi optimal berada pada kisaran 22–24% saat beban mencapai 9–10 MW, dan menurun hingga 14–15% saat beban berada di sekitar 5 MW. Pola serupa juga ditunjukkan pada data tanggal 21 dan 25 November, di mana peningkatan beban generator secara konsisten diikuti oleh peningkatan efisiensi pembangkit. Hal ini membuktikan adanya korelasi positif antara beban dan efisiensi, di mana pengoperasian pada beban yang lebih tinggi menghasilkan proses konversi energi yang lebih efektif dibandingkan kondisi beban rendah.

Kata Kunci: PLTU Ketapang, Beban Generator, Efisiensi Keseluruhan, Konversi Energi, Beban Dasar.

PENDAHULUAN

Salah satu pembangkit berkapasitas besar yang umumnya beroperasi sebagai pembangkit beban dasar (base load) dalam sistem tenaga listrik. PLTU bekerja berdasarkan siklus Rankine, yaitu proses konversi energi yang mengubah energi kimia bahan bakar menjadi energi listrik melalui tahapan pembakaran di boiler, ekspansi uap pada turbin, dan konversi energi mekanik menjadi energi listrik oleh generator [1]–[3]. Kompleksitas proses konversi energi tersebut menyebabkan kinerja PLTU sangat dipengaruhi oleh kondisi operasional, terutama perubahan beban generator yang terjadi selama pengoperasian.

Perubahan beban generator dapat memengaruhi keseimbangan antara energi panas yang dihasilkan boiler dan daya listrik yang dibutuhkan sistem. Pada kondisi beban rendah, sebagian energi panas tidak dapat dimanfaatkan secara optimal sehingga efisiensi pembangkit cenderung menurun. Sebaliknya, pada kondisi beban yang lebih tinggi, pemanfaatan energi panas menjadi lebih efektif sehingga efisiensi pembangkit meningkat [2], [3]. Oleh karena itu, analisis hubungan antara perubahan beban generator dan efisiensi pembangkit menjadi penting untuk mengevaluasi kinerja operasional PLTU.

Di Indonesia, pembangkit listrik berbahan bakar batubara masih mendominasi bauran energi nasional dengan kontribusi lebih dari 60% terhadap kapasitas pembangkit listrik berdasarkan data Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral (ESDM) [4]. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa peningkatan efisiensi operasional PLTU masih menjadi salah satu upaya penting untuk mendukung keandalan sistem ketenagalistrikan sekaligus meningkatkan pemanfaatan energi secara lebih efektif.

PLTU Ketapang merupakan salah satu pembangkit listrik tenaga uap di Provinsi Kalimantan Barat dengan kapasitas terpasang 2×10 MW yang berperan dalam menyuplai kebutuhan energi listrik di wilayah tersebut. Variasi beban generator yang terjadi selama operasi berpotensi memengaruhi efisiensi pembangkit, sehingga diperlukan analisis

berdasarkan data operasional aktual. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh perubahan beban generator terhadap efisiensi kinerja PLTU Ketapang Unit 1 sebagai dasar evaluasi karakteristik operasi pembangkit.

METODE PENELITIAN

Metode penelitian yang digunakan adalah metode kuantitatif dengan memanfaatkan data sekunder yang diperoleh dari data operasional PLTU Ketapang Unit 1. Data yang digunakan meliputi daya keluaran generator, konsumsi bahan bakar batubara, dan nilai kalor bahan bakar selama periode pengamatan. Selanjutnya, data tersebut dianalisis dengan menghitung daya masukan (input power) berdasarkan konsumsi bahan bakar dan nilai kalor batubara, kemudian menghitung efisiensi termal pembangkit menggunakan perbandingan antara daya keluaran generator dan daya masukan. Hasil perhitungan kemudian disajikan dalam bentuk grafik hubungan antara beban generator dan efisiensi pembangkit untuk menganalisis pengaruh perubahan beban terhadap efisiensi kinerja PLTU Ketapang Unit 1.

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Data Operasional PLTU Ketapang Unit 1.

Data yang digunakan dalam penelitian ini merupakan data sekunder yang diperoleh dari catatan operasional harian PLTU Ketapang Unit 1 selama tanggal 20, 21, dan 25 November 2025. Data operasional meliputi daya keluaran generator (output power), konsumsi bahan bakar batubara, dan nilai kalor bahan bakar. Data tersebut digunakan sebagai dasar dalam perhitungan daya masukan (input power) dan efisiensi termal pembangkit. Ringkasan data operasional ditunjukkan pada Tabel 1.

