
SUBMISSION 19

Perhitungan Daya Dan Efisiensi Thermal Pada Mobil *Mercedes Benz* Menggunakan *Turbocharger*

Wegie Ruslan, Nely Toding Bunga, dan Septian Wahyu Saputra
Teknik Mesin, Universitas Pancasila, Indonesia

Abstrak. Turbocharger merupakan suatu komponen yang digunakan pada kendaraan bermotor untuk meningkatkan daya dari motor dengan melakukan penambahan rapat massa udara yang lebih banyak dibandingkan dengan cara pengisian biasa. Turbocharger memanfaatkan tekanan gas buang untuk memutar turbin yang kemudian menghasilkan energi untuk memutar kompresor yang berfungsi untuk membantu memasukan udara ke dalam ruang bakar. Dengan memasang perangkat tersebut, diharapkan daya dari motor akan meningkat dan lebih efisien. Analisis ini bertujuan untuk mengetahui, meneliti, dan menganalisis daya dan efisiensi thermal yang terjadi pada mesin bensin 4 langkah Mercedes Benz C200 dengan teknologi turbocharger. Dari hasil analisis ini, dapat diketahui peningkatan nilai daya dan efisiensi thermal yang dihasilkan oleh mesin bensin 4 langkah Mercedes Benz C200 dengan teknologi turbocharger.

Kata kunci: *Turbocharger, daya, efisiensi thermal, mesin bensin 4 langkah*

1. PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Turbocharger merupakan salah satu contoh perkembangan teknologi yang dihasilkan oleh industri – industri otomotif. *Turbocharger* memanfaatkan tekanan tersebut untuk memutar turbin yang kemudian menghasilkan energi untuk memutar kompresor yang berfungsi untuk membantu memasukan udara ke dalam ruang bakar. Lalu pada saat mesin dalam putaran tinggi konsumsi udara dalam ruang bakar, pada umumnya sering terlambat atau kurang padat. Hal ini disebabkan karena terlalu sedikit waktu yang diberikan untuk memasukan udara dari luar ke dalam ruang bakar. Oleh karena itu, *turbocharger* dapat membantu proses pemasukan udara ke dalam ruang bakar sehingga akan membuat kerja motor lebih efektif dan efisien.

Sebelumnya, dilakukan pengujian untuk mengetahui pengaruh penggunaan *turbocharger* pada mesin diesel Toyota Fortuner tipe 2KD-FTV VN Turbo Intercooler^[6]. *Turbocharger* banyak digunakan pada mesin diesel, hal ini karena pada mesin bensin yang menggunakan *turbocharger* haruslah merendahkan rasio kompresi yang menurunkan efisiensi mesin ketika beroperasi pada tenaga rendah. Kerugian ini tidak ada dalam mesin diesel dengan *turbocharger* yang dirancang khusus. Namun seiring perkembangan dunia otomotif, *turbocharger* mulai banyak digunakan oleh mesin bensin dan mampu bersaing dengan *turbocharger* pada mesin diesel.

Maka dari itu penulis melakukan pengujian mengenai mesin bensin Mercedes Benz C200 yang dilengkapi dengan *turbocharger*. Dari hasil analisis yang telah dilakukan dalam penelitian ini, diharapkan mampu memberikan pemahaman dan pengetahuan baru mengenai peningkatan daya dan efisiensi thermal yang terjadi akibat pengaruh penggunaan *turbocharger* pada motor bensin 4 langkah, khususnya pada motor bakar Mercedes Benz C200.

