

EVALUASI UNJUK KERJA MESIN DIESEL CUMMINS KTA 38 G5 DI PPSDM MIGAS CEPU

Bela Marta Lalaun

¹Teknik Mesin Kilang, Politeknik Energi dan Mineral Akamigas, Jalan Gajah Mada No.38, Blora,58315

*E-mail: belalalaun@gmail.com

ABSTRAK

Pembangkit Listrik Tenaga Diesel (PLTD) PPSDM Migas Cepu merupakan bagian dari sistem penunjang yang bergerak pada pendistribusian listrik pada sektor kilang maupun perkantoran. PPSDM Migas Cepu dilengkapi berbagai sistem penunjang seperti unit pengelolaan, unit utilitas, dan unit *power plant*. Di antara unit-unit tersebut, keberadaan mesin diesel *Cummins* KTA 38 G5 di PPSDM Migas Cepu digunakan untuk menggerakkan generator yang digunakan untuk suplai listrik pada unit kilang maupun perkantoran. Dikarenakan sangat pentingnya mesin diesel ini, serta jam kerja yang terus-menerus, maka perlu *maintenance* dan evaluasi unjuk kerjanya (*performance*). Pada pembahasan kali ini yaitu untuk mengevaluasi kerja mesin diesel *cummins* KTA 38 G5. Setelah dikalkulasi sesuai dengan rumus dan data lapangan, didapatkan daya poros/efektif sebesar 544,850 HP, konsumsi bahan bakar per jam sebesar 211,84 lb/jam, konsumsi bahan bakar spesifik sebesar 0,38 lb/HP Jam, efisiensi termal sebesar 35,91 %. Hal ini mengindikasikan mesin diesel *Cummins* KTA 38 G5 masih dalam keadaan baik (standar), bila dibandingkan dengan efisiensi *Thermal design* yang seharusnya berkisar 30 – 41 %.

Kata kunci: Mesin diesel, Evaluasi unjuk kerja, Efisiensi

1. PENDAHULUAN

Mesin diesel adalah penggerak utama yang diklasifikasikan sebagai mesin pembakaran dalam (*internal combustion engine*)[1]. Tenaga yang dihasilkan oleh motor diesel dinyalakan oleh panas yang dihasilkan oleh udara bertekanan di dalam silinder dan membakar bahan bakar yang diinjeksikan ke dalam ruang bakar[2]. Mesin diesel tidak menggunakan busi seperti mesin bensin atau gas, tetapi menggunakan panas sebagai sumber pembakarannya[3]. Energi yang dihasilkan oleh motor diesel dapat digunakan untuk menggerakkan generator yang menghasilkan energi listrik. Energi listrik ini digunakan untuk keperluan operasional di kilang[4]. Karena fungsi mesin diesel sangat penting, maka harus ada pengawasan pada saat motor diesel beroperasi. Berdasarkan waktu pengoperasiannya, mesin mengalami penurunan dikarenakan penggunaannya secara berkala, maka pada waktu tertentu akan dilaksanakan *overhaul* dan evaluasi unjuk kerja alat tersebut. Mengenai pengaruh unjuk kerja dan fungsi peralatan tersebut[5].

Parameter kinerja mesin digunakan untuk menguji kinerja mesin. kinerja suatu mesin sangat erat kaitannya dengan pengoperasiannya dan kemudahan penggunaan mesin itu sendiri. Dalam mengevaluasi serta mengoptimalkan mesin *diesel* maka digunakan persamaan sebagai berikut. Perhitungan efisiensi *charge* merupakan perhitungan pertama dalam melakukan perhitungan unjuk kerja pada mesin *diesel* menggunakan persamaan berikut [6].

$$\eta_{ch} = \frac{T_a \left\{ \left(\frac{r \times P_d}{T_d} \right) - \left(\frac{P_c}{T_c} \right) \left(\frac{n_1}{n_2} \right) \right\}}{P_a(r-1)} \times 100\% \quad (1)$$

Untuk menghitung tekanan indikator dengan banyak pertimbangan kerugian yang di hasilkan dapat di lakukan dengan rumus efisiensi menggunakan persamaan berikut [7]

$$P_i = \frac{5,4 \times Q_i \times \eta_{id} \times \eta_r \times \eta_{ch}}{v_f + a(1+e)}, \text{ psi} \quad (2)$$

