

Analisis Efisiensi Daya Listrik Pada Generator Pembangkit Listrik Tenaga Diesel PT. PLN (Persero) ULP Bengkalis Kabupaten Bengkalis

Syahrul Nizam¹, Abrar Tanjung², Arlenny³

^{1,2,3} Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Lancang Kuning

Corresponding Author: abrar@unilak.ac.id

DOI: 10.31849/sainetin.v3i2.3289

Abstrak

Pembangkit Listrik Tenaga Diesel (PLTD) masih menjadi tumpuan utama dalam memenuhi kebutuhan energi listrik di wilayah kepulauan seperti Kabupaten Bengkalis. Seiring bertambahnya usia pakai unit pembangkit, penurunan performa mesin menjadi kendala yang berdampak pada peningkatan biaya operasional. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis efisiensi daya listrik dan kinerja konsumsi bahan bakar pada generator di PT. PLN (Persero) ULP Bengkalis guna memastikan keandalan pasokan listrik daerah. Metode penelitian yang digunakan adalah deskriptif kuantitatif dengan melakukan observasi langsung dan pengambilan data sekunder dari *log sheet* operasional unit pembangkit. Analisis data dilakukan dengan menghitung nilai *Specific Fuel Consumption* (SFC) dan efisiensi termal berdasarkan parameter daya output serta laju konsumsi bahan bakar (HSD). Hasil pembahasan menunjukkan variasi signifikan dalam efisiensi antara unit generator, dengan efisiensi tertinggi ditemukan pada mesin Caterpillar (60%–97%) dan efisiensi terendah pada beberapa unit Yanmar dan MTU. Rata-rata SFC untuk unit Caterpillar adalah 0,27 liter/kWh, sementara Yanmar, KHD, dan MTU memiliki SFC sekitar 0,25 liter/kWh. Unit dengan rasio daya-ke-bahan bakar tertinggi adalah KHD 1 (0,97 kW/liter), sedangkan yang terendah adalah Yanmar 1.

Kata kunci: Efisiensi Daya, Pembangkitan Listrik, Energi Listrik

Abstract

Diesel Power Plants (PLTD) remain the mainstay in meeting electricity needs in island regions such as Bengkalis Regency. As the units age, declining engine performance becomes an obstacle that leads to increased operational costs. This study aims to analyze the electrical power efficiency and fuel consumption performance of generators at PT. PLN (Persero) ULP Bengkalis to ensure the reliability of the regional electricity supply. The research method used is quantitative descriptive, involving direct observation and secondary data collection from the operational log sheets of the generator units. Data analysis was performed by calculating the Specific Fuel Consumption (SFC) and thermal efficiency based on output power parameters and fuel consumption rate (HSD). The results show significant variations in efficiency between generator units, with the highest efficiency found in Caterpillar engines (60%–97%) and the lowest efficiency in several Yanmar and MTU units. The average SFC for Caterpillar units was 0.27 liters/kWh, while Yanmar, KHD, and MTU had an SFC of around 0.25 liters/kWh. The unit with the highest power-to-fuel ratio was KHD 1 (0.97 kW/liter), while the lowest was Yanmar 1.

Keywords : Power Efficiency, Power Generation, Electrical Energy

1. PENDAHULUAN

PT. PLN (Persero) Unit Layanan Pusat Listrik Tenaga Diesel Bagan Besar PLTD Bengkalis adalah salah satu Badan Usaha Milik Negara (BUMN) yang bergerak dibidang kelistrikan. PLN Bengkalis menggunakan

Pembangkit Listrik Tenaga Diesel (PLTD) dimana mesin diesel sebagai penggerak utama (primer mover). Primer mover merupakan peralatan yang mempunyai fungsi menghasilkan energi mekanis yang diperlukan untuk memutar rotor generator.

Daya Mampu PLTD Bengkalis 26 MW. Sedangkan daya terpasang sebesar 25 MW. Sehingga hanya ada surplus sebesar 1 MW. Akibatnya, jika ada pemeliharaan atau gangguan 1 unit mesin, maka akan mengakibatkan penurunan Daya Mampu PLTD sebesar 2 sampai 3 MW, sehingga pemadaman bergilir harus dilakukan untuk menghindari padam total. Pemadaman listrik yang terjadi akhir-akhir ini di pulau Bengkalis disebabkan karena masalah yang terjadi di PLTD yang berada di Jl. Pangkalan Batang, Kecamatan Bengkalis, Kabupaten Bengkalis, imbasnya sangat dirasakan oleh masyarakat Bengkalis. PLTD bengkalis membutuhkan 0,273 liter per kWh atau setara dengan Rp 2.270/ kWh. Biaya produksi listrik tersebut sangat mahal apabila dibandingkan dengan harga jual ke konsumen saat ini, yaitu sebesar Rp 1.352/ kWh.

