

# Analisis Pengaruh *Pressure Turbocharger* dengan Variasi Beban Terhadap Performansi *Engine Caterpillar Model C-18*

Gunawan<sup>(1)</sup>, Puji Sasongko<sup>(2)</sup>, dan Chandra Nurwahyudi<sup>(3)</sup>

<sup>(1)(2)(3)</sup>Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknologi Industri Unviersitas Balikpapan

Jl. Pupuk Raya Balikpapan, Telp./Fax. 0542-764205

e-mail : [gun.salsa@gmail.com](mailto:gun.salsa@gmail.com)

## Abstrak

*Engine merupakan penggerak utama pada sebuah kendaraan, yang semakin hari mengalami perubahan. contohnya saja dengan adanya penambahan turbocharger pada system udaranya. Sistem udara berkaitan dengan performansi sebuah engine, penulis pun melakukan penelitian untuk mengetahui seberapa besar pengaruh nilai pressure turbocharger dan beban terhadap performansi sebuah engine. Penelitian dilakukan di PT. Trakindo Utama Balikpapan KM13. Dengan beberapa variable penelitian yakni: variable bebas, yang meliputi variasi pressure turbocharger dan beban engine ,kemudian variable terikat, meliputi torsi engine dan daya engine, dan yang selanjutnya, variable control meliputi temperature ruang uji, temperatur air pendingin. Pada pengujian performansi didapatkan torsi maksimal sebesar 1605 lb.ft pada posisi full load dengan pressure turbocharger 25 PSI dan putaran engine 1704 RPM. Sementara daya maksimal yang didapatkan sebesar 521,01 HP dengan pressure turbocharger sebesar 26 PSI dengan putaran engine 1707 RPM. Dengan peak torque sebesar 1605 lb.ft, rated torque sebesar 1599 lb.ft dan torque rise sebesar 0,38%.*

**Kata Kunci :** *Pressure Turbocharger, Putaran Engine, Performansi Engine.*

## A. PENDAHULUAN

### A.1. Latar Belakang

Salah satu aspek yang dapat mempengaruhi kinerja suatu unit alat berat adalah kinerja dari *engine*-nya. *Engine* yang digunakan sebagai penggerak unit alat berat semakin hari semakin mengalami perubahan, baik dari sisi struktur konstruksinya, maupun system kerjanya. Salah satunya adalah pengaplikasian *turbocharger* pada system pemasukan dan pembuangan udara di *engine*. Jika beberapa tahun lalu *turbocharger* hanya bias ditemui di beberapa *engine* tertentu, kini hamper selalu kita jumpai *engine* alat berat yang menggunakan *turbocharger* yang beserta *after cooler* pada system udaranya.

Pada tahun 2019, PT Ena Sarana Energi mengirimkan salah satu *engine*

milik mereka (model C-18) ke PT Trakindo Utama untuk dilakukan pergantian komponen (*product improvement*) setelah ada informasi dari Caterpillar. Pada pembagian tugasnya, penggantian komponen *engine* mulai dari pembongkaran, perakitan hingga running test dilakukan di Trakindo Balikpapan KM13, dan pengujian performa setelah pengantian komponen. Diharapkan *engine* tersebut setelah dilakukan penggantian komponen mampu dioperasikan dengan baik dengan performansi yang memenuhi standar spesifikasi yang telah ditentukan oleh Caterpillar.

Performansi yang dimaksud mencakup nilai yang dicapai pada putaran *engine*, *pressure turbocharger*, *pressure oli*, *blowby*, daya *engine*, torsi, temperature *exhaust*, dan temperature kerja *engine*.

Berdasarkan uraian di atas maka penulis akan melakukan penelitian mengenai “Analisis Pengaruh *Pressure Turbocharger* dengan Variasi Beban terhadap Performansi *Engine* Caterpillar Model C-18”.

