

ANALISA UNJUK KERJA PERFORMANCE MESIN DIESEL CATERPILLAR 3516 B PADA PLTD ANEUK LAOT SABANG

Misswar Abd^{1*}, Fatani², Kamarullah³, Andi Mulkan⁴

^{1,2,3&4}Program Studi Teknik Mesin

Fakultas Teknik, Universitas Iskandar Muda, Banda Aceh

^{1*}misswar@unida-aceh.ac.id, ³kamarullah@unida-aceh.ac.id, ⁴andeend40@gmail.com

ABSTRAK

Kelangkaan akan bahan bakar minyak (BBM) yang terjadi mendorong dilakukannya penelitian-penelitian untuk penghematan energi. Sebagai bangsa yang besar dengan jumlah penduduk lebih dari 235 juta jiwa, Indonesia memiliki masalah energi yang cukup mendasar. Produksi minyak bumi yang terus menurun dan konsumsi yang terus meningkat. Secara rinci, proses pembakaran pada sebuah motor bakar torak perlu diteliti ulang untuk mengetahui peranan variabel-variabel yang dapat mempengaruhi prestasi motor bakar tersebut, dengan menggunakan asumsi-asumsi karakteristik ideal motor bakar yang merupakan dasar dari analisa kerja mesin diesel. Pada tulisan ini dibahas unjuk kerja atau efisiensi motor bakar torak mesin diesel Caterpillar 3516 B. Perhitungan unjuk kerja/performance mesin diesel Caterpillar 3516 B pada PLTD Aneuk Laot Sabang, berdasarkan data yang di ambil di lapangan dengan rasio jumlah pemakaian bahan bakar dan produksi kWh, kemudian di bandingkan dengan analisa efisiensi mesin secara unjuk kerja/performance, maka kita mendapatkan untuk kondisi At pada Cooler udara masuk untuk masing-masing 10°, 20°, 30°, maka kita memperoleh SFC pada At = 10° sebesar 0,232 kg/kwh, pada At = 20° sebesar 0,237 kg/kWh, dan pada At = 30° sebesar 0,242 kg/kWh. Sedangkan data yang di keluarkan oleh PLTD Aneuk Laot Sabang menunjukkan bahwa SFC nya adalah 0,266 liter/kWh atau 0,232 kg/kWh, maka dapat diambil kesimpulan bahwa mesin diesel Caterpillar 3516 B pada PLTD Aneuk Laot Sabang masih dalam kondisi baik dan bekerja pada At Cooler 10°.

Kata kunci: Motor Bakar Diesel, Efisiensi, Pemakaian Bahan Bakar (SFC)

ABSTRACT

The ongoing fuel shortage has prompted research into energy conservation. As a large nation with a population of over 235 million, Indonesia faces significant energy challenges. Oil production continues to decline, while consumption continues to rise. The detailed combustion process in a reciprocating engine requires further research to determine the role of variables that can influence its performance, using the assumptions of ideal combustion engine characteristics, which are the basis for analyzing diesel engine performance. In this paper, the performance or efficiency of the Caterpillar 3516 B diesel engine is discussed. Calculation of the performance of the Caterpillar 3516 B diesel engine at the Aneuk Laot Sabang PLTD, based on data taken in the field with the ratio of the amount of fuel consumption and kWh production, then compared with the analysis of engine efficiency in terms of performance, then we get for the At condition on the incoming air cooler for each 10°, 20°, 30°, then we get the SFC at At = 10° of 0.232 kg / kWh, at At = 20° of 0.237 kg / kWh, and at At = 30° of 0.242 kg / kWh. Meanwhile, the data released by PLTD Aneuk Laot Sabang shows that its SFC is 0.266 liters/kWh or 0.232 kg/kWh, so it can be concluded that the Caterpillar 3516 B diesel engine at PLTD Aneuk Laot Sabang is still in good condition and is working at At Cooler 10°.