2. TINJAUAN PUSTAKA

Tinjauan Pustaka memuat penelitian terdahulu dan teori pendukung terkait dengan permasalahan yang dibahas. Pada bagian ini mencantumkan hasil penelitian sebelumnya dan membuat ringkasannya. Kajian yang mempunyai keterkaitan dengan penelitian tugas akhir ini antara lain:

Pembangkit Listrik Tenaga Diesel (PLTD) ialah Pembangkit listrik yang menggunakan mesin diesel sebagai *prime mover*. *Prime mover* merupakan peralatan yang mempunyai fungsi menghasilkan energi mekanis yang diperlukan untuk memutar rotor generator [1]. PLTD merupakan suatu instalasi pembangkit listrik yang terdiri dari suatu unit pembangkit dan sarana pembangkitan. Pada mesin diesel energi bahan bakar diubah menjadi energi mekanik dengan proses pembakaran di dalam mesin itu sendiri.

Mesin diesel dinamai juga motor pelayan kompresi (*compression ignition engine*) oleh karena cara pelayan bahan bakar dilakukan menyemprotkan bahan bakar kedalam udara bertekanan dan temperatur tinggi, sebagai akibat dari proses didalam ruang beker kepala silinder selain motor diesel dikenal juga jenis motor baker lainnya yaitu motor bensin yang biasanya dinamai motor penyalaan bunga api (*spark ignition engine*) oleh karena penyalaan bahan bakarnya dengan pertolongan bunga api listrik.

Jika dibandingkan dengan motor bensin, gas buang motor diesel tidak banyak mengandung komponen beracun yang dapat mencemari udara. Selain dari pada itu, pemakaian bahan bakar motor diesel lebih rendah ($\pm 25\%$) dari pada motor bensin, sedangkan harganya pun lebih murah sehingga penggunaan motor diesel umumnya lebih hemat dari pada motor bensin sebagai penggerakmesin industri. Ditinjau dari sisi investasi harga motor diesel umumnya lebih mahal motor diesel dari motor bensin karena untuk kapasitas mesin yang sama motor diesel dibuat dengan kontruksi dan berat yang lebih besar.

3. METODE PENELITIAN

Desain Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode kuantitatif deskriptif dengan melakukan observasi langsung dan pengambilan data sekunder pada sistem pembangkitan. Tujuannya adalah untuk menghitung nilai efisiensi aktual dibandingkan dengan standar desain atau *nameplate* mesin.

Data yang Dibutuhkan

Data diambil dari *log sheet* harian operator dan spesifikasi teknis mesin:

- a. Data Spesifikasi (*Nameplate*): Kapasitas daya (kW/MW), tegangan, arus, dan konsumsi bahan bakar standar.
- b. Data Operasional: Daya aktif yang dihasilkan (\$P\$), konsumsi bahan bakar per jam (\$f\$), jam operasi (hour meter), dan temperatur lingkungan.
- c. Karakteristik Bahan Bakar: Nilai kalor solar (LHV - *Lower Heating Value*).

Tahapan Penelitian (Prosedur)

Penelitian dilakukan melalui langkah-langkah berikut:

1. Studi Literatur: Mengumpulkan teori mengenai siklus termodinamika mesin diesel dan rumus efisiensi generator.
2. Observasi Lapangan: Meninjau langsung unit generator yang beroperasi di PLTD Bengkalis.
3. Pengumpulan Data: Mengambil data operasional.
4. Perhitungan Teknis: Menghitung efisiensi menggunakan parameter matematis.

Teknik Analisis Data

Analisis dilakukan dengan menghitung dua komponen utama:

- Specific Fuel Consumption* (SFC) ; Untuk mengetahui konsumsi bahan bakar spesifik;
- Efisiensi Termal ; Untuk mengetahui seberapa efektif energi dari bahan bakar diubah menjadi energi listrik.

