

PENGARUH TURBOCHARGER TERHADAP DAYA MOTOR BAKAR PADA MESIN YANMAR MODEL 495-T 4 SILINDER 350 PS

¹Hodmiantua Sitanggang,S.T, M.M, ²Enzo Wiranta Battra Siahaan,S.T,M.T

^{1,2}Dosen Prog. Studi Teknik Mesin, Universitas Darma Agung

Email:hodmiantuasitanggang@gmail.com, enzo.battra84@gmail.com

Abstrak

Seiring dengan perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi yang semakin pesat, dimana hal ini akan mendorong kepada setiap pabrikan atau industri-industri untuk mengembangkan teknologi penemuannya, sebagai contohnya adalah dalam bidang Teknologi Otomotif yang mengalami pengembangan yang cukup pesat. Untuk memperoleh hal tersebut diatas sudah tentu diperlukan suatu perangkat tambahan salah satu diantaranya dengan memakai Turbocharger. Turbocharger merupakan mekanisme untuk menyuplai udara dengan kepadatan yang melebihi kepadatan udara atmosfer kedalam silinder untuk ditekan pada langkah kompresi sehingga daya motor akan meningkat. Untuk mendapatkan pengaruh penggunaan turbocharger maka dapat dilakukan dengan melakukan pengujian langsung terhadap mesin Yanmar Model 495-T 4 silinder 350 PS dengan variable putaran 1300 rpm, 1700 rpm, 2100 rpm, 2500 rpm, 2900 rpm, dan mencatat perubahan beban pada dynamometer, temperatur dalam ruang, temperatur air radiator, tekanan pelumas, tekanan udara yang keluar dari kompresor, waktu konsumsi bahan bakar tiap 50 cc. Sehingga hasil dari pengujian didapat konsumsi bahan bakar spesifiknya adalah 106 gr/hp-hr, sedangkan untuk motor diesel tanpa Turbocharger konsumsi bahan spesifiknya adalah 126 gr/hp-hr oleh karena itu konsumsi bahan bakar spesifik motor diesel menggunakan Turbocharger menurun sebesar 15,87% dan tekanan efektif rata-rata meningkat pada daya efektif (N_e) yaitu sebesar 152 hp, sedangkan untuk motor diesel tanpa Turbocharger daya efektif (N_e) yang dihasilkan adalah 110 hp sehingga persentase penigkatan daya yang diperoleh adalah sebesar 42%.

Kata Kunci: turbocharger, motor bakar diesel, bahan bakar, solar.

Abstract

Along with the increasingly rapid development of science and technology, this will encourage every manufacturer or industry to develop its invention technology, for example, in the field of Automotive Technology which is experiencing a fairly rapid development. To get to the above, of course, an additional device is needed, one of which is by using a turbocharger. The turbocharger is a mechanism for supplying air with a density that exceeds the density of atmospheric air into the cylinder to be pressed in the compression stroke so that the motor power will increase. To get the effect of using a turbocharger, it can be done by conducting direct testing of the Yanmar Model 495-T 4 cylinder 350 PS engine with a variable rotation of 1300 rpm, 1700 rpm, 2100 rpm, 2500 rpm, 2900 rpm, and recording changes in the load on the dynamometer, internal temperature. space, radiator water temperature, lubricant pressure, air pressure coming out of the compressor, fuel consumption time per 50 cc. So that the results of the test show that the specific fuel consumption is 106 gr / hp-hr, while for a diesel motorbike without a turbocharger the specific material consumption is 126 gr / hp-hr, therefore the specific fuel consumption of a diesel motorbike using a turbocharger decreases by 15.87%. and the average effective pressure increases at the effective power (N_e) which is 152 hp, while for a diesel motorbike without a Turbocharger the effective power (N_e) produced is 110 hp so that the percentage increase in power obtained is 42%.

Keywords: turbocharger, diesel engine, fuel, diesel

PENDAHULUAN

Seiring dengan perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi yang semakin pesat, dimana hal ini akan mendorong kepada setiap pabrikan atau industri-industri untuk mengembangkan teknologi penemuannya, sebagai contohnya adalah dalam bidang Teknologi Otomotif yang mengalami pengembangan yang cukup pesat.