Untuk menghitung daya indikator yang diperoleh dari perubahan energi panas yang dihasilkan dari pembakaran bahan bakar dengan udara ke dalam energi mekanik, dapat dilakukan menggunakan persamaan berikut [8]

$$N_i = \frac{P_i \times l \times a \times n}{12 \times 33000}, \text{ HP} \quad (3)$$

Untuk menghitung daya efektif yang digunakan untuk menggerakkan beban, dapat dilakukan dengan menggunakan persamaan berikut [9]

$$N_e = \frac{P_e \times l \times a \times i \times n}{33000 \times 12 \times z}, \text{ HP} \quad (4)$$

Untuk mengetahui konsumsi bahan bakar perjam pada mesin diesel, dilakukan menggunakan persamaan sebagai berikut [7]

$$G_f = \frac{G_u}{r_{af}} \times \frac{n}{z} \times i \times 60, \text{ lb/jam} \quad (5)$$

Kompresibilitas udara (Z) dapat dihitung dengan persamaan berikut [7]

$$Z = \frac{P_r}{T_r}, \quad (6)$$

Jumlah udara untuk pembakaran dapat dilakukan menggunakan persamaan berikut [7]

$$G_u = \frac{144 \times P_d \times V_s}{Z \times R \times T_d}, \quad (7)$$

Pada umumnya perbandingan udara (RAF) untuk suatu jenis mesin telah ditentukan oleh pabrik pembuat hasil *test*. Namun demikian secara teoritis harga RAF dapat dihitung menggunakan persamaan berikut [7]

$$RAF = \frac{137,6 (n + 0,25 m)(1 + e)}{12n + m}, \text{ lb}_u/\text{lb}_{bb} \quad (8)$$

Konsumsi bahan bakar spesifik dihitung menggunakan persamaan berikut [7]

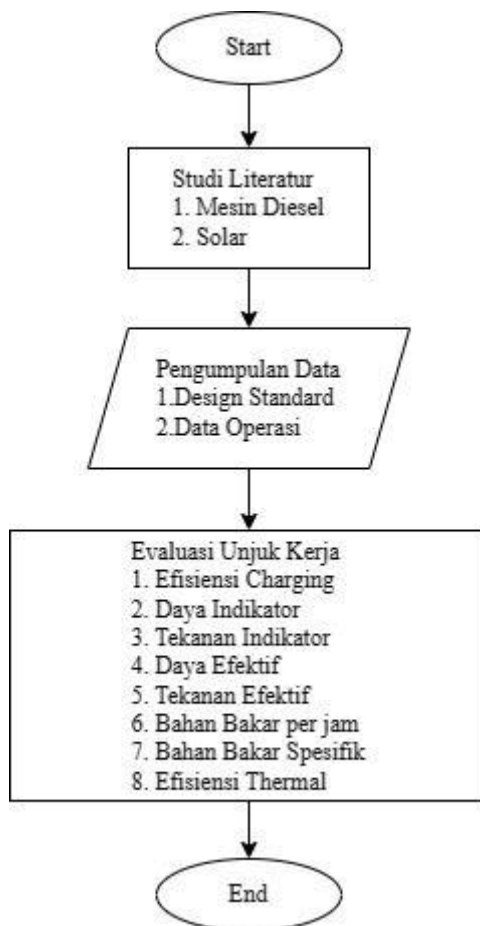
$$B_{scf} = \frac{G_f}{N_e}, \text{ lb/HP jam} \quad (9)$$

Efisiensi termal efektif adalah suatu perbandingan antara tenaga indikator yang dihasilkan dari panas hasil pembakaran dengan panas dari bahan bakar yang digunakan dalam waktu yang sama. Besarnya efisiensi termal indikator dapat dihitung dengan menggunakan persamaan sebagai berikut [10]

$$\eta_{the} = \frac{2545 \times N_e}{G_f \times Q_L} \times 100\% \quad (10)$$

2. METODE

Metode penelitian yang dilakukan selama observasi di PPSDM Migas Cepu adalah dengan mencari berbagai buku dan referensi-referensi lain yang terkait dengan mesin diesel dan produk solar sebagai bahan bakarnya. Data yang dibutuhkan antara lain; Design standard, dan data operasi, dan beberapa buku lain dengan judul penelitian yang sama. Setelah memperoleh data yang dibutuhkan, selanjutnya ialah dievaluasi. Flowchart penelitian dapat dilihat pada Gambar 1.