## A.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian latar belakang masalah diatas maka Penulis menentukan sebagai rumusan masalah pada laporan ini yaitu Seberapa besar pengaruh variasi *pressure turbocharger* dan beban terhadap *engine* C-18 pada satu uji performansi?

## A.3. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan Penulis yang ingin dicapai dalam penulisan laporan penelitian ini adalah

Untuk mengetahui seberapa besar pengaruh nilai *pressure turbocharger* dan beban terhadap *engine* C-18 berdasarkan standar spesifikasi dari Caterpillar.

## A.4. Batasan Masalah

Agar penelitian ini tidak menyimpang dan mengambang dari tujuan semula yang direncanakan sehingga mempermudah mendapatkan data dan informasi yang diperlukan maka batasan masalah dalam penelitian ini adalah

1. Pengujian menggunakan Taylor Dynamometer dengan kapasitas 1.250 HP
2. Pengujian Variasi putaran *engine* Diesel pada posisi putaran tinggi tanpa beban hingga dengan beban penuh.
3. Pengujian Variasi *pressure turbocharger* pada posisi tanpa beban, beban 25-50% ,dan beban penuh.

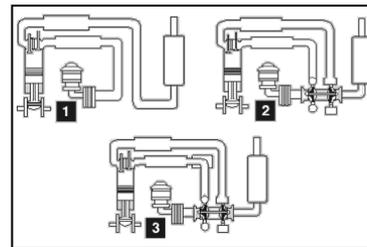
## B. TINJAUAN PUSTAKA

### Defenisi Engine

*Engine* adalah suatu alat yang memiliki kemampuan untuk menghasilkan tenaga melalui proses tertentu, dimana energi thermal yang dihasilkan dari bahan bakar diubah menjadi energy mekanis.

Terdapat 3 sistem pemasukan dan pembuangan udara pada *engine* diesel yakni :

1. *Natural Aspirated*.
2. *Turbocharger*.
3. *Turbocharger Aftercooler*



**Gambar 1.** Jenis-Jenis Sistem Pemasukan dan Pembuangan Udara.

*Natural aspirated* merupakan system pemasukan udara kedalam ruang bakar secara alamiah. Hisapan piston saat langkah intake mengakibatkan udara luar mengalir melewati precleaner, air cleaner, intake manifold karena terjadi kevakuman diruang bakar.

Untuk Beberapa *engine* diesel dilengkapi dengan *turbocharger* untuk meningkatkan performa dan efisiensi *engine*. *Turbocharger* menerima aliran udara yang telah dibersihkan oleh *air cleaner*. Putaran *compressor wheel* pada *turbocharger* mengisap udara untuk masuk, dan menekan dan mengalirkannya menuju ruang bakar (*cylinder*). Pada saat *turbocharger* menghisap udara, udara yang masuk akan tertekan dan mengalami kenaikan suhu sehingga kerapatan udaranya pun berkurang dan tenaga yang dihasilkan pun berkurang.

Dengan demikian dibuatlah *aftercooler* yang berfungsi untuk menurunkan suhu udara yang membuat kerapatan udara menjadi meningkat sehingga efisiensi dan tenaga yang dihasilkan *engine* pun meningkat.

Dorongan udara (*boost*) yang dihasilkan dari *turbocharger* tentunya

memiliki kerapatan udara (*density*) yang berbeda-beda tiap waktu tergantung pada tekanan dan temperatur pada *boost* tersebut. Untuk mengetahui kerapatan udara pada *boost* dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$\rho = \frac{P}{R_{spec} \cdot T} \quad (2.1)$$

Dimana :

- P : Air density /kerapatan udara (kg/m<sup>3</sup>)
- P : Tekanan udara (pa)
- R<sub>spec</sub> : Konstantaspesifik gas (untuk udara normal bernilai 287,058 J/(kg K))
- T : Temperatur udara (K).