Keywords: Diesel Engine, Efficiency, Fuel Consumption (SFC)

1. PENDAHULUAN

Kelangkaan akan bahan bakar minyak (BBM) yang terjadi mendorong dilakukannya penelitian-penelitian untuk penghematan energi. Sebagai bangsa yang besar dengan jumlah penduduk lebih dari 235 juta jiwa, Indonesia memiliki masalah energi yang cukup mendasar. Produksi minyak bumi yang terus menurun dan konsumsi yang terus meningkat. Produksi minyak global diperkirakan telah mencapai titik puncak (peak point) pada tahun 2000, hal ini berarti eksplorasi minyak bumi telah mencapai titik tertinggi dan mulai menurun setiap tahunnya. Krisis energi BBM merupakan salah satu

dampak yang ditimbulkan. Perkembangan penggunaan motor diesel semakin lama semakin meningkat, tidak hanya digunakan untuk alat transportasi tapi juga aplikasi kebutuhan industri. PLTD (Pembangkit Listrik Tenaga Diesel) adalah salah satu diantara sekian banyak penghasil-penghasil listrik lain dengan menggunakan energy primer sebagai penggerak generator dalam menghasilkan listrik [1][2][3].

Adapun manfaat dari penulisan tugas akhir ini untuk perusahaan adalah dengan adanya penelitian ini kita dapat mengetahui efisiensi suatu mesin sehingga berdampak langsung kepada penghematan konsumsi energi suatu perusahaan. Sedangkan untuk masyarakat sabang selaku konsumen listrik secara langsung. dengan efisiensi suatu mesin, maka produksi energi listrik dapat terus dihasilkan dengan baik sehingga mengurangi pemadaman langsung.

Bahan bakar Diesel (solar) merupakan bahan bakar dari fosil yang bersifat non-renewable [4], maka dari itu kita harus melakukan penghematan bahan bakar dan pengifisiensian sistem bahan bakar pada mesin, dan salah satu cara melakukan penghematan bahan bakar adalah dengan cara dianalisa ulang. Mesin diesel memiliki daya yang besar dengan putaran rendah sehingga banyak dimanfaatkan sebagai pembangkit listrik [5].

Batasan masalah tugas akhir ini, penulis menganalisa unjuk kerja/performance mesin diesel Caterpillar 3516 B dengan melakukan perbandingan Spesifik Fuel Consumption (SFC) secara aktual dan kemudian melakukan analisa penyebab-penyebab utama pemborosan bahan bakar berdasarkan siklus tekanan terbatas atau siklus gabungan karena siklus motor diesel memakai siklus gabungan [6].

Mesin diesel Caterpillar 3516 B adalah sebuah mesin diesel yang diproduksi oleh pabrikan Caterpillar USA pada tahun 2000 yang dirancang khusus sebagai pembangkit listrik dengan putaran 1500 rpm dan berdaya 1500 kW. dan untuk mengetahui unjuk kerja/performance mesin diesel Caterpillar 3516 B ialah dengan menggunakan asumsi-asumsi karakteristik ideal motor bakar yang merupakan dasar dari analisa kerja mesin diesel [7].

Dalam tugas ini penulis menganalisa beberapa hal yang berhubungan dengan unjuk kerja/performance mesin diesel dengan cara melakukan pengambilan data lapangan yaitu di PLTD Aneuk Laot Sabang dan membandingkan dengan asumsi-asumsi karakteristik ideal motor bakar yang merupakan dasar dari analisa kerja mesin diesel.

2. METODE PENELITIAN

2.1 Metode Literatur pada Waktu Pelaksanaan

Adapun langkah untuk mengetahui performance mesin diesel ini yaitu melakukan perhitungan terhadap siklus yang ada pada motor diesel berdasarkan siklus tekanan terbatas atau siklus gabungan karena siklus motor diesel memakai siklus gabungan. Perhitungan ini untuk mencari pemakaian bahan bakar spesifik (SFC) secara unjuk kerja/performance, dan membuat perbandingan dengan SFC aktual mesin. Sedangkan data yang didapat dilapangan yaitu konsumsi bahan bakar, tekanan masuk (p_1), Temperatur masuk (T_1).

