



Analisa Performa Efisiensi Mesin Diesel Dengan Eksperimen Variasi Pembebanan Daya Di PT PLN UPLTD MG Nunukan

Andre Amba Matarru¹ dan Ferdinan Sanda²

¹Institut Teknologi Kalimantan, Departemen Teknik Mesin, email: andre.amba@lecturer.itk.ac.id

²Institut Teknologi Kalimantan, Departemen Teknik Mesin, email: 03191035@student.itk.ac.id

[1] Abstrak

Listrik saat ini menjadi kebutuhan primer yang sangat penting bagi kehidupan sehari-hari, baik itu untuk penggunaan rumah tangga maupun pada industri. Pasokan listrik sudah seharusnya dapat tersebar merata ke seluruh pelosok Indonesia. Oleh karena itu pentingnya mendistribusikan listrik untuk Indonesia, khususnya daerah Nunukan, Kalimantan Utara yang sampai saat ini mengalami perkembangan baik dengan penambahan unit mesin diesel yang dapat membantu mendistribusikan listrik kepada masyarakat Nunukan. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui performa mesin mitsubishi dengan model S16R-PTA(-S). Pendistribusian listrik memerlukan pasokan maksimal yang dipengaruhi oleh daya terefisien dari variasi pembebanan daya. Adapun metode yang digunakan ialah eksperimen dengan variasi pembebanan pada daya 600 kW, 800 kW, dan 1000 kW. Perhitungan telah dilakukan di PLTD Sei Bilal iuntuk menghitung efesiensi termal dan usaha netto dari mesin diesel. Hasil penelitian dari data yang telah didapatkan bahwa pada daya 600 kW dihasilkan efesiensi termal paling tinggi yaitu sebesar 59,3 % dan pada daya 800 kW dan 1000 kW dihasilkan usaha netto paling tinggi yaitu sebesar 614,36 kJ/kg. Implikasi penelitian ialah esifiensi termal tertinggi akan digunakan sebagai perlakuan kepada mesin diesel PT. PLN UPLTD MG Nunukan.

Kata kunci: Listrik, Mesin diesel, Efesiensi termal, dan Usaha netto

[2] Abstract

Electricity is currently a primary need that is very important for everyday life, both for household and industrial use. Electricity supply should be spread evenly throughout Indonesia, therefore it is important to distribute electricity to Indonesia, especially the Nunukan area, North Kalimantan, which has so far experienced good development with the addition of diesel engine units that can help distribute electricity to the Nunukan people. The purpose of this study was to determine the performance of the Mitsubishi engine with the S16R-PTA(-S) model. The distribution of electricity requires a maximum supply which is influenced by the most efficient power from variations in power loading. The method used is an experiment with variations in loading at 600 kW, 800 kW and 1000 kW. Calculations have been made at PLTD Sei Bilal i to calculate the thermal efficiency and net work of the diesel engine. The research results from the data that have been obtained that at a power of 600 kW the highest thermal efficiency is produced, namely 59.3% and at a power of 800 kW and 1000 kW, the highest network is produced, namely 614.36 kJ/kg. The research implication is that the highest thermal efficiency will be used as a treatment for PT. PLN UPLTD MG Nunukan.

Keywords: Electricity, Diesel engine, Thermal efficiency and Net effort

1. Pendahuluan

Di era modern saat ini, listrik adalah salah satu kebutuhan pokok untuk seluruh kehidupan. Banyaknya daerah-daerah terpencil di Indonesia yang sampai saat ini masih kesulitan dalam mendapatkan pasokan energi listrik khususnya untuk kehidupan sehari-hari. Keterbatasan pasokan listrik ini disebabkan penggunaan listrik yang berlebihan dalam kehidupan sehari-hari baik itu di rumah tangga, perusahaan maupun industri dan daerah-daerah yang sulit untuk dijangkau[1][2]. Oleh karena itu, untuk menanggulangi keterbatasan pasokan listrik ini, maka banyak didirikan pembangkit-pembangkit listrik di Indonesia, salah satunya adalah pembangkit listrik tenaga diesel (PLTD), yang merupakan pembangkit listrik dengan mesin diesel yang dikopel dengan generator [3]. Mesin diesel sendiri merupakan salah satu mesin penggerak utama sebagai mesin kalor, yang bisa didefinisikan sebagai alat yang dapat mengubah energi kalor menjadi energi mekanik. PLTD biasanya digunakan untuk kebutuhan daerah terpencil atau pabrik [4]. Di daerah Nunukan, Kalimantan Utara sendiri menggunakan mesin diesel sebagai pembangkit dan pendistribusi pasokan listrik.