B. Tujuan

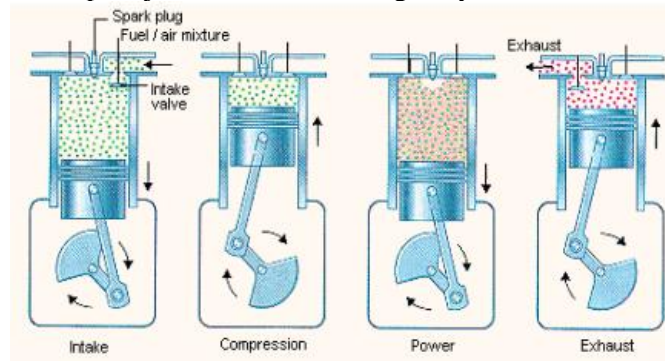
Tujuan yang ingin dicapai dalam analisis ini adalah untuk mengetahui, meneliti, dan menganalisis besaran peningkatan daya tiap siklusnya serta efisiensi thermal pada mesin menggunakan teknologi *turbocharger*. Kemudian untuk mengetahui pengaruh efisiensi thermal pada nilai konsumsi bahan bakar.

2. DASAR TEORI

A. Mesin Bensin

Motor bensin termasuk dalam kategori *Internal Combustion Engine* (ICE) yaitu motor dengan proses pembakaran atau perubahan energi panas dilakukan di dalam mesin itu sendiri dan tempat terjadinya proses pembakaran itu disebut ruang bakar. Yang menjadi ciri utama dari motor bensin atau motor penyalaan api

atau disebut juga *Spark Ignition Engine* yaitu proses pembakaran bahan bakar yang terjadi di dalam ruang silinder pada volume tetap. Prinsip kerja motor bensin 4 langkah yaitu:



Gambar 1 Skema Gerakan Motor Bensin 4 Langkah

1) Proses 0→1 : Langkah hisap (*Intake*)

Pada langkah hisap campuran udara – bahan bakar dari karburator atau *injector* (pada sistem injeksi) terhisap masuk ke dalam silinder dengan gerak turun piston, dari titik mati atas ke titik mati bawah. Fluida kerja dianggap sebagai gas ideal dengan γ konstan. Proses dianggap berlangsung dengan tekanan konstan.

2) Proses 1→2 : Langkah kompresi (*Compression*)

Pada langkah kompresi, katup hisap dan katup buang dalam keadaan tertutup. Selanjutnya piston bergerak ke atas, dari titik mati bawah ke titik mati atas. Akibatnya campuran udara – bahan bakar terkompresi. Proses ini menyebabkan terjadinya kenaikan temperatur dan tekanan pada campuran tersebut, karena volumenya semakin kecil. Campuran udara – bahan bakar yang terkompresi ini menjadi campuran yang sangat mudah terbakar. Proses kompresi dianggap berlangsung secara isentropik.

Proses 2→3 : Langkah pembakaran volume konstan

Pada saat piston hampir mencapai titik mati atas, loncatan nyala api listrik diantara kedua elektroda busi diberikan ke campuran udara – bahan bakar terkompresi sehingga sesaat kemudian campuran udara – bahan bakar ini terbakar. Akibatnya terjadi kenaikan temperatur dan tekanan yang drastis. Proses pembakaran ini dianggap sebagai proses pemasukan panas (kalor) pada volume konstan.

3) Proses 3→4 : Langkah kerja/ekspansi (*Expansion*)

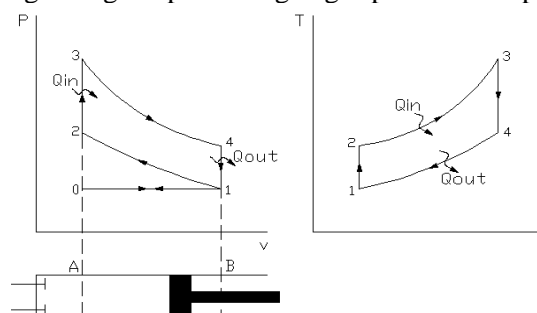
Pada langkah kerja/ekspansi, kedua katup masih pada posisi tertutup. Gas pembakaran yang terjadi memberikan tekanan yang mampu mendorong piston untuk kembali dari titik mati atas ke titik mati bawah. Dengan Bergeraknya piston menuju titik mati bawah, maka volume gas pembakaran di dalam silinder semakin bertambah dan mengakibatkan temperatur dan tekanan gas turun. Proses ekspansi ini dianggap berlangsung secara isentropik,

4) Proses 4→1 : Langkah buang volume konstan (*Exhaust*)

Saat piston telah mencapai titik mati bawah, katup buang terbuka secara otomatis sedangkan katup hisap masih pada posisi tertutup. Langkah ini dianggap sebagai langkah pelepasan kalor gas pembakaran yang terjadi pada volume konstan.

