

Analisa Pengaruh *Boost Pressure* Pada Performansi *Engine* Caterpillar Model C15

¹⁾Wagimin, ²⁾Dida Adhitya Ramadhana

^{1,2)}Fakultas Teknologi Industri Universitas Balikpapan

Jl. Pupuk Raya Balikpapan Kalimantan Timur

wagimin@uniba-bpn.ac.id

ABSTRACT

At this time of rapid development and technology and global crisis, it is not surprising that time and cost are needed. One of the projects that requires the achievement of targets is mining. Mines generally require units such as Bulldozers, Off-Highway Trucks, Articulated Dump Trucks, Excavators, Motor Graders, Compactors, Drill Pumps and others to carry out their projects. All of these units use the same engine as the main propulsion system. One aspect that can affect the performance of an engine is the application of a turbocharger as a power enhancer. If a few years ago turbochargers could only be found in certain engines, now we almost always encounter engines that use a turbocharger along with an aftercooler in the air system. Turbocharger Puts air so that there is an increase in pressure called boost pressure.

PT Pamapersada Nusantara (PAMA) sent one of their ship's engines (model C15) to PT Trakindo Utama for periodic repairs (general overhaul) after being operated for 12,000 working hours. In the division of tasks, engine repairs ranging from disassembly, assembly to dynotest are carried out at Trakindo Balikpapan. It is hoped that the engine after repairs will be able to operate properly with performance that meets the standard specifications set by Caterpillar.

The author made observations in the form of data collection during the testing process using the Taylor Dynamometer test tool for 1 hour 50 minutes. At full load, the boost pressure will reach its highest pressure of 24.4 Psi, resulting in a maximum power of 470 HP. The turbocharger performance of the C15 engine system complies with the specifications of Caterpillar (15-20%), as shown in the thermal efficiency price of 22%. Air density will tend to increase according to the increase in load from 1.118 kg/m³ at high idle to 1.57 kg/m³ because the exhaust gas pressure also increases.

Keywords: Boost Pressure, Turbocharger, Efficiency

ABSTRAKSI

Pada saat ini pengembangan dan teknologi yang cukup pesat dan krisis global, tidak mengherankan bahwa dibutuhkan keselarasan antara waktu dan biaya. Salah satu proyek yang mengharuskan tercapainya target adalah pertambangan. Pertambangan pada umumnya memerlukan unit seperti *Bulldozer*, *Off-Highway Truck*, *Articulated Dump Truck*, *Excavator*, *Motor Grader*, *Compactor*, *Drill Pump* dan lain lain untuk menjalankan proyek mereka. Keseluruhan unit tersebut sama-sama menggunakan *engine* sebagai sistem penggerak utama. Salah satu aspek yang dapat mempengaruhi kinerja suatu *engine* adalah pengaplikasian *turbocharger* sebagai penambah daya. Jika beberapa tahun lalu *turbocharger* hanya bisa ditemui di beberapa *engine* tertentu, kini hampir selalu kita jumpai *engine* yang menggunakan *turbocharger* yang beserta *aftercooler* pada sistem udaranya. *Turbocharger* Menempatkan udara sehingga terjadi peningkatan tekanan yang di sebut *boost pressure*.

PT Pamapersada Nusantara (PAMA) mengirimkan salah satu engine /mesin kapal milik mereka (model C15) ke PT Trakindo Utama untuk dilakukan perbaikan berkala (*general overhaul*) setelah dioperasikan selama 12.000 jam kerja. Pada pembagian tugasnya, perbaikan engine mulai dari pembongkaran, perakitan hingga *dynotest* dilakukan di Trakindo Balikpapan. Diharapkan engine tersebut

setelah dilakukan perbaikan mampu dioperasikan dengan baik dengan performansi yang memenuhi standar spesifikasi yang telah ditentukan oleh Caterpillar.