Pengumpulan data pada penelitian dilakukan untuk memperoleh informasi yang dibutuhkan :

- Observasi
- Sistem Bengkalis
PLTD Bengkalis membutuhkan Beberapa biaya yang dibutuhkan untuk mengoperasikan PLTD Bengkalis antara lain seperti biaya BBM, biaya sewa, biaya pelumas, biaya perbaikan, dll. Efisiensi dari Pembangkit Listrik Tenaga Diesel Bengkalis sekitar 96.15%.
- Lokasi Penelitian
Dalam menyelaskan laporan tugas akhir ini, penulis mengambil lokasi penelitian di pembangkit listrik tenaga diesel PT.PLN (Persero) ULP Bengkalis, di desa Pangkalan batang Kabupaten Bengkalis.
- Peralatan Yang Digunakan
 - Generator
 - Mesin Diesel

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Perhitungan daya generator pada phasa (R, S, T) merupakan suatu proses penting dalam evaluasi dan pemantauan kinerja sistem kelistrikan tiga phasa. Perhitungan daya pada masing-masing phasa (R, S, T) bertujuan untuk menentukan seberapa efisien dan sesuai dengan spesifikasi generator dalam menghasilkan daya listrik. Perhitungan daya pada phasa (R, S, T) juga memberikan informasi kritis tentang performa generator. Hal ini penting untuk memastikan bahwa generator beroperasi sesuai dengan standar yang ditetapkan dan dapat memenuhi kebutuhan daya sistem.

Perhitungan Rasio Daya Per Bahan Bakar

Mesin dengan rasio yang lebih tinggi menunjukkan efisiensi yang lebih baik dalam penggunaan bahan bakar, karena mereka dapat menghasilkan lebih banyak daya dengan menggunakan jumlah bahan bakar yang lebih sedikit. Di sisi lain, mesin dengan rasio yang lebih rendah mungkin memerlukan lebih banyak

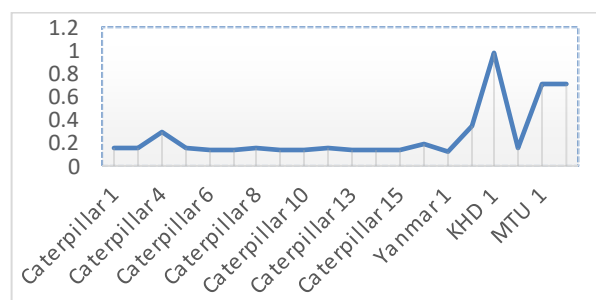
bahan bakar untuk menghasilkan jumlah daya yang sama. Untuk menyelesaikan perhitungan dengan penyelesaiannya berikut:

$$\begin{aligned}\text{Cat 1} &= \frac{848,10 \text{ kw}}{5.786,5 \text{ liter}} \\ &= 0.14656528162 \text{ Kw/Liter}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Perhitungan Biaya Konsumsi Bahan Bakar Cat 1} \\ &= 5.786,5 \times 6.800\end{aligned}$$

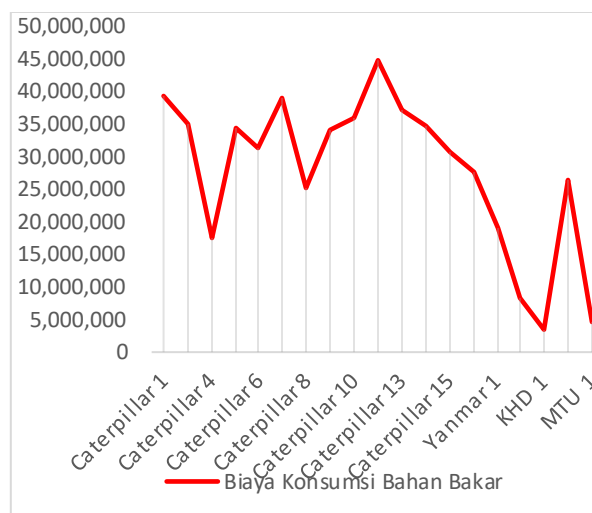
Rasio daya persatuan bahan bakar yang paling efisien merubah bahan bakar menjadi energi listrik yaitu pada mesin KHD 1 dengan rasio 0,977941755 kW/Liter dengan volume bahan bakar yang dikonsumsi sebesar 508,2 liter dan menggunakan biaya bahan bakarnya sebesar Rp. 3.455.760. sedangkan untuk rasio daya perliter bahan bakar yang paling rendah yaitu Yanmar 1 dengan rasio 0,13540049 kW/Liter dengan biaya sebesar Rp. 19.178.040. Terdapat variasi yang signifikan dalam rasio daya perliter bahan bakar antara berbagai unit pembangkit. Beberapa unit memiliki rasio yang tinggi, menunjukkan efisiensi yang baik dalam penggunaan bahan bakar, sementara yang lain memiliki rasio yang lebih rendah. Selain rasio daya perliter bahan bakar, faktor lain seperti daya output, volume bahan bakar yang dikonsumsi, dan biaya bahan bakar juga perlu dipertimbangkan dalam analisis.