Proses 1→0 : Langkah buang tekanan konstan

Selanjutnya piston bergerak kembali dari titik mati bawah ke titik mati atas. Gas pembakaran didesak keluar melalui katup buang (saluran buang) dikarenakan Bergeraknya piston menuju titik mati atas. Langkah ini dianggap sebagai langkah pembuangan gas pembakaran pada tekanan konstan.



Gambar 2 Diagram P-v Dari Siklus Ideal Motor Bensin 4 Langkah

B. Performansi Mesin

Efisiensi thermal ideal didefinisikan sebagai panas yang berguna terhadap panas yang masuk, sehingga :

$$\eta_{th} = \frac{W_{net}}{Q_{in}} \dots\dots\dots(1)$$

Di mana :

η_{th} = Efisiensi thermal

W_{net} = Daya tiap siklus (kJ)

Q_{in} = Panas yang masuk (kJ/kg)

Pada langkah pembakaran dianggap sebagai proses pemasukan panas (kalor) pada volume konstan. Pada langkah ini terjadi kenaikan temperatur dan tekanan yang drastis. Sehingga pemasukan panas dapat diketahui dengan :

$$Q_{2-3} = Q_{in} = m_f Q_{HV} \eta_c \dots\dots\dots(2)$$

$$Q_{in} = m_m C_v (T_3 - T_2) \dots\dots\dots(3)$$

Di mana :

Q_{HV} = Heating value (kJ/kg)

C_v = Panas jenis pada volume konstan (kJ/kg.K)

η_c = efisiensi pembakaran, diasumsikan sempurna ($\eta_c=1$)

T_3 = Temperatur akhir pengisian panas (K)

T_2 = Temperatur pada titik 2 (K)

m_m = Massa gas campuran (kg/siklus)

Sedangkan daya tiap siklus merupakan hasil penjumlahan dari usaha yang dilakukan tiap langkahnya.

$$W_{net} = W_{3-4} + W_{1-2} \dots\dots\dots(4)$$

$$W_{3-4} = m_m C_v (T_3 - T_4) \dots\dots\dots(5)$$

$$W_{1-2} = m_m C_v (T_1 - T_2) \dots\dots\dots(6)$$

Di mana :

W_{3-4} = Daya pada siklus 3-4 (kJ)

W_{1-2} = Daya pada titik 1-2 (kJ)

T_1 = Temperatur udara masuk (K)

T_4 = Temperatur akhir ekspansi (K)

Temperatur dapat diketahui dengan perbandingan langkah kompresi atau ekspansi.

$$\frac{T_1}{T_2} = \left(\frac{V_2}{V_1}\right)^{k-1} \dots\dots\dots(7)$$

$$\frac{T_3}{T_4} = \left(\frac{V_2}{V_1}\right)^{k-1} \dots\dots\dots(8)$$

Di mana:

V_1 = Volume pada titik 1 (m³)

