

ANALISA PERFORMA ENGINE DIESEL TYPE 3306 S/N 10Z34720

Nazaruddin¹, Yuliani²

Dosen Jurusan Teknik Mesin Sekolah Tinggi Teknologi Pekanbaru

*Corresponding author : nazaruddin_sai@yahoo.com

Abstrak

Overhaul dilakukan pada *engine Diesel series 3306 Caterpillar* karena telah mengalami *low power*. Analisis dilakukan pada *engine* ini untuk mengetahui hasil *performance engine* yang dikeluarkan oleh alat *dynamometer test*, mengetahui *performance engine* secara teori berdasarkan literature dan mengetahui perbandingan *performance engine (mechanical energy)* hasil pengujian *dynamometer* dengan perhitungan secara teori.

Pengujian dilakukan beberapa kali untuk mendapatkan hasil yang mendekati spesifikasi *engine*. *Power* tertinggi yang dapat dicapai adalah 245 Hp pada saat *timestamp 768 seconds*, *engine speed* menunjukkan 1804 rpm dan *torque 714 lbs-ft*. Ketika *timestamp* dinaikkan lagi, putaran (*engine speed*) meningkat, tapi *torque* dan *power* sudah menurun. Pada perhitungan secara teori daya yang dihasilkan 247,8 Hp dan *torque 721,4 lbs-ft* pada putaran 1804 rpm.

Dengan *engine speed* yang sama, secara teoritis torsi (*torque*) dan daya (*power*) yang terjadi akan terus meningkat, sedangkan pada pengujian dengan menggunakan alat uji *dynamometer*, torsi (*torque*) tidak dapat dinaikkan hingga putaran maksimum. Dari perbandingan hasil pengujian *dynamometer* dengan perhitungan secara teori, terlihat bahwa hasilnya sudah mendekati. *Performance engine* perhitungan secara teori lebih besar hasilnya dari pada hasil pengujian *dynamometer*. Hal ini disebabkan karena pengaruh perbandingan kompresi. Pada pengujian tidak ada dicantumkan berapa besaran perbandingan kompresi, sedangkan secara teori dapat ditentukan sepanjang masih pada batas *range* nya (8 – 23).

Kata kunci : *Low power, Dynamometer test, Performance engine*

1. PENDAHULUAN

Engine Diesel series 3306 Caterpillar yang merupakan milik customer PT. Macmahon Indonesia yang dioperasikan untuk unit *Excavator 320*. *Engine Diesel* yang dioperasikan di area pertambangan batu bara ini mengalami kerusakan sehingga diharuskan *scedhule overhaul* atau pembongkaran untuk dilakukan perawatan di *service workshop* PT. Trakindo Utama.

Engine Diesel series 320 Caterpillar dilakukan *overhaul* karena telah mengalami *low power*, setelah dilakukan *Technical Analysis* atau pengambilan data dari *engine*, yang mana dari hasil pengujian *technical analysis*, *engine* tersebut ternyata sudah diluar spesifikasi. Setelah dilakukan *overhaul*, *engine* berikutnya dilakukan *test* di *dynamometer* untuk mengetahui *power (mechanical energy)*. Parameter pada *engine* harus pada *range* dari spesifikasi *performa engine* yang telah ditentukan *dealer Caterpillar*. Hasil pengujian setiap *engine* biasanya didokumenkan dan tidak dipublikasikan (PT.Trakindo, 2018).

Penelitian dilakukan untuk

1. Mengetahui hasil *performance engine Diesel series 3306* yang dikeluarkan oleh alat *dynamometer test* setelah dilakukan *overhaul* di *Service Trakindo*.
2. Mengetahui *performance engine Diesel series 3306* secara teori berdasarkan literatur.