Tuntutan Program dunia dan permintaan konsumen yang menuntut agar teknologi haruslah akrab dengan lingkungan, dan pemakaian atau konsumsi energi yang sehemat mungkin. Hal ini merupakan tantangan tersendiri untuk para ahli perancang otomotif atau para insinyur untuk terus berupaya dan berinovasi menciptakan kendaraan-kendaraan yang rendah polusi, hemat bahan bakar serta juga mempunyai performa yang tinggi.

Untuk memperoleh hal tersebut diatas sudah tentu diperlukan suatu perangkat tambahan salah satu diantaranya dengan memakai Turbocharger. Turbocharger merupakan mekanisme untuk menyuplai udara dengan kepadatan yang melebihi kepadatan udara atmosfer kedalam silinder untuk ditekan pada langkah kompresi sehingga daya motor akan meningkat.

Salah satu jenis Supercharger adalah Turbocharger, dimana pada Turbocharger gas buang dari motor bakar dimanfaatkan untuk menggerakkan turbin gas yang selanjutnya akan menggerakkan kompresor.

Kompresor tersebut kemudian memompa udara kedalam silinder sehingga akan menaikkan tekanan dan jumlah udara yang dimasukkan kedalam silinder. Dengan demikian, maka jumlah bahan bakar yang dimasukkan kedalam silinder dapat diperbanyak sehingga daya mesin dapat diperbesar. Dengan Turbocharger, kira-kira 8 sampai 10% dari jumlah kalor bahan bakar dapat diselamatkan.

Berdasarkan adanya performansi motor bakar yang meningkat dan proses pembakaran bahan bakar dapat terjadi dengan sempurna sehingga akan mengurangi terjadinya polusi udara, sehingga program dunia yang ingin menciptakan teknologi yang akrab dengan lingkungan dapat terwujud, oleh karena itulah maka Penulis merancang Turbocharger tersebut.

Adapun Batasan Masalah dalam penulisan Tugas Sarjana ini adalah:

1. Idealisasi dari Analisa Termodinamika.
2. Perbandingan performansi motor bakar diesel dengan dan tanpa Turbocharger.
3. Analisa grafik performansi motor bakar diesel dengan dan tanpa Turbocharger

Tujuan penulisan ini adalah untuk mengetahui seberapa besar pengaruh penggunaan Turbocharger pada MESIN DIESEL YANMAR MODEL 495 –T 4 Silinder, yang memiliki daya maksimum 350 PS pada putaran 2900 rpm dengan menggunakan Turbocharger.

Landasan Teoritis

1. Motor Bakar Diesel Dengan Turbocharger

Sebuah motor empat langkah yang bekerja dengan Turbocharger tekanan isapnya lebih tinggi dari pada tekanan udara atmosfer sekitarnya. Hal ini diperoleh dengan jalan memaksa udara atmosfer masuk kedalam silinder selama langkah isap dengan Turbocharger.

2. Alasan Pemakaian Turbocharger

Adapun alasan atau Tujuan utama dari Pemakaian Turbocharger:

- 1) Memperbesar daya motor (30 – 80 %)
- 2) Mesin menjadi lebih kompak lagi pula ringan, maksudnya dengan memakai Turbocharger maka dapat mengurangi dari pada besarnya mesin itu sendiri.
- 3) Dengan Turbocharger dapat bekerja lebih efisien, karena pemakaian bahan bakar spesifiknya lebih rendah (5-15 %)
- 4) Dengan memakai Turbocharger maka proses pembakaran udara dan bahan bakar akan berjalan dengan sempurna hal ini dikarenakan udara yang telah dinaikkan tekanannya oleh Turbocharger tersebut dapat terbakar dengan sempurna sehingga emisi gas buang juga dapat dikurangi.

Keuntungan lain yang diperoleh dari motor diesel dengan Turbocharger adalah dapat mempersingkat periode persiapan pembakaran sehingga karakteristik pembakaran menjadi lebih baik. Disamping itu terbuka kemungkinan untuk menggunakan bahan bakar dengan bilangan cetana yang lebih rendah. Karena Turbocharger dapat memasukkan udara yang lebih banyak, dapat diharapkan pembakaran menjadi lebih baik dan gas buangnya lebih bersih.

3. Turbocharger

1. Pengertian Turbocharger

Turbocharger merupakan mekanisme untuk menyuplai udara dengan kepadatan yang melebihi kepadatan udara atmosfer kedalam silinder untuk ditekan pada langkah kompresi, sehingga daya motor akan meningkat.