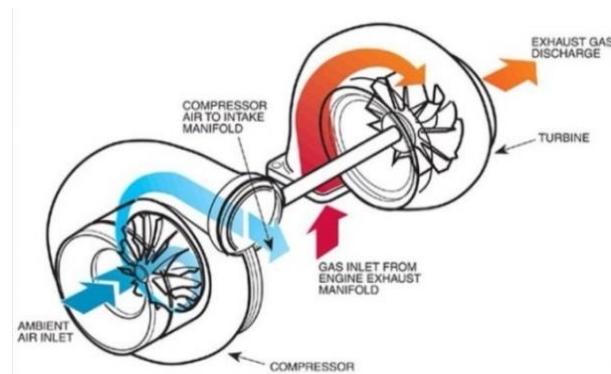
V_2 = Volume pada titik 2 (m³)

k = Kalor spesifik ratio, dengan $k = \frac{C_p}{C_v}$

Perhatikan bahwa efisiensi siklus otto udara standar hanya merupakan fungsi angka kompresi, sehingga ada kecenderungan untuk mempertinggi angka kompresi. Secara umum pembakaran didefinisikan sebagai reaksi kimia atau persenyawaan bahan bakar oksigen (Q_2) sebagai oksidan dengan temperatur yang lebih besar dari titik nyala, Mekanisme pembakaran sangat dipengaruhi oleh keadaan dari keseluruhan proses pembakaran di mana atom – atom dari komponen yang dapat bereaksi dengan oksigen yang dapat membentuk produk berupa gas ^[3].

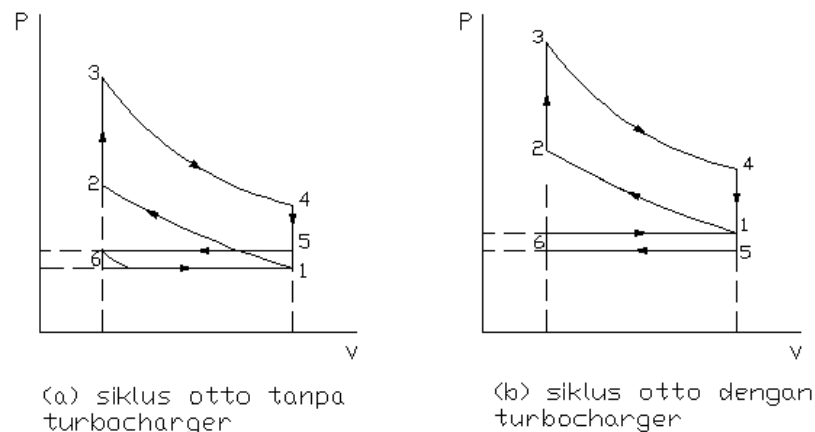
C. Turbocharger

Turbocharger merupakan sebuah kompresor sentrifugal yang mendapat daya dari turbin yang sumber tenaganya berasal dari gas buang mesin. Biasanya digunakan pada mesin pembakaran dalam untuk meningkatkan keluaran tenaga dan efisiensi mesin dengan meningkatkan tekanan udara yang memasuki ruang bakar mesin saat proses pembakaran. *Turbocharger* ditemukan oleh seorang insinyur Swiss, Alfred Büchi. Patennya tentang *turbocharger* diaplikasikan pada tahun 1905. Lokomotif dan kapal bermesin diesel dengan *turbocharger* mulai terlihat tahun 1920an.



Gambar 3 Sistem Turbocharger

Turbocharger merupakan salah satu sistem induksi paksa (*force induction system*). *Turbocharger* mengkompresi udara yang mengalir dalam ruang bakar. Udara dikompresikan dengan tujuan agar kerapatan udara menjadi renggang sehingga banyak udara yang dapat dimasukkan ke ruang bakar. Semakin banyak udara yang masuk, maka bahan bakar yang masuk pun akan semakin bertambah. Akibatnya, daya *output* yang dihasilkan akan semakin besar. Untuk mendapatkan udara tambahan ini, *turbocharger* menggunakan tekanan gas buang hasil pembakaran dari ruang bakar untuk menggerakkan (memutar) turbin yang dihubungkan langsung dengan poros ke kompresor. Sehingga apabila turbin berputar, maka kompresor akan berputar pula. Temperatur turbin sangat tinggi karena terletak pada saluran pembuangan gas bertemperatur tinggi.