Sehubungan dengan kerapatan yang dihasilkan maka akan mempengaruhi daya (*horse power*) yang dihasilkan oleh sebuah *engine*. Daya merupakan satuan tenaga yang dihasilkan oleh *engine* per satuan waktu atau kemampuan melakukan kerja . Untuk menghitung daya yang dihasilkan oleh *engine* dapat menggunakan rumus berikut :

$$P = \frac{N \times T}{5252} \quad (2.2)$$

Dimana

- P : Daya ( HP )
- N : Nilai putaran ( RPM )
- T : Torsi / Momen ( lb.ft )
- 5252 : Ketetapan Nilai Emphiris 5252 pada nilai Emphiris sendiri merupakan nilai didapatkan dari hasil percobaan yang dilakukan oleh ahli *dynotest*.

## C. METODE PENELITIAN

### C.1. Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian dilakukan di PT. Trakindo Utama Balikpapan, Jl. Pulau Balang KM13, Karang Joang. Waktu penelitian berlangsung selama bulan Juli 2019.

### C.2. Objek Penelitian

Spesifikasi:

Jenis *Engine* : C-18 ACERT.

*Full Load Speed* : 1690 –1710 RPM.

*High Idle Speed* : 1990 – 2010 RPM.

*Boost Pressure* : 22,9 - 31,0 PSI.

*Full Torque* : 1590 – 1601 lb.ft.

## C.3. Teknik Pengambilan Data

### 1. Observasi Lapangan (*Field Research*)

Observasi adalah metode pengumpulan data dimana Penulis mengamati langsung pada *object* penelitian untuk dapat diambil data-datanya serta diperoleh gambaran secara nyata tentang permasalahan yang diangkat oleh penulis.

### 2. Studi Literatur

Studi Literatur adalah metode pengumpulan data yang dilakukan Penulis dengan cara mencari buku-buku referensi yang dapat digunakan dalam membantu penyusunan proposal tersebut, dan data-data ini juga dapat dikutip dari *website* demi menunjang penulis dalam melakukan penulisan laporan skripsi ini.

## C.4. Alat dan Bahan

Adapun alat dan bahan yang digunakan oleh Penulis dalam melakukan penelitian permasalahan yang terjadi sesuai judul yang Penulis angkat adalah

1. *Tools box*
2. *Service manual*
3. *Dynamometer* TD 3100
4. Sensor yang dipasang pada *engine* Instrumen pada ruang uji

## D. HASIL DAN PEMBAHASAN

### D.1. Hasil Penelitian

Data yang akan diuji sebagai berikut:

1. Posisi putaran rendah tanpa beban (*low idle speed*)
2. Posisi putaran tinggi tanpa beban (*high idle speed*)
3. Pembebanan (*load*) 25% - 50%
4. Pembebanan penuh (*full load*)

No.	Waktu (detik)	Putaran Engine (RPM)	Torsi (lb.ft)	Boost Pressure (PSI)	Boost Temperature (deg.F)
1	1749	2002	151	2	98
2	1779	1999	150	2	98
3	1809	2000	151	2	98
4	1839	2000	150	2	98
5	1869	2000	149	2	98
6	1899	2002	150	2	98
7	1929	2001	150	2	98
8	1959	1999	149	2	98
9	1989	2001	151	2	98
10	2019	2002	151	2	98

Tabel 1. Data Rekam Dynotest High Idle Speed

No.	waktu (detik)	Putaran Engine (RPM)	Torsi (lb.ft)	Boost Pressure (PSI)	Boost Temperature (deg.F)
1	2139	2009	348	4	98
2	2149	2008	337	4	100
3	2209	2006	607	5	103
4	2229	2006	625	7	105
5	2239	2007	640	8	107
6	2329	2006	662	9	120
7	2389	2007	679	9	126