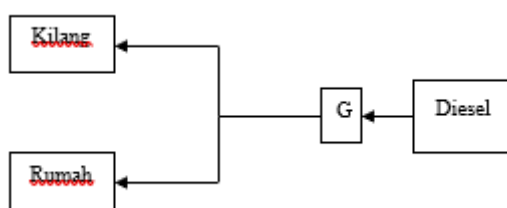
Gambar 1 Flowchart penelitian

3. PEMBAHASAN

Fungsi utama Mesin Diesel *Cummins KTA 38 G5* di PPSDM Migas Cepu untuk menyuplai kebutuhan listrik pada operasional kilang dan penunjangnya (Unit Utilitas) yang meliputi unit *power plant*, unit boiler, dan unit pengolahan air. Kegunaan dari Mesin Diesel adalah sebagai penggerak generator untuk pembangkit listrik (*supply power generation*). Menunjukkan Mesin Diesel *Cummins KTA38 G5* dan Skema prosesnya dapat dilihat pada gambar 2 dan 3. Sedangkan spesifikasi Mesin Diesel *Cummins KTA 38 G5* dan Spesifikasi Generator dapat dilihat pada Tabel 1 dan Tabel 2.



Gambar 2 Mesin Diesel Cummins KTA 38 G5



Gambar 3. Skema proses Mesin Diesel Cummins KTA 38 G5

Tabel 1. Spesifikasi Mesin Diesel Cummins KTA 38 G5

No	Deskripsi	Spesifikasi
1.	Merk	Cummins
2.	Type	KTA 38 G5
3.	Bore and Stroke	159 mm × 159 mm (6.26 in × 6.26 in)
4.	Cycle	4 Stroke
5.	Jumlah Silinder	12 silinder
6.	Putaran	1500 rpm
7.	Diameter Silinder	159 mm
8.	Langkah piston	159 mm
9.	Compression ratio	13,8:1
10.	Displacement	38 Liters (2300 cu in)
11.	Arah Putaran	Searah Jarum Jam
12.	Fuel	Solar

Tabel 2. Spesifikasi generator

No	Deskripsi	Spesifikasi
1.	Merk	ONAN
2.	Made in	Australia
3.	Kapasitas	1.000 Kva
4.	Voltage	380-400 Volt
5.	Frekuensi	50 Hz
6.	Daya	800 Kw
7.	Putaran	1500
8.	Phase	3

Nomenclature dan Data operasi Mesin Diesel Cummins KTA 38 G5 dapat dilihat pada Tabel 3 dan Tabel 4. Parameter bahan bakar mesin diesel Cummins KTA 38 G5 menggunakan

100% solar ($C_{16}H_{30}$). Secara umum data mengenai komposisi bahan bakar mesin diesel *Cummins KTA38 G5* dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 3. Nomenclature Mesin Diesel Cummins KTA 38 G5

Initial	Penjelasan
K	Seri
T	Mesin dengan <i>Turbocharger</i>
A	Mesin dengan <i>Aftercooler</i>
38	<i>Displacement</i> dalam liter
G5	Dilengkapi dengan generator

Tabel 3. Data operasi Mesin Diesel Cummins KTA 38 G5

No	Parameter	Nilai
1.	Putaran	1500 rpm
2.	Tekanan Oli	80 Psi
3.	Temperatur Water	50°C = 581,67°R
4.	Temperatur Udara Luar	31,7°C = 548,73°R
5.	Temperatur Udara Masuk Silinder	37,8°C = 559,71°R
6.	Tekanan Gas Bekas Pembakaran	0,1 Kg/cm ²
7.	Tekanan Udara Luar	14,7 Psia
8.	Tekanan Udara Masuk Silinder	15,1 Psia
9.	Temperatur Gas Buang dari Silinder	490°C = 1373,67°R
10.	Kompresi Rasio	13,8

Tabel 4. Data Parameter bahan bakar

No	Komponen	Nilai
1.	Nilai Kalor Bawah Bahan Bakar (Q_L)	18.225 BTU/lb
2.	Volume <i>Theoretical</i> Air (a)	190,6 ft ³ /lb
3.	Volume Spesifik Bahan Bakar (V_f)	1,7 ft ³ /lb

Dalam evaluasi unjuk kerja diesel engine diperlukan perhitungan mengenai daya poros, pemakaian bahan bakar, serta efisiensi thermal. Unjuk kerja dari suatu mesin biasanya ditunjukkan dalam grafik yang di keluarkan oleh pabrik pembuatan mesin itu sendiri dan grafik yang dikeluarkan dari masing-masing pabrik pembuat juga berbeda.