Permasalahan yang dihadapi pada Mesin diesel Mitsubishi S16-PTA pada PT PLN UPLTD MG Nunukan ialah performanya yang tidak stabil sepenuhnya dalam menyuplai daya mesin yang maksimal. Tujuan penelitian ingin mengkaji nilai efisiensi daya dari data V1, V2, V3 dan T1,T2,T3,T4. Metode yang digunakan ialah eksperimen dengan variasi pembebanan pada daya 600 kW, 800 kW, dan 1000 kW. Mesin diesel Mitsubishi S16-PTA memiliki spesifikasi seperti tabel 1 sebagai berikut:

Tabel 1 Spesifikasi Mesin Mitsubishi S16-PTA

Item	Specification
Type	Water-cooled 4-stroke cycle
No. of cylinders - Arrangement	16-V type
Cylinder bore × stroke	ø170 × 180 mm [6.69 × 7.09 in.]
Compression ratio	14.0 : 1
Fuel injection starting pressure	30.4 MPa

Siklus diesel secara teori untuk compression ignition engine pada motor diesel, penambahan panas terjadi pada tekanan tetap (P-V Diagram) sehingga siklus diesel disebut juga siklus tekanan tetap ketika proses pembakaran terjadi didalam silinder [10].

Proses Kompresi isentropic ini, semua katup masuk dan katup buang akan tertutup, torak atau piston akan bergerak dari titik mati bawa ke titik mati atas. Berikut persamaan data V1,V2,V3 dan T2, T3, T4 sebagai data input pencarian efisiensi daya mesin pembangkit. :

$$V1 = V^L \times \left(1 + \frac{1}{r-1} \right) \quad (1)$$

$$V2 = \frac{V1}{r} \quad (2)$$

$$T2 = T1 \times r^{K-1} \quad (3)$$

V1 = Volume titik 1

V2 = Volume titik 2

T2 = Temperatur titik 2

Proses langkah pembakaran terjadi penambahan kalor pada tekanan konstan, semua katup masuk dan katup buang akan tertutup.

$$V3 = V2 + \frac{8}{100} \times VL \quad (4)$$

$$T3 = T2 \times RC \quad (5)$$

V3 = Volume titik 3

T3 = Temperatur titik 3

Pada proses langkah ekspansi isentropic terjadi langkah daya atau ekspansi isentropis, semua katup masuk dan katup buang akan tertutup.

$$T4 = T3 \times \left(\frac{RC}{r}\right)^{K-1} \quad (6)$$

T4 = Temperatur titik 4

2. Tinjauan Pustaka

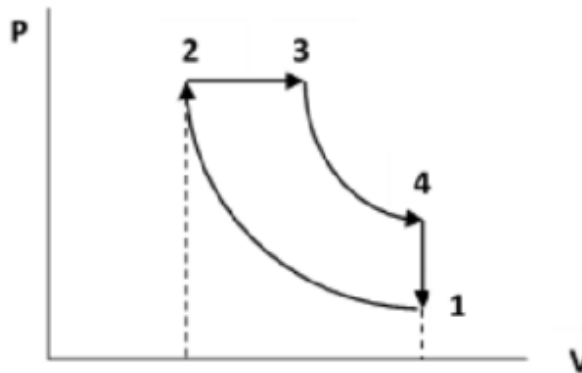
Mesin diesel sendiri merupakan salah satu mesin penggerak utama sebagai mesin kalor, yang bisa didefinisikan sebagai alat yang dapat mengubah energi kalor menjadi energi mekanik [5][6], dimana dengan proses pembakaran yang terjadi didalam mesin itu sendiri (*internal combustion engine*) dan pembakaran terjadi karena udara dimampatkan atau dikompresi dalam suatu ruang bakar sehingga diperoleh udara bertekanan tinggi serta panas yang tinggi, sehingga tidak memerlukan spark plug (busi) melainkan fuel injector untuk memasukkan bahan bakar sehingga terjadilah pembakaran [7], [8], [9]. Mesin diesel yang digunakan adalah mesin diesel dengan model mitsubishi S16R-PTA(-S).