Penulis melakukan observasi berupa pengambilan data pada saat melakukan proses pengujian menggunakan alat uji Taylor Dynamometer selama 1 jam 50 menit. Pada posisi beban penuh, *boost pressure* akan mencapai tekanan tertingginya yaitu 24.4 Psi, sehingga menghasilkan daya maksimal sebesar 470 HP. Kinerja *turbocharger* pada sistem *engine* C15 sesuai dengan spesifikasi dari Caterpillar (15-20%), seperti terlihat pada harga efisiensi *thermal* sebesar 22%. Kerapatan udara akan cenderung meningkat sesuai dengan penambahan beban dari $1,118 \text{ kg/m}^3$ pada posisi *high idle* menjadi $1,57 \text{ kg/m}^3$ karena tekanan gas buang juga meningkat

Kata kunci : *Boost Pressure, Turbocharger, Efisiensi*

1.Pendahuluan

Salah satu aspek yang dapat mempengaruhi kinerja suatu *engine* adalah pengaplikasian *turbocharger* sebagai penambah daya. Jika beberapa tahun lalu *turbocharger* hanya bisa ditemui di beberapa *engine* tertentu, kini hampir selalu kita jumpai *engine* yang menggunakan *turbocharger* yang beserta *aftercooler* pada sistem udaranya. *Turbocharger* memampatkan udara sehingga terjadi peningkatan tekanan yang disebut *boost pressure* (E.Karyanto, 2000).

Perusahaan penyalur (*dealer*) produk alat berat seperti PT. Trakindo Utama sebagai *dealer* resmi produk Caterpillar juga menawarkan berbagai macam produk Caterpillar yang ditawarkan kepada konsumen untuk membantu kelancaran produksi mereka. Salah satunya dengan menawarkan berbagai jenis *engine* yang nantinya akan digabungkan (*couple*) dengan unit *Drill Pump*.

1.1 Rumusan Masalah

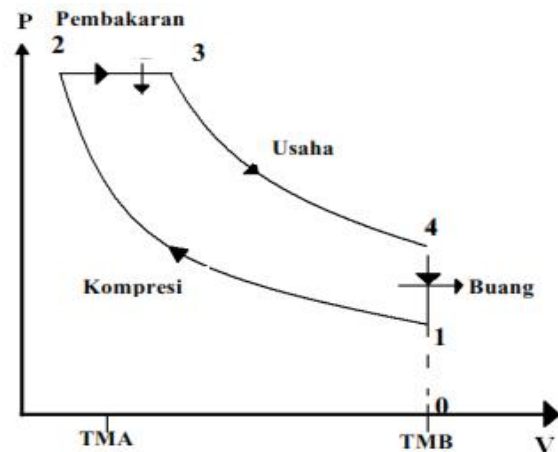
1. Seberapa besar pengaruh variasi *boost pressure turbocharger* terhadap tenaga *output* pada *engine* setelah *overhaul* 12000 jam kerja?
2. Apakah *boost pressure* yang dihasilkan dari *turbocharger* pada *engine* C15 saat uji performansi dapat

memenuhi standar spesifikasi Caterpillar?

2.KAJIAN PUSTAKA

2.1 Definisi Engine

Engine adalah suatu alat yang memiliki kemampuan untuk menghasilkan tenaga melalui proses tertentu, dimana energi *thermal* yang dihasilkan dari bahan bakar diubah menjadi energi mekanis (Trakindo, 2003).



Gambar 2.1.Diagram P Engine Diesel Empat Langkah

1. Langkah Hisap (0-1). Dimana terjadi peningkatan volume akibat pergerakan piston dari TMA ke TMB dengan nilai tekanan konstan.
2. Langkah Kompresi (1-2). Langkah ini merupakan langkah adiabatik dimana

terjadi penurunan nilai volume ruang bakar akibat pergerakan piston dari TMB ke TMA menyebabkan kenaikan tekanan diiringi kenaikan temperatur ruang bakar dengan nilai entropi konstan.

3. Langkah Pembakaran (2-3). Langkah ini terjadi ketika piston berada pada TMA dimana bahan bakar disemprotkan kedalam ruang bakar sehingga terjadi proses pemasukan kalor pada tekanan konstan. Pada langkah ini temperatur ruang bakar dan nilai entropinya mengalami peningkatan.
4. Langkah Kerja/Usaha (3-4). Langkah ini juga merupakan langkah adiabatik dimana terjadi peningkatan volume akibat piston berpindah dari TMA ke TMB diiringi dengan penurunan tekanan. Pada langkah ini terjadi penurunan temperatur dengan nilai entropi konstan.
5. Langkah Akhir (4-1). Langkah ini merupakan langkah pembuangan kalor dimana terjadi pada kondisi volume konstan dengan penurunan tekanan. Pada langkah ini terjadi penurunan temperatur dan nilai entropi.
6. Langkah Buang (1-0). Langkah ini terjadi saat penurunan volume pada tekanan konstan.