- 1) Perhitungan efisiensi *charging* pada Mesin Diesel *Cummins KTA38 G5* didapatkan menggunakan rumus (1)

$$\eta_{ch} = 547,5 \frac{\left\{ \left(\frac{13,8 \times 15,1}{559,71} \right) - \left(\frac{16,122}{1373,67} \right) (1) \right\}}{14,7(13,8-1)} \times 100\% = 104,91 \%$$

- 2) Perhitungan tekanan indikator pada Mesin Diesel *Cummins KTA 38 G5* diperoleh menggunakan rumus (2)

$$p_i = \frac{5,4 \times 18,225 \times 0,40 \times 0,90 \times 1,0491}{1,7 + 190,6(1 + 0,4)} = 138,41 \text{ psi}$$

- 3) Perhitungan daya indikator pada Mesin Diesel *Cummins KTA 38 G5* menggunakan rumus (3)

$$N_i = \frac{138,41 \times 6,26 \times 30,76 \times 12 \times 1500}{33000 \times 12 \times 2} = 605,724 \text{ HP}$$

- 4) Perhitungan daya efektif pada mesin diesel *Cummins* KTA 38 G5 menggunakan rumus (4)

$$Ne = \frac{124,5 \times 6,26 \times 30,76 \times 12 \times 1500}{33000 \times 12 \times 2} = 544,850 \text{ HP}$$

- 5) Perhitungan pemakaian bahan bakar setiap jam dari mesin diesel *Cummins* KTA 38 G5 menggunakan rumus (5)

$$Gf = \frac{0,0080}{20,392} \times \frac{1500}{2} \times 12 \times 60 = 211,84 \text{ lb/jam}$$

- 6) Perhitungan kompresibilitas udara dapat menggunakan rumus [8-9]

$$Pr = \text{Reduced pressure} = \frac{Pd}{Pcr} = \frac{15,1}{547} = 0,02 \quad (11)$$

$$Tr = \text{Reduced Temperature} = \frac{Td}{Tcr} = \frac{559,71}{238,3} = 2,34 \quad (12)$$

- 7) pemakaian udara untuk pembakaran (G_u) dapat menggunakan rumus (7).

$$Gu = \frac{144 \times 15,1 \times 0,111}{1 \times 53,35 \times 559,71} = 0,0080 \text{ lb/siklus}$$

- 8) Perhitungan perbandingan udara pada bahan bakar dapat menggunakan rumus (8)

$$RAF = \frac{137,6 \times (16+0,25(30))^{(1+0,40)}}{12(16)+30} = 20,392 \text{ lb}_u/\text{lb}_{bb}$$

- 9) Perhitungan konsumsi bahan bakar spesifik dapat menggunakan rumus (9)

$$Bsfc = \frac{211,84}{544,850} = 0,38 \text{ lb/HP jam}$$

- 10) Perhitungan efisiensi thermal pada mesin diesel *Cummins* KTA 38 G5 dapat menggunakan rumus (10)

$$\eta_{the} = \frac{2545 \times 544,850}{211,84 \times 18,225} \times 100\% = 35,91 \%$$

Hasil evaluasi unjuk kerja Mesin *Diesel Cummins* KTA 38 G5 dengan menggunakan perhitungan dari data-data yang diperoleh di lapangan (data operasi) dengan data spesifikasi, maka didapatkan pada Tabel 6.

Tabel 5. Hasil evaluasi unjuk kerja Mesin Diesel Cummins KTA 38 G5

No	Performance	Hasil Evaluasi
1.	Daya Efektif	544,850 HP
2.	Pemakaian Bahan Bakar per Jam	211,84 lb/jam
3.	Pemakaian Bahan Bakar Spesifik	0,38 lb/HP Jam
4.	Efisiensi Termal Efektif	35,91 %

4. SIMPULAN

Berdasarkan hasil perhitungan dibandingkan dengan data spesifikasi design maka dapat diambil suatu kesimpulan sebagai berikut: Daya efektif yang didapatkan sebesar 544,850 HP, lebih kecil dari daya efektif design maksimal yaitu sebesar 1180 HP, efisiensi thermal hasil

perhitungan sebesar 35,91 %, masih dalam rentang standar yaitu 30 – 41 %, maka sistem pembakaran di dalam mesin masih berlangsung baik, mesin ini cukup irit dilihat dari pemakaian bahan bakar spesifik sebesar 0,38 lb/hp jam. maka performanya harus tetap dijaga, dari hasil perhitungan didapatkan pemakaian bahan bakar per jam sebesar 211,84 lb/jam.

5. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Maleev V. L, “Operasi dan Pemeliharaan Mesin Diesel,” Erlangga, Jakarta, 1995.
- [2] R. Nicole, “Title of paper with only first word capitalized,” J. Name Stand. Abbrev., in press.
- [3] I. S. Jacobs and C. P. Bean, “Fine particles, thin films and exchange anisotropy,” in Magnetism, vol. III, G. T. Rado and H. Suhl, Eds. New York: Academic, 1963, pp. 271–350.
- [4] K. Elissa, “Title of paper if known,” unpublished.
- [5] M. Young, The Technical Writer’s Handbook. Mill Valley, CA: University Science, 1989.
- [6] Y. Yorozu, M. Hirano, K. Oka, and Y. Tagawa, “Electron spectroscopy studies on magneto-optical media and plastic substrate interface,” IEEE Transl. J. Magn. Japan, vol. 2, pp. 740–741, August 1987 [Digests 9th Annual Conf. Magnetism Japan, p. 301, 1982].
- [7] Maleev, V.L. 1945. Internal Combustion Engine Theory and Design. Mc Graw Hill Book Company. London.
- [8] Wiranto. A. M, "Penggerak Mula Motor Bakar Torak," ITB ,Bandung,1973
- [9] Maleev V. L, “Operasi dan Pemeliharaan Mesin Diesel,” Erlangga, Jakarta, 1995.
- [10] Wiranto. A. M and Koichi. T, “Motor Diesel Putaran Tinggi,” PT. Pradnya Paramita, Jakarta, 1997.

Daftar Simbol

A	=	Luas penampang silinder, Inch ²
D	=	Diameter silinder, Inch
I	=	Jumlah silinder
L	=	Panjang langkah torak, Inch
Q	=	Low heating value, BTU/lbm
R	=	Konstanta faktor udara, lbf.ft/lbm ^o R
V	=	Volume langkah torak, ft ³
Z	=	Kompresibilitas factor utama
B _{scf}	=	Pemakaian bahan bakar spesifik, lb/HP jam
G _f	=	Pemakaian bahan bakar setiap jam, lb/jam
G _u	=	Jumlah pemakaian udara per siklus per silinder, lb/siklus/silinder
N _e	=	Daya efektif, HP
N _i	=	Daya indikator, HP
P _e	=	Tekanan efektif, psi
P _i	=	Tekanan indikator, psia
P _a	=	Tekanan udara luar, psi
P _c	=	Tekanan gas bekas pembakaran, psi
P _d	=	Tekanan udara masuk silinder, psi
P _r	=	Tekanan reducer
r _{af}	=	Perbandingan udara dan bahan bakar, lb _u /lb _{bb}
Q _L	=	Nilai kalor bawah bahan bakar, BTU/lb
T _a	=	Temperatur udara luar, °R
T _c	=	Temperatur gas buang di silinder, °R
T _{cr}	=	Temperatur kritisal udara, psia, °R
T _d	=	Temperatur udara masuk silinder, °R
T _r	=	Temperatur reducer
η _{id}	=	Efisiensi ideal, %
η _{ch}	=	Efisiensi charge, %
η _m	=	Efisiensi Mekanik, %
η _r	=	Efisiensi relative, 85% - 95%
η _{the}	=	Efisiensi thermal
$\frac{n_1}{n_2}$	=	Perbandingan mol dan reaksi pembakaran

a	=	Kebutuhan udara pembakaran teoritis, ft ³ /lbm
e	=	Excess air, %
m	=	Jumlah atom hidrogen pada bahan bakar
n	=	Jumlah atom karbon pada bahan bakar
n	=	Putaran mesin, rpm
r	=	Perbandingan kompresi
u	=	Spesifik volume bahan bakar, ft ³ /lbm
z	=	Index siklus, 2 untuk mesin 4 tak dan 1 untuk motor 2 tak
33000	=	Angka konversi, 1 HP = 33000 lb ft/s
60	=	Konversi satuan waktu