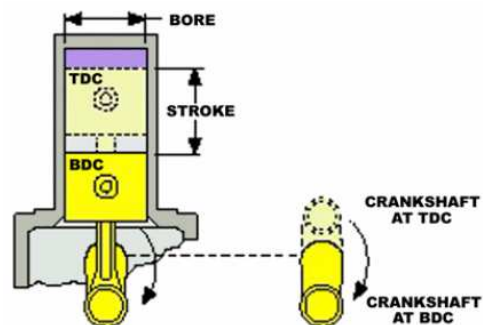
2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Engine Diesel

Engine adalah suatu alat yang memiliki kemampuan untuk merubah energi panas yang dimiliki oleh bahan bakar menjadi energi gerak. Berdasarkan

fungsinya maka terminologi *engine* pada *Caterpillar®* biasa digunakan sebagai sumber tenaga atau penggerak utama (*prime power*) pada mesin genset, kapal (*marine vessel*) ataupun berbagai macam peralatan industri. (B. Firmansyah, 1993)

Efisiensi yang dimiliki *engine* tertentu dinyatakan dalam persen dari *actual* tenaga yang dihasilkan (BHP) berbanding dengan tenaga yang dihasilkan *engine* secara teoritis (IHP). Performa dinilai dengan membandingkan tenaga keluaran *engine* dan atau efisiensi *engine*. Ini bisa dihitung menggunakan beberapa cara. Spesifikasi pabrik pembuat harus diketahui terlebih dahulu untuk memahami pengaruh faktor-faktor ini pada *performa engine*.



Gambar1. Diameter bagian dalam *engine* (Caterpillar, 2003)

2.2 Parameter Performa

Baik atau tidaknya suatu desain *engine* dapat dilihat melalui unjuk kerja (*performance*) yang dihasilkannya (Rajagukguk, Jenniria, 2012). Pengujian suatu *engine* ditentukan oleh beberapa parameter unjuk

kerja *engine* dan kadar emisi gas buang hasil pembakaran. Unjuk kerja menjadi penting karena berkaitan dengan tujuan penggunaan *engine* dan faktor ekonomisnya sedangkan tinggi rendahnya emisi gas buang berhubungan dengan faktor lingkungan

2.2.1 Daya (*Horse Power*)

Horse Power adalah suatu power yang timbul pada *engine* akibat terjadinya proses pembakaran antara *fuel* (bahan bakar) dan udara didalam silinder. Besar kecilnya power yang dihasilkan selain diakibatkan oleh bahan bakar dan udara adalah juga dipengaruhi oleh unsur-unsur dibawah ini :

- Besar kecilnya *bore diameter* (berkaitan dengan area dari piston)
- Panjang pendeknya *piston stroke* (berhubungan dengan *piston displacement*)
- Point a & b mempunyai relasi dengan *indicated mean effective pressure*
- Jumlah silinder dari *engine* (berhubungan dengan *engine displacement*)
- Putaran *engine* permenit (rpm).

Karena itu unsur tersebut diatas mutlak adanya untuk mengubah *fuel* dan udara menjadi energi panas (*heat energy*) yang kemudian dikonversi sehingga menjadi *brake horse power* pada *flywheel*

Secara matematis hubungan antara point a sampai dengan e adalah sebagai berikut (B.Firmansyah, 1993) :

$$N_i = \pi/4 \cdot D^2 \cdot S \cdot \pi \cdot n \cdot z \quad (\text{lb.ft/munite}) \quad (1.)$$

$$N_e = \pi/4 \cdot D^2 \cdot S \cdot \pi \cdot n \cdot z \quad (\text{lb.ft/munite}) \quad (2.)$$

Dimana :

D = Diameter piston (in)

S = *Piston stroke* (ft)

π = Tekanan *indicator* rata-rata (psi)

π_e = Tekanan efektif rata-rata (psi)

z = Jumlah silinder

n = *Engine* rpm

= rpm/2 ; untuk 4-stroke

= rpm ; untuk 2-stroke cycle Setelah melalui

konversi, maka persamaan diatas menjadi :

$$N_e = \frac{\pi/4 \cdot D^2 \cdot S \cdot \pi_e \cdot n \cdot z}{33000} \quad (\text{Hp}) \quad (3)$$

2.2.2 Torsi

Besarnya torsi (*torque*) ditentukan dengan persamaan :

$$T = \frac{5252 \cdot N_e}{n} \quad (\text{lb-ft}) \quad (4)$$

Dimana :