2.2 Spesifikasi Mesin Diesel Caterpillar Pada PLTD Aneuk Laot Sabang

Tabel 2.1 Spesifikasi Mesin Diesel Caterpillar Pada PLTD Aneuk Laot Sabang

Spesifikasi	Engine		
	3508	3512	3516
Number Arrangement	60 V-8	60V-12	60V-16
Valves Per Cylinder	4	4	4
Displacement	34,5 Liter (2105 Cu.In)	51,8 Liter (3158 Cu.In)	69,1 Liter (4210 Cu. In)
Bore		170 mm (6,7 In)	
Stroke		190 mm (7,5 In)	
Comperation Ratio		13.01	
Type Of Combustion		Direct Injection	
ValVe Setting	Inteke	0,38 mm (0,15 In)	
	Exhaust	0,76 mm (0,30 In)	

2.3 Diagram Alir Penelitian



Gambar 1. Diagram Alir

2.4 Langkah Perhitungan

2.4.1 Langkah Hisap (0-1)

Udara masuk dalam silinder memiliki tekanan yang merupakan tekanan awal kompresi di dalam silinder dan besarnya tergantung sistem pemasukannya berdasarkan persamaan 2.1 [7][8].

$$P_a = 0,95 \times P_{sup} \quad (2.1)$$

2.4.2 Langkah Kompresi (1-2)

Udara awal masuk silinder dikompresi dalam ruang silinder dan proses ini di idealkan berlangsung secara isentropik tetapi sebenarnya terjadi perpindahan panas selama proses kompresi berlangsung dari ruang silinder ke dinding sehingga tekanan dan temperatur udara yang terjadi pada akhir langkah kompresi. Berdasarkan persamaan (2.2) [9], maka tekanan akhir kompresi dapat dihitung dengan persamaan:

$$P_c = P_a \times \epsilon^{n1} \quad (2.2)$$

2.4.3 Langkah Ekspansi (2-3)

Terdapat tiga syarat pembakaran yaitu: bahan bakar, udara dan sumber panas, tetapi salah satu faktor terpenting agar proses pembakaran dapat berlangsung secara sempurna adalah campuran bahan bakar dan udara yang sebaik-baiknya. Secara umum bahan bakar minyak dikenal dengan nama hidrokarbon yang secara garis besarnya tersusun atas karbon, hydrogen, oksigen dan sisanya berupa

unsur-unsur lain yang jumlahnya kecil. Komponen unsur-unsur ini sangat berpengaruh terhadap proses pembakaran agar proses pembakaran dapat berlangsung secara sempurna sehingga dibutuhkan sejumlah udara yang tepat agar proses pembakaran ini dapat berlangsung secara sempurna [8][10].

Secara teoritis kebutuhan udara ini berdasarkan persamaan (2,3), maka kebutuhan udara teoritis dapat dihitung dengan persamaan :

$$L_o = 1/0,21(C/12 + H/4 - O/32) \quad (2.3)$$

2.4.4 Langkah Buang (3-4)

Akibat proses pembakaran temperatur dan tekanan di ruang silinder naik sehingga terjadi langkah ekspansi dimana piston didorong menuju titik mati bawah. Langkah ekspansi diidealkan berlangsung secara isentropik tetapi sebenarnya terjadi proses perpindahan panas dari ruang silinder ke dinding silinder sehingga besarnya tekanan dan temperatur secara berturut-turut pada akhir langkah ekspansi dapat dihitung dengan persamaan (2.4) [7], yaitu :

$$P_b = P_z / \delta^{n2} \quad (2.4)$$

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Pembahasan

3.1.1 Langkah Hisap

Ketika torak bergerak dari titik mati atas (TMA) ke titik mati bawah (TMB), katup hisap terbuka dan katup buang tertutup, udara yang ditarik tersebut masuk ke ruang silinder melalui katup hisap, maka terjadi tekanan temperatur awal kompresi sebesar = 127,208° C atau 400,208 K. Dan temperatur udara pengisian lanjut (T_{sup}) menjadi = 427,375 K Dan efisiensi pengisian (η_{ch}) menjadi = 0,9256.