3. Metodologi

Penelitian ini dilakukan di PT. PLN UPLTD MG NUNUKAN dan merupakan penelitian studi literasi dan pengambilan data secara langsung, dimana dilakukan pengukuran suhu pada mesin diesel secara langsung, menentukan asumsi yang dibutuhkan untuk proses analisa. Pengumpulan data menggunakan termogun untuk mengukur intake air temperature serta dengan data lainnya yang dapat dilihat pada spesifikasi mesin seperti diameter silinder, panjang stroke dan pressure bahan bakar. Kemudian hasil data diolah dengan melakukan perhitungan yang bersumber dari

berbagai informasi dan laporan terdahulu sehingga diperoleh efisiensi termal dan usaha netto dari mesin diesel Mitsubishi S16-PTA.

Siklus diesel secara teori untuk compression ignition engine pada motor diesel, penambahan panas terjadi pada tekanan tetap (P-V Diagram) sehingga siklus diesel seperti gambar 1 disebut juga siklus tekanan tetap ketika proses pembakaran terjadi di dalam silinder.



Gambar 1. Siklus Diesel

Dari gambar diatas, diketahui bahwa [10] :

- 1-2 : langkah kompresi isentropic
- 2-3 : penginjeksian bahan bakar pada tekanan konstan (isobaric)
- 3-4 : proses ekspansi isentropic
- 4-1 : proses panas dibuang pada volume konstan

Konstantan – konstantan yang berlaku pada siklus diesel:

- k : Konstanta rasio panas spesifik $= c_p/c_v = 1,4$
- c_p : Konstanta panas spesifik pada tekanan konstan $= 1,005 \text{ kJ/kg.K}$
- c_v : Konstanta panas spesifik pada volume konstan $= 0,718 \text{ kJ/kg. K}$
- r : Rasio kompresi $= V_1/V_2$
- rc : Rasio pancung (cut off ratio) $= V_3/V_2$

Diketahui intake air temperature pada tabel 2 sebagai input pada mesin diesel pada pembangkit :

Table 2 Data Temperatur

	Variasi Beban (kW)		
	600	800	1000
Intake air temperatur($^{\circ}\text{C}$)	68	86	86

Dengan spesifikasi mesin sebagai berikut:

1. Diameter = 170 cm
2. Stroke = 180 cm
3. Tekanan konstan bahan bakar = 31,4 Mpa

4. Data dan Analisis

4.1 Hasil Data

Dengan menggunakan siklus diesel dengan bertambahnya beban yang sekaligus mempengaruhi konsumsi bahan bakar, sehingga efisiensi juga dipengaruhi [11]. Efisiensi thermal Siklus Diesel dari definisi mesin kalor adalah [12] :

$$\eta_{th} = w_{net}/q_m = (q_m - q_k)/q_m = 1 - q_k/q_m$$

Kerja netto merupakan harga yang diperoleh selama siklus berlangsung. Kerja netto didefinisikan sebagai energi bersih yang berasal dari tenaga output [13]. Kerja netto dapat diperoleh dengan menggunakan persamaan berikut:

$$W_{net} = Q_{in} - Q_{out}$$

Dimana, W_{net} = kerja Netto (kJ/kg)

Q_{in} = kalor yang masuk (kJ/kg)

Q_{out} = kalor yang keluar (kJ/kg)

Adapun perhitungan pada hasil data tersebut sebagi berikut:

Nilai konstanta-konstanta yang berlaku pada mesin diesel

K = konstanta rasio panas spesifik = 1,4

C_p = Konstanta panas spesifik pada tekanan konstan = 1,005 kJ/kg.K

C_v = konstanta panas spesifik pada volume konstan = 0,718 kJ/kg.K

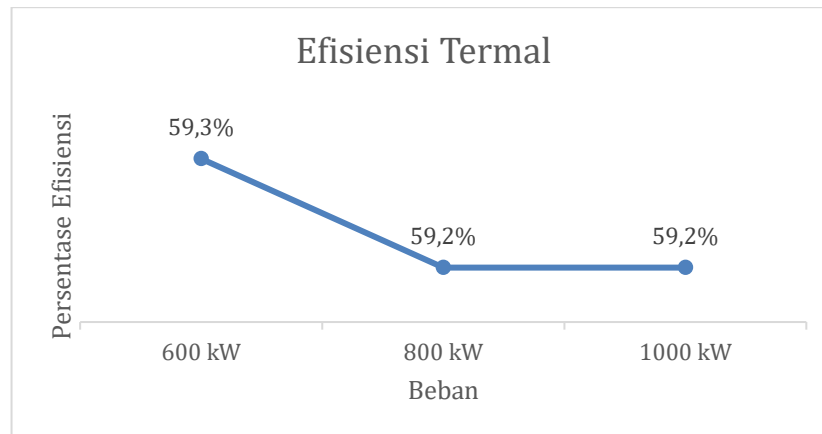
Adapun hasil perhitungan dapat dilihat pada tabel 3 berikut:

Table 3 Hasil Perhitungan

Beban (kW)	Temp 1(K)	Temp 2 (K)	Temp 3 (K)	Temp 4 (K)	Vol 1 (m ³)	Vol 2 (m ³)	Vol 3 (m ³)	Cut off Ratio (RC)	Volume Langkah (m ³)	Efisiensi Termal (%)	Kerja Netto (kJ/kg)
600	341	979,95	1.959,9	899,90	0,0043	0,0003	0,0006	2	0,00408	59,3	583,55
800	359	1.031,68	2.063,36	947,41	0,0043	0,0003	0,0006	2	0,00408	59,2	614,36
1000	359	1.031,68	2.063,36	947,41	0,0043	0,0003	0,0006	2	0,00408	59,2	614,36

4.3 Pembahasan

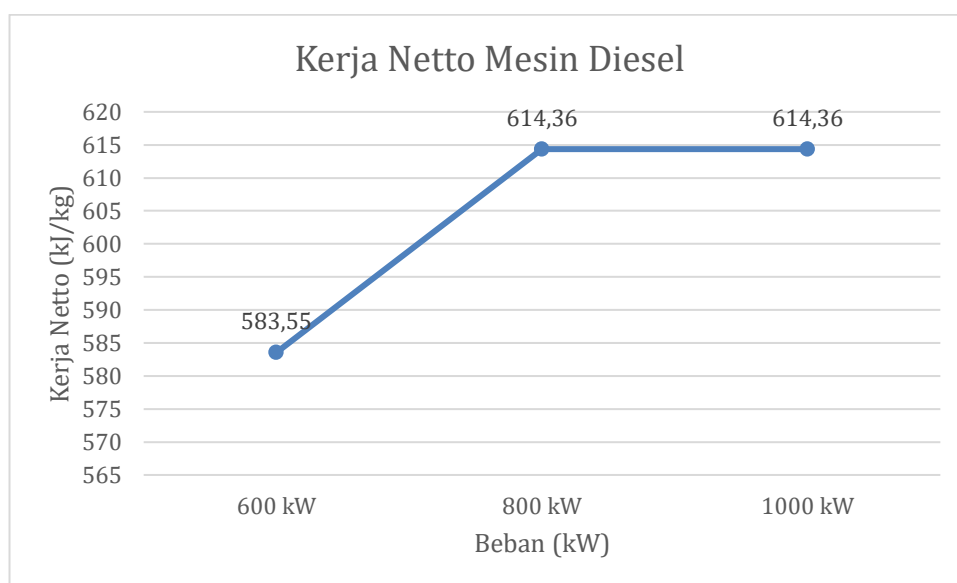
Dari hasil data dan perhitungan diatas diperoleh grafik pada sebagai berikut:



Gambar 2. Grafik Efisiensi Termal Terhadap Daya

Dari grafik gambar 2 diatas menunjukkan bahwa pada daya 600 kW efesiensi termal sebesar 59,3 % dan pada daya 800 kW dan 1000 kW efesiensi termal sebesar 59,2 %. Grafik diatas menyimpulkan bahwa efesiensi termal mengalami penurunan seiring dengan peningkatan daya. Jadi ketika mesin beroperasi efesiensi termal terjadi penurunan ketika terjadi peningkatan daya.

Efisiensi juga memiliki pengaruh dari Spesific Fuel Consumption (SFC). Sebagai pembandingan dengan pembangkit lainnya [14], diketahui daya beban 6 MW menghasilkan SFC 0,2050 liter/kWh, sedangkan beban 7 MW menghasilkan SFC senilai 0,2100 liter/ kWh. Hal ini disebabkan oleh peningkatan tekanan udara yang masuk ke silinder yang dibangkitkan dari turbocharger makin naik, sementara temperatur udara sekitar juga makin bertambah



Gambar 3. Grafik Kerja Netto Terhadap Daya

Dari grafik pada gambar 3 di atas menunjukkan bahwa pada daya 600 kW kerja netto sebesar 583,55 kJ/kg dan pada daya 800 kW dan 1000 kW kerja netto sebesar 614,36 kJ/kg. Grafik diatas menyimpulkan bahwa kerja netto mengalami peningkatan seiring dengan peningkatan daya. Jadi ketika mesin beroperasi kerja netto terjadi peningkatan ketika terjadi peningkatan daya.

Kerja netto pada kondisi mesin diesel ini akan meningkat seiring dengan peningkatan pembebanan. Hal ini terjadi pada mesin diesel yang mendapat variasi RPM [13]. Diperoleh pada beban 400 W, efisiensinya bervariasi dari 4,7 % menjadi 7,4,1%. Sedangkan pada beban 800 W, memiliki efisiensi lebih tinggi yaitu dari 8,5% menjadi 14,1%.

5. Kesimpulan

Adapun kesimpulan yang diperoleh sebagai berikut:

1. Diketahui efisiensi termal dari variasi pembebanan yang diberikan dimana pada daya 600 kW efisiensi termal sebesar 59,3 % dan pada daya 800 kW dan 1000 kW efisiensi termal sebesar 59,2 %, sehingga efisiensi termal paling tinggi diperoleh dengan daya 600kW. Efisiensi yang baik akan memberi pengaruh yang baik terhadap distribusi daya dari pembangkit ke pengguna.
2. Diperoleh usaha netto dari mesin diesel dengan variasi beban yang diberikan dimana pada daya 600 kW kerja netto sebesar 583,55 kJ/kg dan pada daya 800 kW dan 1000 kW kerja netto sebesar 614,36 kJ/kg, sehingga usaha netto paling tinggi diperoleh dengan daya 800 kW dan 1000 kW[1]. Sebagai pembandingan dengan pembangkit lainnya seiring kenaikan pembebanan akan meningkatkan konsumsi bahan bakar yang mempengaruhi kerja netto [14].
3. Sebagai pengembangan ke depannya diharapkan pengetahuan tentang efisiensi dan kerja netto yang baik kiranya dapat menjadi acuan bagi PLTD lainnya untuk diaplikasikan untuk menyuplai daya secara efisien di sektor distribusi.