Gambar 4 (a) Diagram p-v mesin otto (b) Diagram p-v mesin otto menggunakan *turbocharger*

Dalam siklus mesin menggunakan *turbocharger* ini, proses hisap dan buang tidak terjadi penggunaan daya yang berasal dari pembakaran. Oleh karena itu daya yang disimpan tiap siklus oleh mesin akan bertambah pula.

$$W_{6-1} = P_1 (V_1 - V_2) \dots\dots\dots(9)$$

$$W_{6-5} = P_1 (V_1 - V_2) \dots\dots\dots(10)$$

$$W_{net} = W_{3-4} + W_{1-2} + W_{6-1} + W_{5-6} \dots\dots\dots(11)$$

Di mana :

W_{6-1} = Kerja proses hisap (kJ)

W_{5-6} = Kerja proses buang (kJ)

3. METODOLOGI PENELITIAN

A. Metodologi Penelitian

Adapun metodologi penelitian ini adalah sebagai berikut:

- 1) Identifikasi masalah
Menjelaskan & mendeskripsikan permasalahan, menentukan judul, latar belakang, perumusan masalah, batasan masalah, serta tujuan dilakukannya penelitian.
- 2) Studi Pustaka
Melakukan studi dan mengumpulkan data guna penelitian berdasarkan referensi berupa literatur seperti buku, jurnal, ataupun hasil penelitian – penelitian yang telah dilakukan sebelumnya
- 3) Studi Lapangan
Melakukan studi & penelitian secara langsung dilapangan ataupun laboratorium untuk mendapatkan data – data yang dibutuhkan dalam melakukan analisis berdasarkan hasil penelitian di laboratorium tersebut dengan objek uji secara langsung.
- 4) Pengumpulan Data
Merangkul data – data yang dibutuhkan dalam analisis dan pembahasan dari hasil proses studi pustaka dan studi lapangan.
- 5) Analisis Data dan Perhitungan Efisiensi
Pengolahan data dilakukan untuk mengetahui pengaruh dan perubahan secara teoritis dengan merujuk pada referensi teori dan menampilkan hasil perhitungan dalam bentuk grafik dan tabel yang dibuat dalam penulisan laporan.
- 6) Tabel dan Kurva Perbandingan Daya dan Efisiensi Thermal
Bentuk *output* dari hasil proses analisis data dan perhitungan efisiensi yang dilakukan setelah pengujian. *Output* dibuat sesederhana dan semenarik mungkin agar mudah dibaca dan dipahami.
- 7) Kesimpulan dan Saran
Kesimpulan diambil dari keseluruhan proses pengujian yang dilakukan dengan menjawab tujuan dari penelitian ini. Saran diberikan guna melengkapi kekurangan yang ada pada pengujian kendaraan.

B. Alat

Berikut ini akan dijelaskan mengenai peralatan yang digunakan pada proses pengujian :

- 1) Mesin Uji
Mesin bakar yang digunakan dalam pengujian ini adalah mesin bensin mobil Mercedes Benz tipe C200 *engine* 274 tahun 2015. Berikut ini merupakan spesifikasi mobil Mercedes Benz tipe C200 *engine* 274 tahun 2015 dan gambar mesin uji seperti yang ditunjukkan pada gambar 3.2.



Gambar 5 Mesin Uji

Mesin	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Tipe : 4-langkah <i>in-line</i>, DOHC, dilengkapi <i>Turbocharger</i> ▪ Kelas : 1991cc ▪ Daya Tenaga : 135 kW (184 HP) / 5500 rpm ▪ Torsi : 300 Nm / 1200-4000 rpm ▪ Diameter x Langkah : 83 x 92 mm ▪ Perbandingan Kompresi : 9,8:1 ▪ Bahan Bakar : Bensin
Peforma	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Akselerasi 0-100 km/j : 7,5 detik ▪ Kecepatan maksimum : 237 km/j ▪ Konsumsi Bahan Bakar : 5,9-5,3 Liter / 100 km