Turbocharger pemakaiannya sangat efisien dimana energi yang digunakan untuk menggerakkan kompresor untuk menghisap udara masuk ruang bakar adalah berasal dari energi gas buang ,

Tujuan *Turbocharger* adalah untuk meningkatkan massa jenis udara yang akan dimasukkan kedalam silinder mesin, dengan meningkatnya massa jenis udara sehingga akan lebih banyak bahan bakar yang terbakar, yang menyebabkan meningkatnya daya keluaran dari mesin yang diberikan volume langkah dari silinder. Karena banyak bahan bakar yang digunakan untuk mencapai peningkatan daya maka efisiensi siklus mesin tidak berubah.

Sebuah kompresor yang digunakan untuk mencapai peningkatan massa jenis udara maka ada dua metode yang umum digunakan untuk menggerakkan kompresor yaitu kompresor yang digerakkan oleh poros engkol mesin itu sendiri yang disebut *Mechanical Supercharging* dan jika kompresor yang digerakkan oleh gas buang dari silinder yang disebut dengan *Turbocharging*.

Poros *turbocharging* dihubungkan oleh kompresor dan turbin, tetapi tidak dihubungkan dengan poros engkol dari mesin. Oleh Karena itu daya yang diberikan oleh turbin ke titik kerja kompresor, harus sama dengan yang diserap kompresor.

Komponen yang sangat penting dari *Turbocharger* adalah turbin, kompresor, hubungan poros bantalan dan rumahnya.. Keuntungan dari *Turbocharger* dibandingkan dengan *Mechanical Supercharger* adalah bahwa daya yang dibutuhkan untuk menggerakkan kompresor diambil dari energi gas buang sedangkan *Mechanical Supercharger* yaitu dengan daya yang diambil dari mesin itu sendiri sehingga akan terjadi adanya kerugian daya pada mesin itu sendiri.

Jika energi yang cukup diambil dari gas buang, dan diubah menjadi kerja kompresor maka proses kompresi yang mengakibatkan terjadinya peningkatan temperatur dan tekanan.

Karena tujuannya untuk meningkatkan massa jenis udara, maka pemakaian pendingin udara (*heat exchanger*) yang sering digunakan untuk mendinginkan udara, sehingga tekanan dari udara akan meningkat dapat tercapai dengan meningkatnya massa jenis udara.

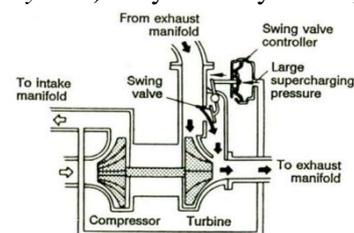
2. Klasifikasi Turbocharger

Dalam prakteknya ada tiga metode pengoperasian *Turbocharger* yang dipergunakan untuk memanfaatkan energi yang berguna pada gas buang, yaitu:

a. Turbocharger sistem tekanan konstan (*constant pressure system*)

Pada sistem *Turbocharger* tekanan konstan adalah bertujuan untuk menjaga atau memelihara agar tekanan gas buang pada motor bakar dalam keadaan konstan dan tekanan yang dihasilkan lebih tinggi dari pada tekanan atmosfer sehingga turbin *Turbocharger* dapat beroperasi secara maksimum.

Tujuan pembuatan saluran gas buang yang besar dan lebar adalah untuk menyerap tekanan yang tidak konstan dan oleh karenanya energi kinetik didalam saluran gas buang harus dihilangkan. Berikut ini merupakan gambar *Turbocharger* tekanan konstan(*Constant Pressure System*) Suryo Sunaryo 2013)



Gambar 1. Turbocharger Sistem Tekanan Konstan

Keuntungan memakai Turbocharger pada metode tekanan konstan ialah:

- 1) Efisiensi Turbin yang tinggi selama aliran tetap (steady flow)
- 2) Sangat efisien dan konsumsi bahan bakar yang ekonomis pada perbandingan tekanan kompresor dan turbin yang tinggi.

3) Kecepatan mesin tidak terbatas oleh gelombang tekanan pada saluran gas buang .