N_e = Daya efektif yang dihasilkan engine

n = Putaran mesin

5252 = Faktor konversi

2.2.3 Pemakaian Bahan Bakar Spesifik (*Specific Fuel Consumption*)

Besarnya *Specific Fuel Consumption* dapat

dihitung dengan persamaan (Wiranto A, 1988) :

$$B_e = \frac{G_f}{N_e} \quad (\text{Kg/jam.Hp}) \quad (5)$$

Dimana:

G_f = Pemakaian Bahan bakar yang digunakan (Kg/jam)

N_e = Daya efektif (Hp)

Pemakaian bahan bakar spesifik pada motor ini dinyatakan sebagai ukuran ekonomis dalam pemakaian bahan bakar dan dapat menggunakan rumus (N.Petrovsky, 1994) :

$$B_e = \frac{k}{LHV \cdot \eta_{th,eff}} \quad (\text{lb/HP.jam}) \quad (6)$$

Dimana :

k = Faktor konversi satuan

LHV = Nilai kalor rendah dari bahan bakar (BTU/lb)

$\eta_{th,eff}$ = *Efficiency thermal* efektif

3. METODE PENELITIAN

Pada penelitian ini penulis menganalisa hasil *power engine* dengan membandingkan perhitungan secara teori dengan pengujian *engine* secara langsung menggunakan alat yang dinamakan *dynamometer*, sehingga akan didapat hasil dari pengujian berupa data torsi, rpm, dan hp. Tempat melakukan pengujian dilakukan di *service workshop* PT. Trakindo Utama Jl. Soekarno Hatta No 36 Pekanbaru

3.1 Spesifikasi Engine

Engine serial number : 10Z4720

Floor : 233 hp

Nominal : 241 hp

Feeling : 248 hp

Full load speed : 1800 rpm

High idle speed : 1976 rpm

Low idle speed : 750 rpm

Bore:4.75 inch,*Stroke* : 6,0 inch

Displacement : 640.75 cu-inch



Gambar 2. Engine 3306 Caterpillar

3.2 Alat Uji

Alat pengujian yang digunakan adalah sebagai berikut:

1. Pompa. Pompa sebagai alat yang mengalirkan air ke sistem pendingin yaitu radiator dan digunakan untuk *supply* ke dalam *dynamometer*
2. *Day tank*. Tempat penampungan solar yang akan masuk ke *dyno room*
3. *Cooling column*. Sebagai alat mengatur temperatur kerja *engine*
4. *Flowrate*. Untuk mengatur bukaan air yang akan masuk ke *dyno* yang telah dikontrol secara langsung dimonitor.



Gambar 3. Komputer Tampilan Dyno (PT.Trakindo Utama, 2018)

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Data Hasil Pengujian Engine

Untuk mendapatkan *power* maksimum (mendekati spesifikasi *engine*), pengujian dilakukan beberapa kali. Dari hasil pengujian dengan meningkatkan *timestamp*, maka diperoleh data sebagai berikut.

Tabel 1. Data pengujian *engine I*

<i>Timestamp (seconds)</i>	<i>Engine Speed (Rpm)</i>	<i>Torque (Lbs- Ft)</i>	<i>Power (Hp)</i>
10	754	32	5
60	760	32	5
120	763	32	5
240	754	33	5
369	760	34	5
419	1260	53	12
519	2003	107	41
630	1912	246	90
698	1839	367	129
731	1796	445	152
798	1953	199	74
858	1992	108	41
887	1997	107	40
907	1120	49	11
967	724	29	4
997	728	31	4

(Suntingan data hasil pengujian)

Pada pengujian pertama ini, *power* tertinggi yang mampu dicapai adalah pada 152 Hp, putaran 1796 rpm dan torsi 445 *Lbs-Ft*.

Tabel 2. Data pengujian *engine ke 2*

<i>Timestamp (seconds)</i>	<i>Engine Speed (Rpm)</i>	<i>Torque (Lbs-Ft)</i>	<i>Power (Hp)</i>
10	2031	102	40
60	2026	109	41
120	2008	126	50
240	1925	316	116
360	1804	558	191
430	1877	445	159
460	1804	562	193
520	1936	300	110
640	2023	108	42
710	1654	89	28
839	784	34	6
959	772	35	5
1059	770	37	5

Pada pengujian kedua ini, kondisi tertinggi yang dapat dicapai adalah saat *timestamp* 460 seconds, *engine speed* menunjukkan 1804 rpm, *torque* 562 *lbs-ft* dan *power* 193 hp. Ketika *timestamp* dinaikkan, putaran meningkat, tapi *torque* dan *power* sudah menurun.