Horsepower (Daya) adalah satuan tenaga yang dihasilkan oleh engine per satuan waktu atau kemampuan melakukan kerja. Untuk menghitung *horse power*, dapat menggunakan rumus sebagai berikut :

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

P = Daya (HP)

N = Nilai putaran (RPM)

T = Torsi / Momen (lb.ft)

5252 = Ketetapan Nilai Emphiris didapatkan dari hasil percobaan yang dilakukan oleh ahli *dynotest*.

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 (Moran dan Howard,2004)

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

= air density / kerapatan udara (kg/m³)

P = Tekanan udara (Pa)

R_{spec} = Konstanta spesifik gas (untuk udara normal bernilai 287,058 J/(kg K))

T = Temperatur udara (K)

Hukum pertama thermodynamika dalam bentuk persamaan energi aliran *steady* diaplikasikan pada volume kontrol untuk komponen-komponen mesin dengan *turbocharging*, yaitu (Heywood, 1988) :

$$Q - W = \dot{m} [(h + Ek + gz)_{out} - (h + Ek + gz)_{in}] (Kj)$$

Q = Perpindahan panas ke volume konstan (kJ/s)

w = Transmisi kerja poros keluar volume konstan (kJ/s)

= Laju aliran massa (kg/s)

Ek = Energi kinetik spesifik (Joule)

gz = Energi potensial spesifik (Joule)

h = Entalpi (kJ/kg)

3. PEMBAHASAN

Penelitian yang dilaksanakan di PT. Trakindo Utama Balikpapan diperoleh sejumlah data hasil pengamatan pengujian performansi (*dynotest*) engine Caterpillar model C15. Hasil test performansi memberikan gambaran *real* performansi engine C15 setelah dilakukan perbaikan pada 12.000 jam kerja.

Pada proses pengujian performansi ini engine dijalankan secara bertahap. Adapun tahapan pengujian tersebut yakni :

1. Posisi putaran rendah tanpa beban (*low idle speed*)
2. Posisi putaran tinggi tanpa beban (*high idle speed*)
3. Pembebanan 25% - 50% (*25% - 50% load*)
4. Pembebanan penuh (*full load*)
Sementara untuk kepentingan penelitian ini menggunakan data dari posisi *high idle speed, 25-50% load* , dan *full load*. Sehingga data yang telah didapat dari hasil pengujian performansi engine C15 Caterpillar dipisah sesuai dengan tahapan pada proses pengujian tersebut..

Berdasarkan tabel-tabel data hasil rekaman uji performansi pada engine Caterpillar model C15, menunjukkan bahwa data-data tersebut diambil saat engine berjalan dari 1749 hingga 6746 detik, alat *dynotest* membaca dan merekam performansi engine Caterpillar model C15 terkait dengan *pressure turbocharger* dalam satuan Psi, temperatur *turbocharger* dalam satuan ^oF, putaran engine dalam satuan RPM, serta torsi dalam satuan lbs.ft. Terkait dengan *pressure turbocharger* dan putaran engine yang dihasilkan maka didapatkan nilai rata-rata pada

posisi engine *high ilde speed, 25-50%* dan *full load*

Tabel 4.1. Hasil Rata-rata putaran engine saat *full load*

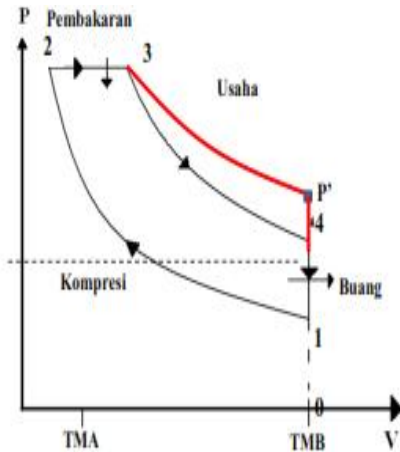
Putaran	Frekuensi	Σ	$\bar{n} = \frac{Total \Sigma}{Total f}$
2088	1	2088	
2089	2	4178	
2090	1	2090	
2091	1	2091	
2092	3	6276	
2093	4	8372	
2094	8	16752	
2095	14	29330	
2096	6	12576	
2097	21	44037	
2098	14	29372	
2099	8	16792	
2100	6	12600	
2101	6	12606	
2102	1	2102	
2103	2	4206	
2104	1	2104	
2105	1	2105	
	100	209677	2096.77