Dari segi biaya, mesin dengan rasio daya per liter bahan bakar yang tinggi mungkin lebih ekonomis. Rasio daya perliter bahan bakar dapat membantu dalam pengambilan keputusan terkait penjadwalan dan pengoperasian unit-unit pembangkit. Unit-unit dengan efisiensi tinggi dapat dijadwalkan untuk operasi yang lebih intensif, sementara unit-unit dengan efisiensi rendah mungkin perlu peninjauan lebih lanjut untuk optimalisasi penggunaan bahan bakarnya.



Gambar 1 Grafik Rasio Daya Persatuan Bahan Bakar

Gambar 1 menunjukkan bahwa rasio daya persatuan bahan bakar yang paling efisien merubah bahan bakar menjadi energi listrik yaitu pada mesin KHD 1 dengan rasio 0,977941755 kW/Liter dengan volume bahan bakar yang dikonsumsi sebesar 508,2 liter dan menggunakan biaya bahan bakarnya sebesar Rp. 3.455.760. sedangkan untuk rasio daya perliter bahan bakar yang paling rendah yaitu Yanmar 1 dengan rasio 0,13540049 kW/Liter dengan biaya sebesar Rp. 19.178.040.



Gambar 2 Grafik Biaya Dalam Penggunaan Bahan Bakar

Gambar 2 menunjukkan Rasio daya perliter bahan bakar dapat membantu dalam pengambilan keputusan terkait penjadwalan dan pengoperasian unit-unit pembangkit. Unit-unit dengan efisiensi tinggi dapat dijadwalkan untuk operasi yang lebih intensif

4. KESIMPULAN

1. Terdapat variasi yang signifikan dalam efisiensi daya listrik antara unit-unit pembangkit dari berbagai produsen. Faktor-faktor seperti kondisi operasional mesin, jenis dan kualitas bahan bakar yang digunakan, serta pengaturan sistem pembebanan listrik berkontribusi terhadap variasi tersebut. Meskipun demikian, mesin Caterpillar menunjukkan rentang efisiensi yang cukup luas, dari sekitar 60% hingga 99%. Hal ini menunjukkan bahwa mesin Caterpillar mampu memberikan efisiensi

daya listrik yang tinggi dalam berbagai kondisi operasional, tergantung pada faktor-faktor seperti bahan bakar dan pembebanan listrik. Di sisi lain, produsen lain seperti Yanmar, Khd, dan Mtu juga menunjukkan variasi dalam efisiensi daya listrik, dengan Yanmar memiliki efisiensi tertinggi dan Khd memiliki efisiensi terendah.

2. Daya yang dihasilkan oleh setiap pembangkit memiliki rentang daya dari sekitar 348,42 kW hingga 993,85 kW. Meskipun sebagian besar unit memiliki kapasitas daya yang cukup tinggi, ada beberapa unit yang tidak memberikan data ("OVERHAUL"), yang memerlukan evaluasi lebih lanjut terkait ketersediaan dan kondisi operasionalnya. Daya listrik yang paling tinggi dapat dihasilkan pada mesin Caterpillar 12 dengan daya 993.85 kW. Sedangkan daya listrik yang rendah di hasilkan oleh mesin MTu dengan daya listrik 269,85 kW.
3. Penggunaan Bahan bakar Mesin Caterpillar Unit 12 menggunakan bahan bakar paling tinggi sekitar 6.592 liter dengan SFC (Specific Fuel Oil Consumption) sebesar 0.27 liter/kWh dalam waktu operasi selama 24 jam. Sedangkan untuk penggunaan bahan bakar yang terendah terdapat pada mesin KHD 1 dengan konsumsi BBM 508.2 liter dan SFC (Specific Fuel Oil Consumption) sebesar 0.10 liter/kWh dengan operasi mesin selama 11 jam. panjang. penggunaan bahan bakar dalam pembangkit listrik dipengaruhi oleh faktor-faktor seperti desain mesin, teknologi pembakaran, dan pengaturan operasional. Mesin dengan rasio daya perliter bahan bakar yang tinggi menunjukkan efisiensi yang baik dalam mengubah bahan bakar menjadi energi listrik. Dengan memperhatikan faktor-faktor ini, penyedia layanan listrik dapat meningkatkan efisiensi operasional dan mengoptimalkan penggunaan sumber daya secara lebih efektif