6. Daftar Pustaka

- [1] E. S. Rahman, "STUDI TENTANG PROSES PEMBANGKITAN LISTRIK TENAGA DIESEL PT . PLN (PERSERO) WILAYAH SULSELBAR SEKTOR TELLO MAKASSAR No . Sampel Operator maintenance Supervisor Log seat pencatatan Jumlah," *J. Tek. Elektro*, vol. 2, no. 1, p. 6, 2018.
- [2] H. Eteruddin, J. Sitompul, and M. P. Halilintar, "Analisis Dan Desain Pembangkit Listrik Tenaga Surya Untuk Kebutuhan Fakultas Teknik Universitas Lancang Kuning," *Elementer*, vol. 8, no. 1, pp. 32–42, 2022, [Online]. Available: <https://jurnal.pcr.ac.id/index.php/elementer/article/view/5359>
- [3] M. Syahrir Habiba, D. Darmulia, R. Efendi, and I. Irsal, "Analisis Kinerja Mesin Diesel Terhadap Pemakaian Bahan Bakar Heavy Fuel Oil (Hfo) Pada Pembangkit Listrik Tenaga Diesel (Pltd) Tallasa Kabupaten Takalar," *ILTEK J. Teknol.*, vol. 12, no. 02, pp. 1790–1795, 2017, doi: 10.47398/iltek.v12i02.383.
- [4] A. Ilintamon, M. Pakiding, and H. Tumaliang, "Analisis Unjuk Kerja Sistem Produksi Listrik Pada Pembangkit Listrik Tenaga Diesel Waena," *J. Tek. Elektro dan Komput.*, vol. 8, no. 3, pp. 133–142, 2019, [Online]. Available: <http://ejournal.unsrat.ac.id/index.php/elekdankom/article/download/26593/26214>

- [5] B. Pakpahan *et al.*, "ANALISIS PERFORMANSI MOTOR BAKAR PADA GENERATOR-SET DENGAN KAPASITAS DAYA 440kW II," *SINERGI POLMED J. Ilm. Tek. Mesin*, vol. 2, no. 2, pp. 18–27, 2021, doi: 10.51510/sinergipolmed.v2i2.27.
- [6] I. F. Nisa and Warju, "Pengaruh Variasi Bentuk Exhaust Manifold Pada Diesel Particulate Trap Berbahan Dasar Kuningan dan Wire Mesh Stainless Steel Terhadap Performa Mesin Diesel 4 Langkah," *J. Tek. Mesin*, vol. 7, no. 3, pp. 65–72, 2019.
- [7] Y. B. Wibisono Barokah; Rompas, Parabelem Tinno Dolf; Wiratno, Wiratno; Baihaqi, Baihaqi, "Analisis Perbandingan Performa Mesin Diesel Menggunakan Biodiesel B20 dan HSD pada Mesin Mitsubishi 4 Silinder," *Front. J. Sains Dan Teknol.*, vol. 3, no. Vol 3, No 1 (2020): APRIL 2020, pp. 65–69, 2020, [Online]. Available: <http://ejournal.unima.ac.id/index.php/efrontiers/article/view/2138>
- [8] S. Ramadhani, "Performance analysis of combustion pressure in diesel motor," *J. Laminar*, vol. 1, no. 1, pp. 1–7, 2019.
- [9] Anonim, "Diktat kuliah mesin konversi energi (tmt3514)," 2021.
- [10] U. S. Dharma, E. Nugroho, and M. Fatkuahman, "Analisa Kinerja Mesin Diesel Berbahan Bakar," *J. Tek. Mesin Univ. Muhammadiyah Metro*, vol. 7, no. 1, pp. 1–10, 2018.
- [11] Ginting, A. S., & Hazwi, M. (2014). Analisa Performansi Pada Mobil Toyota Fortuner Mesin Diesel Tipe 2KD-FTV VN Turbo Intercooler. *e-Dinamis*, 10(2).
- [12] E. Arif, "THERMODINAMIKA TEKNIK", *MEMBUMI publishing*, 2013.
- [13] Ambarita, H. (2017). PENGUJIAN MESIN DIESEL YANG DIMODIFIKASI MENJADI BERBAHAN BAKAR GAS LPG. *Turbo: Jurnal Program Studi Teknik Mesin*, 6(2)
- [14] Widagdo, E. (2013). Optimisasi Pola Pembebanan Daya Mesin Pembangkit Listrik Diesel SWD 16 TM 410 Terhadap Efisiensi Konsumsi Bahan Bakar. *ELKHA: Jurnal Teknik Elektro*, 5(2).