2) Mercedes Star Diagnostic Compact 3

Mercedes Star Diagnostic Compact 3 adalah alat bantu berupa pemindai dengan sistem komputer yang digunakan oleh Mercedes Benz. Alat ini dapat digunakan untuk membaca konfigurasi aktual pada setiap sistem, aliran data – data sensor secara langsung, mengaktifkan sensor, melakukan pemindaian *online* dan pemindaian secara *offline*. Pemindai ini terdiri dari perangkat keras dan Xentry yang merupakan perangkat lunak yang digunakan untuk memecahkan masalah di Mercedes Benz. Adapun cakupan diagnostik yang dapat di pindai oleh sistem ini, yaitu:

- a. Membaca dan *re-setting* diagnostik masalah kode (DTC)
- b. *Real-time* pembacaan data dinamis
- c. Penuh komponen kliring aktivasi dan *re-setting* nilai adaptasi
- d. Coding dari semua mesin, sasis, bodi, dan instrumentasi modul
- e. Konfigurasi tombol
- f. Prosedur untuk pemasangan aksesoris Mercedes Benz melalui cincin D2B dan PALING bus
- g. Total ASSYST & ASSYST dan kontrol (*Active Service System*) untuk informasi tentang sejarah layanan papan
- h. DAS: antarmuka ringkas dan operasi langsung menggunakan komputer wintel untuk dapat membaca kode dan pengujian pada sistem mobil dengan cepat dan akurat.
- i. WIS: Menampilkan seluruh pandangan diagram pengkabelan dalam metode mobil, diagram lokasi komponen dan pemeliharaan.

C. Prosedur Pengujian

1) Persiapan Pengujian

Yang harus diperhatikan dan dilakukan sebelum pengujian antara lain:

- a) Memakai alat perlindungan diri yang diperlukan dalam pengujian dengan baik dan benar.
- b) Cek kondisi dan area pengujian mesin.
- c) Cek kondisi mesin seperti bahan bakar, oli, dan air radiator yang harus sesuai dengan batas kebutuhan mesin.
- d) Tersedia pemadam api di lokasi: untukantisipasi apabila terjadi kebakaran

2) Langkah Pengujian Performa Mesin

Pengujian performa mesin ini bertujuan untuk mengetahui besaran nilai temperatur dan tekanan udara pada saat proses pemasukan bahan bakar. Langkah-langkah yang sesuai prosedur tersebut adalah sebagai berikut:

a. Menyiapkan alat dan bahan sesuai prosedur pengujian.

b. Melakukan pengecekan pada mesin uji dan area pengujian

Sebelum melakukan pengujian, pastikan mesin uji dan area pengujian bersih dan terhindar dari alat – alat yang dapat menimbulkan bahaya. Pastikan kondisi mesin uji seperti bahan bakar, oli, dan air radiator dalam kondisi yang bagus.



Gambar 6 Pengecekan kondisi kendaraan

c. Menghubungkan *connector star diagnostic* pada mesin uji

d. Membuka *software* dan memilih tipe kendaraan atau mesin

Setelah terhubung, buka *software* Xentry pada *hardware* Mercedes Star Diagnostic Compact 3. Xentry merupakan perangkat lunak yang digunakan untuk memecahkan masalah di Mercedes Benz. Lalu pilih tipe kendaraan dan atau tipe mesin yang akan diuji. Kemudian *software* akan mencari data mengenai kendaraan dan mesin yang dipilih sebagai bahan referensi kondisi normal kendaraan.