Waktu	Pout (MW)			Rata-rata Bahan Bakar (ton/jam)			Nilai Kalor BB (kkal/kg)		
	20-Nov	21-Nov	25-Nov	20-Nov	21-Nov	25-Nov	20-Nov	21-Nov	25-Nov
10:00	9,88	5,97	5	8,55	7,064	10,709	4,065	4,065	4,065
11:00	9,94	6,03	5,07	8,55	7,064	10,709	4,065	4,065	4,065
12:00	8,91	6,21	5,05	8,55	7,064	10,709	4,065	4,065	4,065
13:00	9,07	6,27	5,1	8,55	7,064	10,709	4,065	4,065	4,065
14:00	6,93	6,14	5	8,55	7,064	10,709	4,065	4,065	4,065
15:00	6	6,08	5,08	8,55	7,064	10,709	4,065	4,065	4,065
16:00	6,03	6,26	5,1	8,55	7,064	10,709	4,065	4,065	4,065
17:00	6,01	6,22	9,1	8,55	7,064	10,709	4,065	4,065	4,065
18:00	6,01	6,17	9,78	8,55	7,064	10,709	4,065	4,065	4,065
19:00	5,97	6,21	10	8,55	7,064	10,709	4,065	4,065	4,065
20:00	6,02	4,94	10,15	8,55	7,064	10,709	4,065	4,065	4,065
21:00	6,04	5	10,3	8,55	7,064	10,709	4,065	4,065	4,065
22:00	6,04	4,99	10,14	8,55	7,064	10,709	4,065	4,065	4,065
23:00	6,1	4,99	10,09	8,55	7,064	10,709	4,065	4,065	4,065
00:00	6	5	10,03	8,55	7,064	10,709	4,065	4,065	4,065
01:00	5,87	5,03	10,06	8,55	7,064	10,709	4,065	4,065	4,065
02:00	5,93	5,02	10,28	8,55	7,064	10,709	4,065	4,065	4,065
03:00	6,05	4,99	10,25	8,55	7,064	10,709	4,065	4,065	4,065
04:00	6,08	4,97	9,88	8,55	7,064	10,709	4,065	4,065	4,065
05:00	6,03	4,99	10,04	8,55	7,064	10,709	4,065	4,065	4,065
06:00	6,04	5	10,11	8,55	7,064	10,709	4,065	4,065	4,065
07:00	6,04	5	10,23	8,55	7,064	10,709	4,065	4,065	4,065
08:00	6,01	4,98	9,87	8,55	7,064	10,709	4,065	4,065	4,065
09:00	6	4,97	10,15	8,55	7,064	10,709	4,065	4,065	4,065

Tabel 1 Data Operasional PLTU Ketapang Unit 1

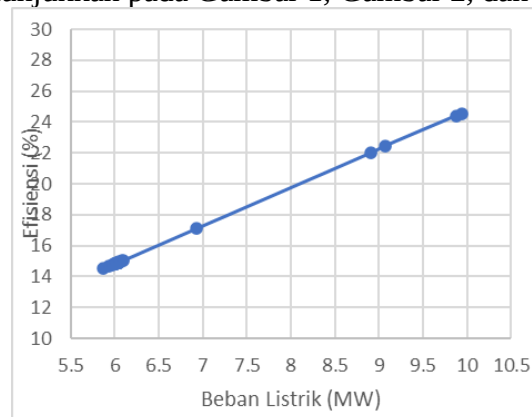
B. Analisis Data

Analisis dilakukan dengan menghitung daya masukan (input power) berdasarkan konsumsi bahan bakar dan nilai kalor batubara, kemudian menghitung efisiensi termal pembangkit menggunakan perbandingan antara daya keluaran generator dan daya masukan.

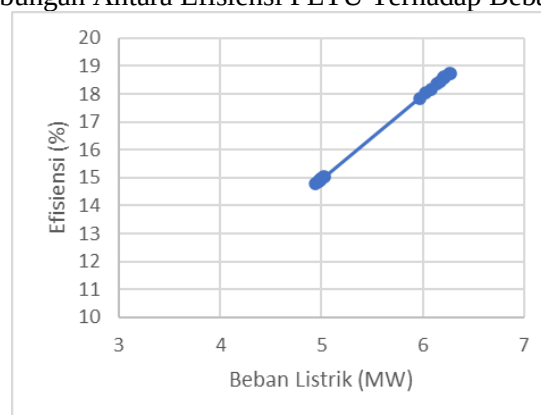
Sebagai contoh, pada tanggal 20 November 2025 pukul 13.00 diperoleh daya keluaran generator sebesar 9,07 MW dengan konsumsi bahan bakar 8,55 ton/jam dan nilai kalor batubara sebesar 4.065 kkal/kg. Berdasarkan data tersebut diperoleh daya masukan sebesar 40,39 MW, sehingga efisiensi termal pembangkit mencapai 22,46%.