Tabel 2. Data Rekam Dynotest 25% - 50% Load

No.	waktu (detik)	Putaran Engine (RPM)	Torsi (lb.ft)	Boost Pressure (PSI)	Boost Temperature (deg.F)
1	2508	1699	1604	26	144
2	2538	1700	1599	26	146
3	2568	1703	1600	26	146
4	2628	1701	1598	26	146
5	2658	1702	1596	26	150
6	2718	1704	1603	26	150
7	2748	1707	1603	26	150
8	2838	1704	1605	25	152
9	2898	1706	1598	25	152
10	2958	1705	1595	25	154
11	3018	1700	1598	25	155
12	3078	1704	1600	25	155
13	3108	1704	1602	25	157
14	3168	1702	1604	26	160
15	3218	1701	1601	25	162

Tabel 3. Data Rekam Dynotest Full Load

Dari hasil pengolahan data rekam uji performansi engine C18 kemudian dapat dilakukan perhitungan kerapatan udara (density) yang akan masuk ke ruang bakar.

Position	Pressure		Temperature	
	PSI	Pa	deg°F	Deg°K
High idle speed	2	13789,5	98,1	309,9
25-50% load	3,85	26544,8	107,4	315
Full load	25,53	176023.15	150,0	338

Tabel 4. Hasil Konversi Satuan Temperatur dan Tekanan pada Turbocharger

Kerapatan udara tiap tahapan pada proses uji performansi dengan hasil sebagai berikut:

- a. Pada posisi high idle speed

$$\rho = \frac{P}{R_{spec} \cdot T}$$

$$\rho = \frac{13789,5}{287,058 \cdot 309,9}$$

$$\rho = 0,155 \text{ kg/m}^3$$

- b. Pada posisi 25-50% load

$$\rho = \frac{P}{R_{spec} \cdot T}$$

$$\rho = \frac{26544,8}{287,058 \cdot 315}$$

$$\rho = 0,294 \text{ kg/m}^3$$

- c. Pada posisi full load

$$\rho = \frac{P}{R_{spec} \cdot T}$$

$$\rho = \frac{176023.15}{287,058 \cdot 338}$$

$$\rho = 1,814 \text{ kg/m}^3$$

Dari hasil diatas kemudian dilakukan perhitungan daya yang terkolerasi terhadap putaran engine sebagaiberikut:

- a. Pada posisi high idle speed

$$P = \frac{N \times T}{5252}$$

$$P = \frac{2002 \times 151}{5252}$$

$$P = 57,56 \text{ HP}$$

- b. Pada posisi 25-50% load

$$P = \frac{N \times T}{5252}$$

$$P = \frac{2007 \times 679}{5252}$$

$$P = 259,47 \text{ HP}$$

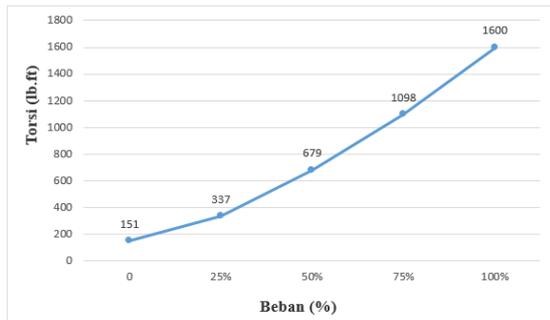
c. Pada posisi *full load*

$$P = \frac{N \times T}{5252}$$

$$P = \frac{1699 \times 1604}{5252}$$

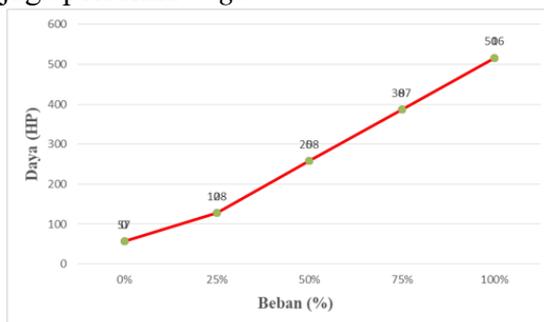
$$P = 518,8 \text{ HP}$$

## D.2. Pembahasan



**Gambar 2.** Grafik Perbandingan Beban vs Torsi pada posisi 0% - 100% Load

Pada grafik diatas menunjukkan terjadinya peningkatan torsi ketika beban mulai bertambah, dimulai dari *high idle* (0%) *engine* sudah mendapatkan torsi sekitar 151 lb.ft kemudian bertahap dengan 25% di 337 lb.ft, 50% di 679 lb.ft, 75% di 1098 lb.ft dan 100% dengan 1600 lb.ft. Maka dengan adanya penambahan beban, torsi pun akan ikut bertambah untuk menjaga performa *engine*.



**Gambar 3.** Grafik Perbandingan Beban VS Daya pada posisi 0% – 100% Load

Pada grafik diatas menunjukkan terjadinya peningkatan daya ketika beban mulai bertambah. Dengan bertambahnya

beban dari 0%- 100% terjadi penambahan daya *engine* dari 56HP – 516 HP.

Pertambahan tersebut terjadi juga pada *boost pressure* untuk menjaga efisiensi dan kestabilan *engine* saat diuji. Ketika putaran *engine* semakin tinggi, maka hisapan dari *turbocharger* pun akan semakin tinggi. Inilah yang membuat *boost pressure* ikut meningkat.

## E. KESIMPULAN

Dari hasil pengamatan dan pengujian serta analisis yang dilakukan maka diperoleh kesimpulan sebagai berikut :

1. Ketika *engine* diberi beban penuh (100%) maka *pressure turbocharger* akan mencapai nilai maksimalnya agar *engine* dapat menghasilkan daya yang maksimal untuk mengimbangi beban yang diterima.
2. Nilai torsi maksimal sebesar 1605 lb.ft pada posisi beban 100% (*full load*) dengan *pressure turbocharger* 25 PSI dan putaran *engine* 1704 RPM. Sementara daya maksimal yang didapatkan sebesar 521,01 HP dengan *pressure turbocharge* sebesar 26 PSI dan putaran *engine* 1707 RPM.
3. Pada posisi beban 100% (*full load*), didapatkan *peak torque* sebesar 1605 lb.ft, *rated torque* sebesar 1599 lb.ft, serta *torque rise* sebesar 0,38%. Presentase torsi maksimal yang dicapai *engine* selama uji performansi sebesar 100% torsi maksimal pada spesifikasi *engine* tersebut. Sementara daya maksimal yang dihasilkan *engine* (521,01 HP) telah memenuhi nilai standar pada spesifikasi *engine* tersebut (standard: 516 HP; *tolerance*: 511 - 521 HP).

**DAFTAR PUSTAKA**

- Saksono, P., Hein and Gunawan (2016) 'Analisa Perbandingan Performansi *Single dan Double Turbocharger* pada Cummins *Engine K50 Series KTA-50*'.
- Purnama, S. and Saksono, P. (2015) 'Analisa Perbandingan Aplikasi Sistem Satu dan Dua Tingkat *Turbocharger* Terhadap Performansi Cummins *Engine K38-C*', JTT (Jurnal Teknologi Terpadu), 3(1). doi: 10.32487/jtt.v3i1.51.
- Kusnadi (2014) 'Pengaruh Penggunaan Turbocharger Terhadap Unjuk Kerja Mesin Diesel Tipe L 300', (09).
- Anonim, (2007), *Fundamental Diesel Engine*, PT. Trakindo Utama Training Center, Cileungsi
- Anonim, (2003), *Fundamental Diesel Engine*, Caterpillar of Australia, Melbourne
- Pudjanarsa, Astu., dan Djati Nursuhud. (2006). *Mesin Konversi Energi*. Yogyakarta: Penerbit Andi.
- Taylor Dynamometers, *Engine Dynamometer*, (2019), [HTTPS://www.taylordyno.com/Products/Engine-Dynamometers/Portable/](https://www.taylordyno.com/Products/Engine-Dynamometers/Portable/)