3.1.2 Langkah Kompresi

Torak bergerak dari titik mati bawah (TMB) ke titik mati atas (TMA), kedua katup tertutup, udara yang terkurung didalam ruang silinder dimampatkan oleh torak yang bergerak ke titik mati atas (TMA). Volume udara tersebut menjadi kecil dan menyebabkan tekanan dan temperatur naik. Penyemprotan bahan bakar dilakukan sesaat sebelum akhir langkah kompresi sehingga tekanan akhir kompresi (P_c) menjadi 87,014 atm. Dan temperatur akhir kompresi (T_c) menjadi 1165,03232 K.

3.1.3 Langkah Ekspansi

Pada saat torak hampir mencapai titik mati atas (TMA) bahan bakar di injeksikan ke udara yang bertekanan dan bertemperatur tinggi di dalam silinder, sementara itu torak masih bergerak menuju titik mati atas (TMA) sehingga volume bahan bakar menjadi semakin kecil dan mengakibatkan campuran udara dengan bahan bakar yang ada didalam ruang silinder yang terbakar karena tekanan dan temperatur yang tinggi. Campuran gas yang terbakar ber ekspansi (tekanan turun), mendorong torak bergerak dari titik mati atas (TMA) ke titik mati bawah (TMB), kedua katup masih dalam keadaan tertutup. Ini adalah satu-satunya langkah yang menghasilkan kerja dari ke empat langkah siklus dan udara teoritis pembakaran 1 bahan bakar dalam satuan berat (L_o) menjadi 0,4946 mol/kg. Dan udara aktual pembakaran 1 bahan bakar dalam satuan berat (L') menjadi = 0,8408 mol/kg. Dan jumlah produk pembakaran (M_g) menjadi = 0,8725 mol/kg. 1,04. Dan Tekanan akhir Dan koefisien perubahan molar (μ) menjadi pembakaran (P_z) menjadi 139,223 atm. Dan temperatur akhir pembakaran (T_z) menjadi 1792,3574 K. Dan perbandingan ekspansi awal (ρ) menjadi = 1 K. Dan perbandingan ekspansi (δ) menjadi = 14.

3.1.4 Langkah Buang

Torak bergerak dari titik mati bawah (TMB) ke titik mati atas (TMA) mendorong gas sisa pembakaran keluar silinder melalui katup buang yang terbuka, sementara katup hisap tertutup. Setelah langkah buang selesai siklus dimulai lagi dari langkah hisap dan seterusnya, dan tekanan akhir ekspansi (P_b) menjadi 5,866 atm. Dan tekanan akhir kompresi (P_c) menjadi 1057,3019 K. Dan tekanan teoritis rata-rata (P_{it}) menjadi 10,807 atm. Dan tekanan indikasi rata-rata aktual (P_i) menjadi 10,3750 atm. Dan tekanan efektif rata-rata (P_e) menjadi 9,0054 kgf/cm².

3.2 Daya Efektif

Daya efektif adalah daya akhir yang terjadi pada poros engkol dapat juga diartikan bahwa daya efektif adalah daya hasil pembakaran dikurangi dengan kerugian-kerugian yang terjadi pada mesin, kerugian energi ini terjadi pada sistem pendingin, perlengkapan asesoris dan sebagian energi panas hasil pembakaran keluar dari mesin melalui saluran buang. Setelah kita melakukan perhitungan di atas, maka kita dapatkan hasil untuk daya efektif (N_b) sebesar 1543,4375 kW.