Tabel 3. Data pengujian *engine ke 3*

<i>Timestamp (seconds)</i>	<i>Engine Speed (Rpm)</i>	<i>Torque (Lbs-Ft)</i>	<i>Power (Hp)</i>
70	1039	42	8
80	1391	68	31
120	2053	101	39
249	2080	92	36
369	2024	108	42
489	2010	169	65
549	1963	268	98
658	1876	481	172
718	1848	596	209
768	1804	714	245
838	1824	650	226
958	1856	555	196
1078	1862	519	183
1437	1910	339	124
1798	1930	308	112
2158	2003	146	56
2639	1547	78	22

Pada pengujian ketiga ini, *power* tertinggi yang dapat dicapai adalah 245 Hp pada saat *timestamp* 768 seconds, *engine speed* menunjukkan 1804 rpm dan *torque* 714 *lbs-ft*. Ketika *timestamp* dinaikkan lagi, putaran (*engine speed*) meningkat, tapi *torque* dan *power* sudah menurun.

4.2 Performanca Engine

a. Daya (Power Engine)

Daya efektif yang dihasilkan engine ditentukan dengan menggunakan pers.(2.6) :

$$Ne = \frac{\pi / 4 \cdot D^2 \cdot S \cdot p_e \cdot n \cdot z}{33000}$$

Dimana :

D = Diameter piston (4,75 in)

S = Piston stroke (6,0 in = 0,5 ft)

p_e = Tekanan efektif rata-rata
= 170,64 psia

z = Jumlah silinder (6)

n = Engine rpm

= 1806 rpm/2 ; untuk 4-stroke cycle engine

Maka :

$$Ne = \frac{0,785 \cdot (4,75 \text{ in})^2 \cdot (0,5 \text{ ft}) \cdot 170,64 \text{ lb/in}^2 \cdot 1806 / 2 \cdot 6}{33000}$$

$$= 247,8 \text{ Hp}$$

b. Torsi

Besarnya torsi (*torque*) ditentukan dengan pers.(4)

$$T = \frac{5252 \cdot Ne}{n} \text{ (lb-ft)}$$

Dimana :

Ne = Daya efektif dihasilkan engine = 247,8 Hp

n = Putaran mesin = 1804 rpm

5252 = Faktor konversi

Maka

$$T = \frac{5252 \cdot 247,8}{1804} = 721,4 \text{ lb-ft}$$

c. Pemakaian bahan bakar spesifik

Pemakaian bahan bakar spesifik dapat ditentukan dengan menggunakan pers. (5) :

$$Be = \frac{k}{LHV \cdot \eta_{th,eff}} \text{ (lb/HP.jam)}$$

Dimana :

k = Faktor konversi satuan
= 2545

LHV = Nilai kalor rendah bahan bakar
= 18220 BTU/lb

$\eta_{th,eff}$ = Efficiency thermal efektif
= 51,88%

Maka :

$$Be = \frac{2545}{18220 \cdot 0,5188}$$

$$= 0,27 \text{ lb/HP.jam}$$

$$= 0,123 \text{ kg/HP.jam}$$

Pemakaian Bahan Bakar (Be')

$$Be' = \frac{Be}{\gamma}$$

Dimana :

γ = Berat jenis bahan bakar
= 0,82 (solar)