4) Saluran Buang yang sederhana

Kerugian memakai *Turbocharger* pada metode tekanan konstan adalah:

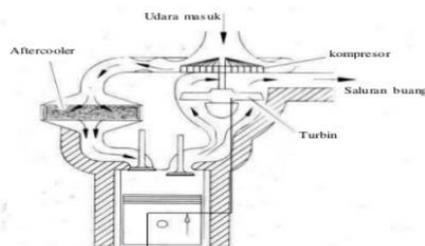
- 1) Tidak seluruh Energi gas buang dapat digunakan untuk menggerakkan turbin.
- 2) Energi yang berguna rendah pada turbin
- 3) Membutuhkan saluran gas yang besar.
- 4) Performansi yang rendah pada kecepatan rendah dan tinggi.
- 5) Aselarasi *Turbocharger* yang rendah

b. Turbocharger sistem pulsa (*pulse system*)

Turbocharger sistem pulsa adalah bertujuan untuk menggunakan energi kinetik didalam proses pembuangan (blowdown) untuk menggerakkan turbin *Turbocharger* yang secara idealnya tidak ada terjadi peningkatan tekanan gas buang.

Untuk mencapai tujuan tersebut saluran buang yang segaris haruslah lebih kecil dan dikelompokkan untuk menerima gas buang dari silinder yang mana mengalir pada waktu yang berbeda. Perubahan kecepatan dan tekanan stagnasi pada turbin adalah tidak kondusif untuk turbin yang berefisiensi tinggi.

Berikut ini merupakan gambar sistem *Turbocharger* sistem pulsa



Gambar 2. Turbocharger Sistem Pulsa (*Pulse System*) Suryo Sunaryo 2013)

Pada *Turbocharger* dengan sistem pulsa ini, gas buang langsung dialirkan kedalam turbin.

Keuntungan memakai *Turbocharger* dengan sistem pulsa ini adalah:

- 1) Sebagian besar energi gas buang dapat digunakan langsung.
- 2) Menghasilkan percepatan putaran mesin yang responsif terhadap pembebanan tiba-tiba..

3) Dapat memakai saluran gas buang yang lebih pendek dan diameter yang lebih kecil.

4) Aselarasi *Turbocharger* yang tinggi

5) Performansi yang tinggi pada kecepatan rendah dan tinggi

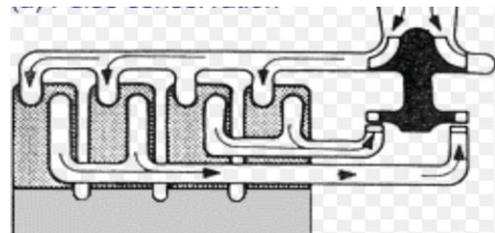
6) Energi yang berguna tinggi pada turbin

Kerugiannya memakai *Turbocharger* dengan sistem pulsa ini adalah:

- 1) Pemanfaatan energi gas buang tidak efektif untuk turbin dengan perbandingan tekanan yang lebih tinggi.
- 2) Efisiensi Turbin yang rendah dengan satu atau dua silinder per turbin yang masuk.
- 3) Saluran buang yang rumit dengan jumlah silinder yang banyak.
- 4) Kemungkinan adanya masalah gelombang tekanan (pada beberapa mesin)

c. Turbocharger sistem converter-pulsa (*pulse-converter system*)

Pada *Turbocharger* sistem konverter pulsa ini bertujuan untuk mengubah energi kinetik didalam proses pembuangan menjadi peningkatan tekanan pada turbin dengan membuat satu atau lebih diffuser. Berikut ini merupakan gambar *Turbocharger* sistem konverter-pulsa

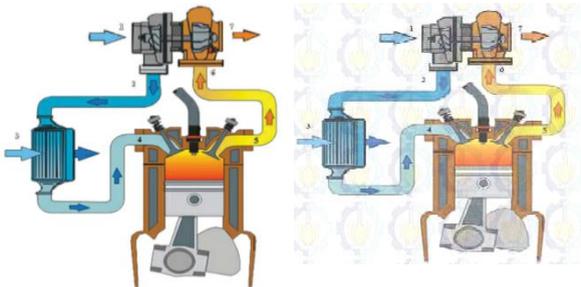


Gambar 3. Turbocharger Sistem Konverter- Pulsa (*Pulse-Converter System*) www.google.com/Turbocharge

Keuntungan memakai *Turbocharger* sistem konverter-pulsa adalah Performansi mesin yang bagus untuk mesin yang secara normal dengan pulsa *Turbocharger* dengan dua atau satu silinder per turbin yang masuk. Kerugian memakai *Turbocharger* system konverter-pulsa:

- 1) Performansi yang rendah pada kecepatan rendah dan tinggi
- 2) Hanya untuk mesin dengan jumlah silinder tertentu (empat, delapan dan enam belas)

3. Bagian – Bagian Utama Turbocharger



Gambar 4. Komponen Utama Turbocharger.(Aliran Udara Turbin. Suryo Sunaryo 2013)

1. Saluran masuk Kompresor
2. Saluran buang kompresor
3. Pendingin udara
4. Katup masuk
5. Katup buang
6. Saluran massa Turbin
7. Saluran buang Turbin

METODE PENELITIAN

1. Tempat dan Waktu

Tempat Pembuatan analisa ini serta kegiatan menganalisa dilakukan di Kapal latih dan perbengkelan BPPP Medan. Jalan Khaidir Kelurahan Nelayan Indah kecamatan Medan labuhan kota Medan. Waktu Pengambilan data Analisa ini dilaksanakan pada tanggal 22 s/d 31 Mei 2020 kemudiaan dilanjutkan pembuatan laporan sampai dinyatakan selesai,

2. Bahan Peralatan dan Metode

1. Motor Bakar yang diuji:
Motor yang diuji atau dianalisa adalah sebagai berikut:
 - a) Merk atau type mesin : Mesin Diesel Yanmar Model 495-T
 - b) Bahan bakar : Solar
 - c) Silinder : 4in – line
 - d) Kapasitas silinder : 3908 cc
 - e) Diameter x langkah : 105 x 125 (oversize 0,25)
 - f) Daya Maksimum (ps/rpm) : 350/2900
 - g) Teori maximum (kgm/rpm) : 28/1600
2. Dynamometer
Dynamometer yang digunakan adalah:
Type : Zollner/3n19A
Perporma maksimal : 120 KW

Kecepatan maksima : 7500 rpm
Torsi maksimal : 525 Nm
Jumlah impeller : 1
Arah pengatur rem : 1 arah
Panjang luas teoritis : 0,9549 m
3. Turbocharger
Jumlah tingkat : 1
Daya : 27,58 hp
Putaran : 92000 rpm
Diameter poros turbin : 13 mm
Diameter poros kompresor : 13 mm
Jumlah sudu turbin : 12 sudu

3. Metode Dalam Menganalisa

Penulisan Tugas Sarjana ini dilaksanakan dengan terlebih dahulu penulis melakukan studi literatur untuk memperoleh data-data yang lengkap mengenai objek yang akan di analisa. Dalam hal ini objek yang penulis analisa motor bakar solar empat silinder.

4. Performansi Motor Tanpa Turbocharger

a. Input

Nilai variabel input untuk karakteristik motor tanpa menggunakan Turbocharger diambil dengan upaya mendekati performansi mesin Yanmar 4 silinder 4 langkah.

b. Output

Untuk nilai variabel outpu yang tidak terdapat pada spesifikasi mesin, maka data dapat diambil dari hasil pengujian dan literatur lain.

5. Performansi Mesin Dengan Menggunakan Turbocharger

a. Nilai Input

Nilai variabel input untuk karakteristik motor dengan menggunakan Turbocharger diambil dengan melakukan pengujian performansi motor hyundai 4 silinder 4 langkah tidak dengan menggunakan Turbocharger.

b. Nilai Output

Setelah melakukan pengujian-pengujian maka akan didapatkan nilai output yang dihasilkan motor setelah menggunakan Turbocharger.

6. Hasil Pengujian

Setelah melakukan beberapa pengujian maka akan didapatkan data-data yang dibutuhkan.

Dalam pengujian ini penulis membuat grafik yang mana untuk mempermudah kita mengetahui pengaruh yang terjadi setelah tidak menggunakan Turbocharger.

7. Metode Pengambilan Data

Analisa dilakukan terdiri dari beberapa tahapan pekerjaan, antara lain: Pengambilan Data.