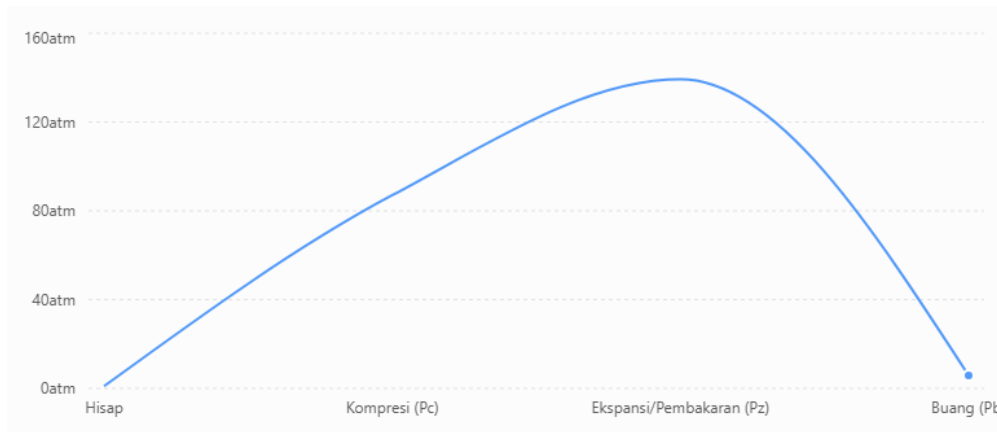
3.3 Konsumsi Bahan Bakar Spesifik

konsumsi bahan bakar spesifik efektif adalah pemakaian bahan bakar spesifik untuk daya yang dihasilkan. Setelah kita menganalisa dari: Langkah hisap, langkah kompresi, langkah ekspansi, langkah buang dan daya efektif, maka kita mendapatkan hasil untuk Konsumsi spesifik bahan bakar spesifik indikasi (F) sebesar 0,24158 kg/kWh. Dan konsumsi spesifik bahan bakar spesifik efektif (F) sebesar = 0,2876 kg/kWh. Dan pemakaian bahan bakar (F) sebesar = 443,898 kg/hr. dan konsumsi bahan bakar spesifik (SFC) sebesar = 0,232 kg kWh

Jika kita memperoleh Δt 10° maka pemakaian bahan bakar (SFC) yaitu sebesar 0,232 kg/kwh berarti masih dalam kondisi normal, dan jika kita memperoleh Δt = 20° maka pemakaian bahan bakar (SFC) yaitu sebesar 0,237 kg/kWh berarti terjadi sedikit pemborosan bahan bakar, dan jika kita memperoleh Δt 30° maka pemakaian bahan bakar (SFC) yaitu sebesar 0,242 kg/kWh berarti terjadi pemborosan bahan bakar yang sangat besar (mesin sudah tidak layak pakai).

3.4 Perubahan Tekanan Selama Siklus Mesin Diesel

Profil perubahan tekanan pada satu siklus kerja mesin diesel berdasarkan hasil analisis termodinamika



Gambar 2. grafik siklus kerja mesin diesel berdasarkan hasil analisis termodinamika

4. KESIMPULAN

Setelah kita melakukan perhitungan untuk kondisi Δt Cooler udara masuk untuk masing-masing 10°, 20°, 30°, maka kita peroleh SFC pada Δt = 10° deg sebesar 0, 232kg / kWh pada Δt = 20° sebesar 0,237 kg/kWh, pada Δt = 30° sebesar 0,242 kg/kWh.