Gambar 7 Tampilan *software* Xentry dan pemilihan tipe mobil

e. Melakukan pemindaian

Kemudian berikan perintah pada *software* untuk melakukan pemindaian secara *online*. Perintah ini dilakukan untuk mengambil data aktual pada kendaraan dan mesin.

f. Memilih jenis pengujian yang akan dilakukan

g. Mencetak data hasil uji coba

4. ANALISIS DAN PEMBAHASAN

A. Data Hasil Pengujian

Berikut data hasil pengujian yang telah dilakukan:

Tabel 1. Data Hasil Pengujian

Mobil	Mercy C200
Jenis Bahan Bakar	Pertamax
HHV (kJ/kg)	44245,8
Putaran Mesin (rpm)	803,1
Tekanan Udara Masuk (kPa)	99,908
Temperatur Udara Masuk (°C)	32,5
Lambda (λ)	0,91

B. Data Hasil Perhitungan

Berikut adalah hasil analisis perhitungan daya tiap siklus dan efisiensi thermal mesin bakar dengan menggunakan *turbocharger*:

Tabel 2. Data Hasil Perhitungan

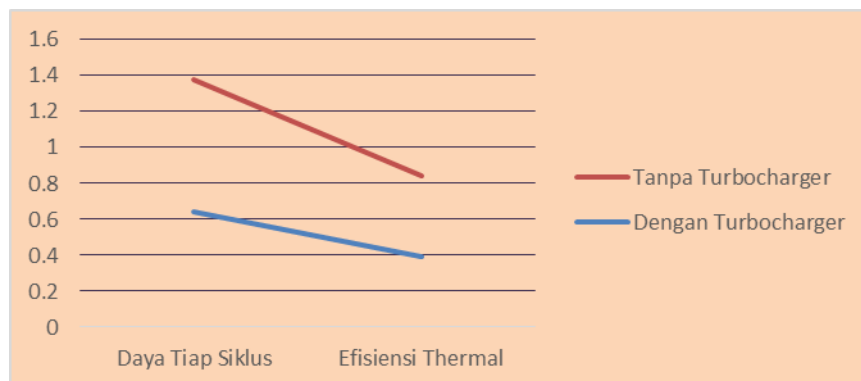
Volume Total	$5,486 \times 10^{-4} \text{ m}^3$
Panas Jenis Volume Konstan	$0,718 \text{ kJ/kg.K}$
Air Fuel Ratio	16,85
Massa Gas Campuran	$6,622 \times 10^{-4} \text{ kg}$
Temperatur di titik 2	$761,21 \text{ K}$
Daya di titik 1 dan 2	$-0,217 \text{ kJ}$
Panas Masuk	$1,642 \text{ kJ}$
Temperatur di titik 3	$3008,12 \text{ K}$
Temperatur di titik 4	$1207,27 \text{ K}$
Daya di titik 3 dan 4	$0,856 \text{ kJ}$
Panas keluar	$0,429 \text{ kJ}$
Daya saat proses buang	$0,05 \text{ kJ}$
Daya saat proses hisap	$0,05 \text{ kJ}$

Sehingga didapatkan nilai,

Tabel 3. Daya dan Efisiensi Thermal

Item	Tanpa Turbocharger	Dengan Turbocharger
Daya Tiap Siklus	$0,639 \text{ kJ}$	$0,739 \text{ kJ}$
Efisiensi Thermal	38,92%	45,01%

C. Analisa



Gambar 8 Grafik Perbandingan Daya Tiap Siklus dan Efisiensi Thermal

Dari grafik gambar 8, dapat dianalisis bahwa penggunaan *turbocharger* mampu meningkatkan daya yang dihasilkan tiap siklus oleh mesin dari sebelumnya tanpa turbocharger 0,639 kJ menjadi 0,739 kJ karena menggunakan *turbocharger*. Hal ini terjadi karena pada mesin dengan *turbocharger*, gas sisa pembuangan dimanfaatkan kembali untuk mengerjakan kompresi yang membantu proses hisap sehingga daya pada proses

buang dapat disimpan. Peningkatan daya juga dapat disebabkan karena peningkatan tekanan udara dan bahan bakar yang ada di ruang bakar pada saat langkah hisap. Peningkatan tekanan awal ini akan meningkatkan kerapatan campuran udara dan bahan bakar. Jika kerapatan campuran gas meningkat maka energi hasil pembakaran juga akan meningkat.