Maka :

$$Be' = \frac{0,123}{0,82} = 0,15 \text{ liter/HP.jam}$$

$$Be' = 0,15 \times Ne \text{ (liter/jam)}$$

Untuk harga Ne = 247,8 Hp

$$Be' = 0,15 \times 247,8$$

$$= 37,2 \text{ liter/jam}$$

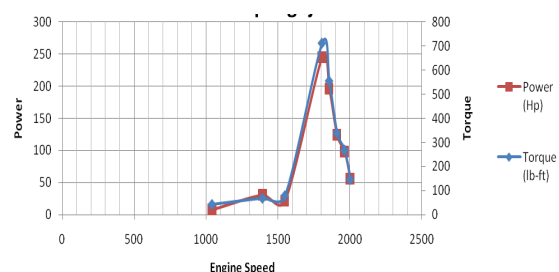
Dengan melakukan cara perhitungan yang sama, tapi dengan putaran yang divariasikan, maka harga daya, torsi dan pemakaian bahan bakar dapat ditentukan dan ditabelkan seperti tabel 4 dibawah ini.

Tabel 4. Data Hasil Perhitungan

Engine Speed (Rpm)	Torque (Lbs-Ft)	Power (Hp)	Fuel Consumption (liter/hour)
1039	721,3	142,7	21,4
1391	721,5	191,1	28,6
1547	721,4	212,5	31,8
1804	721,4	247,8	37,2
1856	721,3	254,9	38,2
1910	721,3	262,3	39,3
1963	721,2	269,6	40,44
2003	721,5	275,2	42,2

4.3 Pembahasan

Pengujian I (pertama) yang dilakukan terhadap engine Diesel series 3306 Caterpillar, hasilnya masih jauh dibawah spesifikasinya, dimana power tertinggi yang sanggup dicapai adalah 152 Hp, torsi 445 lb-ft pada putaran 1796 rpm. Pada pengujian ke 2 (dua), power tertinggi yang dapat dicapai adalah 193 Hp, torsi 562 lb-ft pada putaran 1804 rpm. Pada pengujian ke 3 (tiga), power yang dapat dicapai adalah 245 Hp. Torsi (*torque*) yang dihasilkan sebesar 712 lb-ft pada putaran 1804 rpm dengan torsi. Daya yang dihasilkan dari pengujian ketiga sudah mendekati spesifikasi dari engine yang diuji. Jadi engine Diesel series 3306 Caterpillar mempunyai torsi (*torque maximum*) 712 lb-ft pada putaran 1804 rpm.

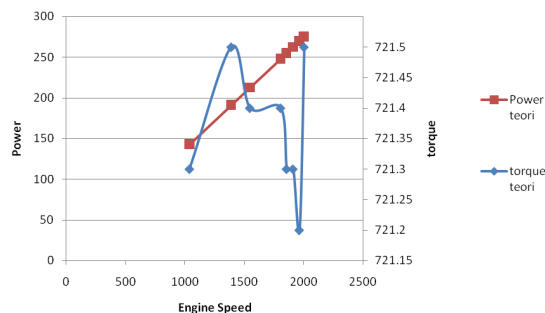


Gambar 4. Grafik Performa Engine (Pengujian)

Dari grafik *performa engine* hasil pengujian gambar 4. terlihat saat putaran meningkat hingga 1804 rpm maka torsi yang terjadi juga meningkat dan

demikian pula dengan daya. Namun pada ketika putaran terus naik, torsi maupun sudah menurun. Dengan demikian dapat dikatakan bahwa torsi maksimum yang dapat dicapai oleh *engine type 3306 S/N 10Z34720 Caterpillar* adalah 712 lb-ft pada putaran 1804 rpm.

Pada perhitungan secara teori, untuk mendapatkan harga tekanan efektif rata-rata (*mean effective pressure*) digunakan siklus tekanan terbatas (*dual cycle*). Dengan dapatnya harga tekanan efektif rata-rata, maka parameter *performance engine (mechanical energy engine)* dapat diketahui. Untuk memudahkan perbandingan hasil perhitungan maka *basic engine speed* dibuat sama dengan *engine speed* pengujian. Hasil dari perhitungan secara teori dirangkum pada tabel 5.