Perhitungan yang sama dilakukan untuk seluruh data pengamatan pada tanggal 20, 21, dan 25 November 2025. Hasil perhitungan menunjukkan bahwa efisiensi pembangkit

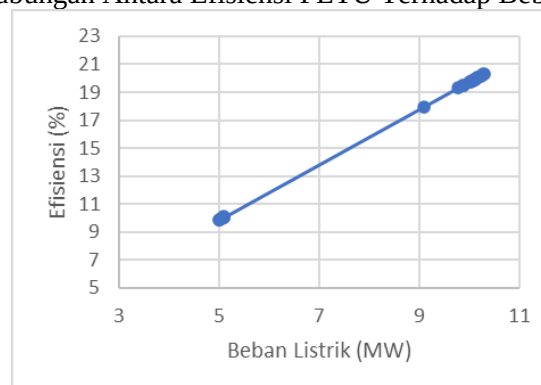
bervariasi sesuai dengan perubahan beban generator. Hubungan antara beban generator dan efisiensi pembangkit ditunjukkan pada Gambar 1, Gambar 2, dan Gambar 3.



Gambar 1 Grafik Hubungan Antara Efisiensi PLTU Terhadap Beban Listrik Hari Pertama



Gambar 2 Grafik Hubungan Antara Efisiensi PLTU Terhadap Beban Listrik Hari Kedua



Gambar 3 Grafik Hubungan Antara Efisiensi PLTU Terhadap Beban Listrik Hari Ketiga

Berdasarkan Gambar 1, Gambar 2, dan Gambar 3 terlihat bahwa efisiensi pembangkit memiliki hubungan linier positif terhadap beban generator. Pada tanggal 20 November, efisiensi meningkat dari kisaran 14–15% pada beban sekitar 5,87 MW menjadi sekitar 24–25% pada beban mendekati 10 MW. Pola yang sama juga terlihat pada tanggal 21 November, dimana peningkatan beban dari 4,94 MW menjadi sekitar 6,27 MW diikuti peningkatan efisiensi dari 14–15% menjadi 18–19%. Sementara itu, pada tanggal 25 November efisiensi meningkat dari sekitar 10% pada beban 5 MW menjadi sekitar 20–21% ketika beban generator mencapai 10,28 MW. Hasil tersebut menunjukkan bahwa peningkatan beban generator diikuti oleh peningkatan efisiensi pembangkit.

C. Analisa dan Pembahasan

Berdasarkan Hasil penelitian menunjukkan bahwa perubahan beban generator berpengaruh terhadap efisiensi termal PLTU Ketapang Unit 1. Efisiensi pembangkit cenderung meningkat ketika beban generator meningkat dan menurun pada saat beban generator rendah. Pada beban sekitar 9–10 MW, efisiensi pembangkit berada pada kisaran 22–24%, sedangkan pada kondisi beban sekitar 5 MW, efisiensi menurun hingga sekitar 10–15%. Hal ini menunjukkan bahwa tingkat pembebanan generator memengaruhi kemampuan sistem dalam mengonversi energi kimia bahan bakar menjadi energi listrik.

Peningkatan efisiensi pada beban yang lebih tinggi terjadi karena energi panas hasil pembakaran dapat dimanfaatkan secara lebih optimal oleh sistem boiler, turbin, dan generator. Sebaliknya, pada kondisi beban rendah sebagian energi panas tidak termanfaatkan secara maksimal sehingga rugi-rugi energi relatif menjadi lebih besar dan menyebabkan efisiensi pembangkit menurun. Hasil penelitian ini sejalan dengan teori yang dikemukakan oleh El-Wakil [3], yang menyatakan bahwa pembangkit listrik tenaga uap memiliki efisiensi operasi yang lebih baik ketika beroperasi mendekati beban desain karena pemanfaatan energi panas menjadi lebih efektif.