Kemudian akibat dari peningkatan daya pada mesin, maka efisiensi thermal pada mesin juga meningkat. Namun dapat dilihat, jika dibandingkan dengan grafik mesin tanpa *turbocharger*, efisiensi thermal pada mesin dengan *turbocharger* mengalami penurunan yang lebih besar. Efisiensi thermal merupakan efisiensi pemanfaatan panas dari bahan bakar untuk diubah menjadi tenaga mekanis. Variabel lain yang mempengaruhi efisiensi thermal adalah nilai konsumsi bahan bakar. Maka dapat disimpulkan nilai konsumsi bahan bakar spesifik semakin besar, maka efisiensi thermal akan semakin kecil. Waktu pembakaran yang singkat dan semakin besarnya nilai konsumsi bahan bakar spesifik, maka semakin banyak bahan bakar yang tidak dapat dimanfaatkan atau dengan kata lain semakin banyak bahan bakar yang terbuang sia-sia.

5. KESIMPULAN

Dari hasil analisis dan pembahasan diatas, adapun kesimpulan yang didapat adalah sebagai berikut:

- Daya yang dihasilkan tiap siklus pembakaran meningkat, dari sebelumnya tanpa *turbocharger* 0,639 kJ menjadi 0,739 kJ akibat penggunaan *turbocharger*.
- Efisiensi thermal yang dihasilkan pada mesin tanpa *turbocharger* 38,92% sedangkan pada mesin dengan *turbocharger* adalah 45,01%.
- Peningkatan daya mesin juga dipengaruhi oleh beberapa faktor lain diantaranya, nilai kalor bahan bakar, tekanan udara masuk, dan temperatur udara masuk.
- Penggunaan bahan bakar pada mesin dengan *turbocharger* lebih efektif dibandingkan dengan mesin tanpa *turbocharger*.

1. DAFTAR PUSTAKA

- Ferguson, R. F., *Internal Combustion Engine : Applied Thermodynamics*, (John Wiley & Sons, New York, 1986).
- Wibawa, Ngurah Putra., *Mesin Pembakaran*, (Jurusan Teknik Mesin, Denpasar: Universitas Udayana, 2004).
- Sharma, S. P., *Fuel & Combustion*, (McGraw Hill Book Co, New York, 1978).
- Philip Kristanto, Willyanto., Hartadi, Rully., *Analisa Turbocharger Pada Motor Bensin Daihatsu Tipe CB-23*, (Jurnal Teknik Mesin Vol. 3, Surabaya: Universitas Kristen Petra, 2001).
- Rosid., *Analisa Proses Pembakaran Pada Motor Bensin 113.5 cc Dengan Simulasi Ansys*, (Jurnal Teknologi Program Studi Teknik Mesin, Karawang: Universitas Singaperbangsa, 2016).
- Ginting, Andi Setiawan., Hazwi, Mulfi., *Analisa Performansi Pada Mobil Toyota Fortuner Mesin Diesel Tipe 2KD-FTV VN Turbo Intercooler*, (Departemen Teknik Mesin Fakultas Teknik, Medan: Universitas Sumatera Utara, 2014).
- Pandini, Intan Essy., Arief, Irfan Syarif., *Analisa Teknis Perancangan Turbin Pada Turbocharger Menggunakan CFD*, (Jurnal Teknik ITS Jurusan Teknik Sistem Perkapalan, Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh November, 2015).
- Badrawada, I Gusti Gde., *Pengaruh Perubahan Sudut Pengapian Terhadap Prestasi Mesin Motor 4 Langkah*, (Jurusan Teknik Mesin, Yogyakarta: IST Akprind, 2008).
- Janna, William S., *Engineering Heat Transfer Second Edition*, (CRC Press LCC, Florida, 2000).