Perhitungan hasil konversi nilai satuan menggunakan nilai rata-rata dari tiap tahapan pada proses *dynotest*. Sehingga didapat hasilnya sebagai berikut :

Tabel 4.2. Hasil Konversi Satuan Temperatur dan Tekanan pada *Turbocharger*

Tekanan sebelum kompresor (P1)	1,7724 Bar	177,24 kPa
Tekanan setelah kompresor (P2)	0,9734 Bar	97,34 kPa
Tekanan sebelum turbin (P3)	1,5004 Bar	150,04 kPa
Tekanan setelah turbin (P4)	1,0388 Bar	103,08 kPa
Temperatur udara luar (T1)	94 °F	306 K
Temperatur setelah kompresor (T2)	209 °F	372 K
Temperatur sebelum turbin (T3)	1196 °F	920 K
Temperatur setelah turbin (T4)	1106 °F	870 K
Temperatur udara masuk saat <i>high idle</i>	94,0 °F	306 K
Temperatur udara masuk saat <i>25%-50% load</i>	102,0 °F	312 K

Setelah dibandingkan terhadap siklus engine diesel, didapatkan diagram sebagai berikut :



Gambar 4.1. Diagram Perbandingan Siklus Engine Setelah Full Load

Dari gambar 4.1 dapat dilihat adanya peningkatan tekanan pada langkah usaha pada volume yang tetap karena adanya peningkatan tekanan udara masuk akibat bantuan dari turbocharger.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan pembahasan dan pengolahan data dari bab sebelumnya maka didapatkan kesimpulan sebagai berikut :

1. Tiap rentang perubahan beban yang diberikan oleh engine dapat mempengaruhi *boost pressure* yang berasal dari turbocharger. Pada posisi tanpa beban, ketika *boost pressure* dari turbocharger mencapai 14 Psi dengan putaran engine rata-rata 2309 RPM dengan daya maksimal yang dicapai senilai 25,5 HP. Ketika mulai diberikan beban (25% - 50%) *boost pressure* akan mengalami kenaikan tekanan hingga mencapai 16,7 Psi, menyebabkan daya maksimal yang dicapai sebesar 299 HP. Pada posisi beban penuh, *boost pressure* akan mencapai tekanan tertingginya yaitu 24,4 Psi, sehingga menghasilkan daya

maksimal sebesar 470 HP. Hal tersebut menunjukkan bahwa perubahan nilai tekanan pada *boost pressure* turbocharger yang signifikan dapat mempengaruhi nilai performansi engine itu walaupun setelah *overhaul* 12000 jam.

2. Berdasarkan data dan hasil perhitungan untuk kinerja turbocharger itu sendiri kinerja turbocharger pada sistem engine C15 secara umum adalah sesuai dengan spesifikasi dari Caterpillar, seperti terlihat pada harga efisiensi *thermal* sebesar 22%. Kerapatan udara akan cenderung meningkat sesuai dengan penambahan beban dari 1,18 kg/m³ pada posisi *high idle* menjadi 1,57 kg/m³ karena tekanan gas buang juga meningkat.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] E.Karyanto, 2000, Panduan Reparasi Mesin Diesel (Dasar Operasi Servis)
- [2] Caterpillar. *Service Information System*. Electronic Reference, updated, 2016.
- [3] Challen, Bernard., dan Rodica Baranescu. 1999. *Diesel Engine Reference Book Second Edition*. Oxford: Butterworth Heinemann.
- [4] Heywood, John B. 1988. *Internal Combustion Engine Fundamental.McGraw-Hill International Edition*.
- [5] Moran, Michael J., dan Howard N. Shapiro. 2004. *Termodinamika Teknik Edisi ke-4*. Jakarta: Erlangga.