Meskipun efisiensi pada kondisi beban rendah lebih kecil, peningkatan efisiensi masih dapat diupayakan tanpa menaikkan daya keluaran generator. Upaya tersebut dapat dilakukan melalui optimasi proses pembakaran pada boiler, pengaturan rasio udara dan bahan bakar, serta pengurangan rugi-rugi energi pada sistem pembangkit. Dengan demikian, energi masukan yang diperlukan untuk menghasilkan daya listrik yang sama dapat dikurangi sehingga efisiensi termal pembangkit meningkat. Temuan ini menunjukkan bahwa pengelolaan kondisi operasional yang baik menjadi faktor penting dalam meningkatkan kinerja PLTU Ketapang Unit 1 pada berbagai tingkat pembebanan.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan dari hasil pengolahan dan analisa data daya masukan dan perhitungan efisiensi dapat diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Efisiensi PLTU dipengaruhi oleh besarnya beban generator. Pada saat beban generator berada pada kondisi yang lebih tinggi, efisiensi pembangkit cenderung meningkat, sedangkan pada saat beban generator menurun, efisiensi pembangkit juga mengalami penurunan.
2. Hubungan antara efisiensi pembangkit dan beban generator menunjukkan kecenderungan linier positif, dimana peningkatan beban generator diikuti oleh peningkatan efisiensi pembangkit. Hal ini menunjukkan bahwa pemanfaatan energi dalam sistem pembangkit menjadi lebih optimal pada saat beban tinggi. Namun, pada kondisi beban rendah, efisiensi pembangkit cenderung menurun yang dapat disebabkan oleh kondisi operasional pembangkit serta pemanfaatan energi panas yang belum optimal di dalam sistem.
3. Berdasarkan hasil analisis data tanggal 20 November, efisiensi pembangkit berada pada kisaran 22–24% pada beban sekitar 9–10 MW dan menurun hingga kisaran 14–15% pada saat beban berada di sekitar 5 MW. Pola yang serupa juga ditunjukkan pada data tanggal 21 dan 25 November, dimana peningkatan beban generator diikuti oleh peningkatan efisiensi pembangkit.
4. Pada kondisi beban rendah, energi panas yang masuk ke sistem tidak dapat dimanfaatkan secara optimal sehingga losses relatif menjadi lebih besar dan menyebabkan efisiensi PLTU menurun. Sebaliknya, pada kondisi beban yang lebih tinggi, proses konversi energi berlangsung lebih efektif sehingga efisiensi pembangkit meningkat.

DAFTAR PUSTAKA

- D. D. Muhamad, Belyamin, and Widiyatmoko, “Analisis Eksergi Pada Boiler PLTU,” *J. Mek. Terapan*, vol. 1, no. 1, hal. 45–53, 2020.
- D. Romi, L. Burhan, and D. Yunita, “Menentukan Kerugian Energi pada Komponen Utama PLTU Menggunakan Simulasi Cycle Tempo,” *J. Teknol. Pertan. Gorontalo (JTPG)*, vol. 7, no. 1, Mei 2022.
- E. Hamzah, D. Setiawan, and P. S. Hebby, “Modifikasi Sistem ATS-AMF Diesel Emergency Generator Pada PLTU dengan Metode Warming Up,” *J. Tek.*, vol. 14, no. 1, hal. 129–136, Apr. 2020.
- F. Setiawan and A. Melkias, “Analisis Kinerja Turbin Uap Unit 1 Di Cirebon Power,” *J. Tek. Energi*, vol. 11, no. 1, hal. 7–11, 2022.
- J. J. Grainger and W. D. Stevenson, *Power System Analysis*. New York, NY, USA: McGraw-Hill, 1994.
- Kementrian Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia, *Hand Book of Energy & Economic Statistics of Indonesia 2023*. Jakarta, Indonesia: ESDM, 2023.
- M. J. Moran, H. N. Shapiro, D. D. Boettner, and M. B. Bailey, *Fundamentals of Engineering Thermodynamics*, ed. 8. Hoboken, NJ, USA: Wiley, 2014.
- M. M. El-Wakil, *Power Plant Technology*. New York, NY, USA: McGraw-Hill, 1984.
- Marhatang, M. Saini, I. F. Muhammad, and Erniwati, “Analisis Kestabilan Transien dan Mekanisme Pelepasan Beban Pada Jaringan Listrik Wilayah Sulselbar Setelah Penambahan PLTU Punagaya,” *Sinergi*, vol. 18, no. 1, hal. 113–125, 2020.
- PLN Corporate University, *Pengoperasian PLTU*, ed. 1. Suralaya, Indonesia: PLN Corporate University, 2014.
- S. Gunawan and L. Kurniawan, “Analisis Performansi Turbin Uap dengan Kapasitas 115 MW dan Putaran 3000 Rpm pada unit 1 PLTU Labuhan Angin Sibolga,” *Elektriase: J. Sains dan Teknol. Elektro*, vol. 14, no. 2, hal. 45–52, Okt. 2024.
- Y. A. Cengel and M. A. Boles, *Thermodynamics: An Engineering Approach*, ed. 8. New York, NY, USA: McGraw-Hill Education, 2015.