Sedangkan dari data yang diperoleh dari PLTD Aneuk Laot Sabang menunjukkan bahwa SFC nya adalah 0,266 liter/kWh atau 0, 232kg / kWh maka dapat diambil kesimpulan bahwa mesin diesel Caterpillar 3516 B pada PLTD Aneuk Laot Sabang dari tinjauan unjuk kerja/performance masih dalam kondisi baik dan bekerja pada Δt Cooler 10 deg

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyampaikan rasa terima kasih kepada Program Studi Teknik Mesin Universitas Iskandar Muda, atas dukungan yang telah diberikan selama penelitian ini dilaksanakan. Penulis juga mengucapkan terima kasih dan apresiasi kepada Pimpinan PLTD Aneuk Laot Sabang atas bantuan teknis selama pelaksanaan pengujian di lapangan. Dan Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada

semua peneliti sebelumnya yang terkait dengan penelitian ini, baik yang disebutkan di daftar pustaka maupun yang tidak, karena kontribusi mereka yang signifikan telah memberikan masukan berharga pada penelitian ini. Penghargaan juga diberikan kepada teman-teman dan individu yang terlibat secara langsung maupun tidak langsung dalam penelitian.

REFERENSI

- [1] W. M. Saputra, M. Abd, T. Zulfadli, M. Yusuf, and Kamarullah, "Analisa Kinerja Mesin Sulzer 12 ZV 40/48 di PLTD Lueng Bata, Kota Banda Aceh," *Jitem (J. Ilm. Tek. Mesin)*, vol. 01, no. 02, pp. 52–57, 2024.
- [2] Marhaini, Mardwita, and A. Suranda, "Analisa Efisiensi Bahan Bakar Dan Dampak Lingkungan Emisi Gas Buang Pembangkit Listrik Tenaga Diesel (PLTD) Terhadap Pembangkit Listrik Mesin Gas (PLTMG)," *J. Surya Energi*, vol. 6, no. 2, pp. 57–61, 2022.
- [3] A. Mulkan and M. Abd, "Analisis Sistem PLTU Berbahan Bakar Biomassa di PT . Beurata Subur Persada Kabupaten Nagan Raya," *Jitem (J. Ilm. Tek. Mesin)*, vol. 02, no. 01, pp. 27–31, 2025.
- [4] I. Kholiq, "Pemanfaatan energi alternatif sebagai energi terbarukan untuk mendukung substitusi bbm," *J. IPTEK*, vol. 19, no. 2, pp. 75–91, 2015.
- [5] R. V. Allen, "Analisis Perlakuan Bahan Bakar Terhadap Tenaga dan Torsi yang Dihasilkan Mesin Diesel Serta Tingkat Konsumsi Bahan Bakar," *Technologica*, vol. 2, no. 2, pp. 87–94, 2023.
- [6] M. Z. zaim Muthadi, H. Suryoatmojo, Soedibyo, and M. Ashari, "Fuel Consumption Efficiency Enhancement of Synchronous Diesel Generator Operating at Adjustable Speed using Adaptive Inertia Weight Particle Swarm Optimization Algorithm.pdf," 2023. doi: <https://doi.org/10.22219/kinetik.v8i4.1756>.
- [7] R. Sepriyatno, E. Siswanto, and N. Hamidi, "Performa Pada Motor Bakar 6-Langkah Dengan Langkah Power Ekspansi Sampai Titik Mati Bawah," *Rekayasa Mesin*, vol. 12, no. 2, pp. 411–419, 2021, doi: <https://doi.org/10.51510/sinergipolmed.v2i2.27>.
- [8] A. E. Liemena, "Penentuan Parameter Titik-Titik Utama Siklus Kerja Mesin Diesel Kecepatan Tinggi Empat Langkah Dengan Perbandingan Kompresi," vol. 06, no. 1, pp. 2–7, 2012.
- [9] Y. Littik, "Analisa Performansi Mesin Diesel MAK 8M453 Tipe 4 Langkah dengan Daya Terpasang 2500 kW," vol. 1, no. 4, pp. 53–63, 2022.
- [10] B.Pakpahan *et al.*, "Pakpahan, B., Silalahi, C., Gultom, D., Sihombing, E., Simanjuntak, J., Munthe, L., Panjaitan, P., & Lubis, R. (2021). ANALISIS PERFORMANSI MOTOR BAKAR PADA GENERATOR-SET DENGAN KAPASITAS DAYA 440kW II," 2021.