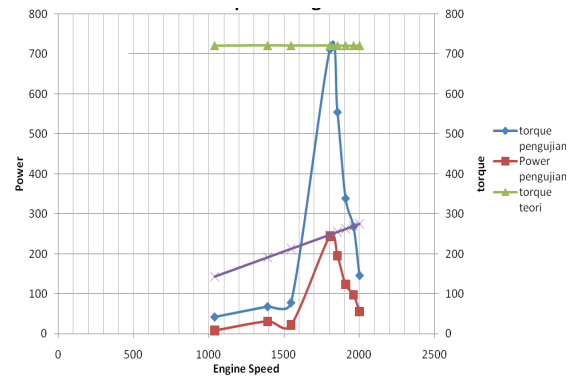
Gambar.5 Grafik Performa Engine (Teori)

Dari grafik *performa engine* hasil pengujian gambar 5, terlihat daya yang dihasilkan meningkat dengan meningkatkannya putaran. torsi yang terjadi cenderung atau nyaris konstan. Dengan demikian dapat dikatakan bahwa torsi maksimum tidak dapat dicapai oleh *engine type 3306 S/N 10Z34720 Caterpillar* dengan perhitungan teori.

Pada tabel 5. dapat dilihat perbandingan hasil pengujian menggunakan *dynamometer* dengan hasil perhitungan secara teoritis

Tabel 5. Perbandingan hasil pengujian dengan perhitungan

Engine Speed (Rpm)	Torque (lb-ft)		Power (Hp)	
	Pengujian	Teori	Pengujian	Teori
1039	42	721,3	8	142,7
1391	68	721,5	31	191,1
1547	78	721,4	22	212,5
1806	712	721,4	245	247,8
1856	555	721,3	196	254,9
1910	339	721,3	124	262,3
1963	268	721,2	98	269,6
2003	146	721,5	56	275,2



Gambar 6. Grafik Performa Engine Kombinasi

Dari gambar 6. Grafik *performa engine* kombinasi (teoritis + pengujian), dapat dilihat dengan *engine speed* yang sama, secara teoritis torsi (*torque*) dan daya (*power*) yang terjadi akan terus meningkat. Sedangkan pada pengujian dengan menggunakan alat uji *dynamometer*, torsi (*torque*) tidak dapat dinaikkan hingga putaran maksimum.

5. KESIMPULAN

Performance engine setelah dilakukan *overhaul* di *Service Trakindo*, berdasarkan alat uji *Dynamometer test* adalah : *Torque maximum 712 lb-ft, Power 245 Hp, Engine Speed 1804 Rpm, Timestamp 768 seconds*. Parameter *performance engine (mechanical energy engine)* hasil pengujian ini telah disesuaikan dengan spesifikasi yang telah ditentukan *Dealer Caterpillar*. Hasil perhitungan secara teori dengan *engine speed* yang sama yaitu *1804 Rpm* didapatkan parameter *performance engine* sebagai berikut : *Power 247,8 Hp, Torque 721,4 lb-ft, Fuel Consumption 37,2 liter/hour*. Dari perbandingan hasil pengujian *dynamometer* dengan perhitungan secara teori, terlihat bahwa hasilnya sudah mendekati dimana hasil pengujian didapat power 245 Hp dan hasil perhitungan didapat 247,8 Hp. *Performance engine* perhitungan secara teori lebih besar hasilnya dari pada hasil pengujian *dynamometer*. Hal ini disebabkan karena pengaruh perbandingan kompresi. Pada pengujian tidak ada dicantumkan berapa besaran perbandingan kompresi, sedangkan secara teori dapat ditentukan sepanjang masih pada batas *range* nya (8 – 23).

DAFTAR PUSTAKA

1. B. Firmansyah, 1993, *Engine Power Concept & Terminology*, Training Center PT. Trakindo Utama, Jakarta.
2. Caterpillar, 2003, *Diesel Engine Fundamentals*, Publisher by Asia Pacific Learning, Australia.
3. N.Petrovsky, 1994, *Marine Internal Combustion Engine*, Mir Publisher, Moscow,.
4. PT.Trakindo Utama, 2018, Pekanbaru.
5. Rajagukguk, Jenniria. 2012. Analisis Performa Mesin Bensin Dengan Pengujian Angka Oktan Berbeda. *Jurnal Teknokris*. 10/1: 4-11.
6. Wiranto Aris munandar, 1998, *Penggerak Mula Motor Bakar Torak*, Penerbit ITB Bandung.