SARAN

Berdasarkan hasil pembahasan untuk memperoleh efisiensi daya yang baik di sarankan untuk melakukan Evaluasi perawatan secara teratur dan perbaikan pada komponen-komponen kunci bisa membantu peningkatan dalam proses konversi daya, seperti peningkatan dalam proses pembakaran. Dan disarankan

prioritaskan generator yang memiliki efisiensi yang rendah untuk dilakukan perawatan.

6. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Ardhita Hendriarto, (2016), Puji Sakono, Gunawan. “Analisa Perbandingan Penggunaan Bahan Bakar Solar Dengan Biodiesel B10 Terhadap Performansi Engine Cummins QSK 45 C” Jurnal Teknologi Terpadu No.1 VOL. 4 Juni 2016 Fakultas Teknologi Industri Universitas Balikpapan.
- [2] Hajar, Ibnu., Suhardiman. (2013), “Analisa Tingkat Dan Dampak Kebisingan Pembangkit Listrik Tenaga Diesel (PLTD) Terhadap Pekerja Dan Masyarakat sekitar”, Jurnal 146, Inovtek, volume 3, nomor 2, Hal 145, Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Bengkalis.
- [3] Ichsan Nur Khoirudin, Sjamsul Anam, Margo Pujiantara, (2023). ”Studi Kelayakan Pemasangan Kabel Laut 150 kV Pakning-Bengkalis untuk Menurunkan Biaya Pokok Produksi (BPP) di Pulau Bengkalis”. Jurnal Teknik ITS Vol. /1, No. /1, Teknik Elektro, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS).
- [4] Ilintamon, Anton, (2019),” Analisa Unjuk Kerja Sistem Produksi Listrik Pada Pembangkit Listrik Tenaga Diesel Waena” Jurnal Teknik Elektro dan Komputer Vol.8 No.3.
- [5] Masrianto, Rahman Suhardi Edi, Ruslan, (2019), “Studi Tentang Progres Pembangkit Listrik Tenaga Diesel PT.PLN (persero)Wilayah Sulselrabar Sektor Tello Makassar”. Hal 3.
- [6] Marsudi Djiteng, (2005). “Pembangkit Energi Listrik“, Penerbit Erlangga, Jakarta.
- [7] Muslim Supari dkk. (2008) “Teknik Pembangkit Tenaga Listrik”.Penerbit Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan.
- [8] Nugraha,Trisna, Anggara. Eviningsih Prilian. (2022). “Konsep Dasar Elektronika”, CV Budi Utama, Yogyakarta.
- [9] Syahril, M, Riski. (2018), “Analisa Efisiensi Daya Listrik Pada Generator Pembangkit listrik Tenaga Diesel Titi Kuning”, Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah, Sumatra Utara Medan.
- [10] Tribowo. (2010), “Analisa Pemeliharaan (Maintanace) Mesin Pembangkit Listrik Tenaga Diesel (PLTD) Pada PT. PLN (PERSERO) Cabang Dimai Sub. Ranting Pulau Rupat Kabupaten Bengkalis”, Program Studi S/1 Jurusan Management Fakultas Ekonomi Dan ilmu social Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Qasim , Pekanbaru Riau.
- [11] Tanjung, Abrar. (2022). “Konversi Energi Listrik”. Unilak Press.
- [12] Widgdo, Eko, (2013), “Optimisasi Pola Pembebanan Daya Mesin Pembangkit Listrik Diesel SWD16 TM 410 Terhadap Efisiensi Konsumsi Bahan Bakar” Jurnal ELKHA Vol.5, No 2, Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Pontianak.
- [13]Yusniati, dan matondang, Sanubari, Nurcholis, Najib, Nurcholis. (2020) “Analisis Sistem Pembebanan Pada Generator Di PT. PLN (Persero) Pembangkit Listrik Tenaga Diesel Titi Kuning” Jurnal SEMNASTEK UISU. ISBN :978-623-7297-16-1