Metode yang digunakan untuk pengambilan data adalah:

- a) Menghidupkan motor pada putaran ideal.
- b) Menaikkan putaran motor sampai 2900 rpm dengan kondisi tanpa beban (00) dan melakukan pencatatan setelah keseimbangan tercapai.
- c) Memberikan beban pada motor dengan meningkatkan pembebanan supaya didapatkan putaran motor sebesar 1300 rpm, 1700 rpm, 2100 rpm, 2500 rpm, 2900 rpm, mencatat perubahan beban pada dynamometer, temperatur dalam ruang, temperatur air radiator, tekanan pelumas, tekanan udara yang keluar dari kompresor, waktu konsumsi bahan bakar tiap 50 cc.
- d) Membebaskan beban dengan mengembalikan posisi pembebanan ke 0% setelah percobaan selesai
Mengulang langkah 2 sampai 6 sebanyak dua kali setelah kondisi awal percobaan yang pertama sehingga mendapatkan tiga data percobaan

PEMBAHASAN

1. Daya Turbin dan Kompresor Turbocharger

Daya turbin Turbocharger dapat dituliskan sesuai dengan persamaan berikut ini:

$$W_T = m_{eg} (h_{03} - h_{04}) \dots\dots\dots \text{(Literatur 1 dan 2)}$$

Keterangan :

$$W_T = \text{Daya Turbin Turbocharger (hp)}$$

$$m_{eg} = \text{Laju aliran gas buang masuk turbin (kg/s)}$$

Dalam hal ini didapatkan laju aliran gas buang 0,227 kg/s

h_{03} = Entalphi gas buang masuk turbin dalam keadaan stagnasi (kJ/kg). Dalam hal ini enthalpi yang didapatkan adalah 833,362 kJ/kg

h_{03} = Enthalpi gas buang keluar turbin dalam keadaan stagnasi (kJ/kg). dalam hal ini enthalpi yang didapatkan adalah 742,66 kJ/kg

Sehingga daya turbin yang diperoleh adalah:

$$W_T = m_{eg} (h_{03} - h_{04})$$

$$W_T = 0,227 \text{ kg/s} (833,362 \text{ kJ/kg} - 742,66 \text{ kJ/kg})$$

$$W_T = 20,58 \text{ kW}$$

$$W_T = 27,58 \text{ hp}$$

Sedangkan untuk daya kompresor menurut [12] dapat diuraikan sesuai dengan persamaan berikut ini:

$$-W_k = m_k (h_{02} - h_{01})$$

Keterangan :

W_k = Daya kompresor Turbocharger (hp)

m_k = Laju aliran udara melalui kompresor (kg/s)

Dalam hal ini didapatkan laju aliran 0,22 kg/s

h_{02} = Enthalpi udara keluar kompresor dalam keadaan stagnasi (kJ/kg). Dalam hal ini enthalpi yang didapatkan adalah 397,075 kJ/kg

h_{01} = Enthalpi udara luar masuk kompresor dalam keadaan stagnasi (kJ/kg). Dalam hal ini enthalpi yang didapatkan adalah 303,488 kJ/kg

Sehingga daya kompresor yang diperoleh adalah :

$$W_k = m_k (h_{02} - h_{01})$$

$$W_k = 0,22 \text{ kg/s} (397,075 \text{ kJ/kg} - 303,488 \text{ kJ/kg})$$

$$W_k = 20,58 \text{ kW}$$

$$W_k = 27,58 \text{ hp}$$

Sehingga dari sini dapat dilihat bahwa:

Daya turbin = Daya kompresor

$$W_T = W_k$$

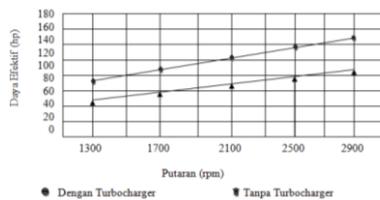
Dari hasil perhitungan diatas didapat perbandingan antara motor diesel menggunakan Turbocharger dengan motor diesel tanpa Turbocharger, perbandingan tersebut dilihat pada tabel 3.1 berikut ini:

Tabel 3.1. Perbandingan motor diesel dengan Turbocharger dan tanpa Turbocharger

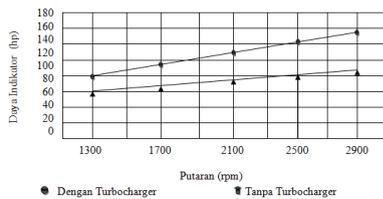
2. Tabel Hasil Pengujian Terhadap Mesin yang Tidak Menggunakan Turbocharger dan yang Menggunakan Turbocharger

| | Jumlah Silinder | Tekanan Indikator | Tekanan Efektif | Kerja Indikator | Kerja Efektif (hp) | Daya indikator (hp) | Konsumsi Bahan bakar (Kg/hp-hr) |
|---------------------------------|-----------------|-------------------|-----------------|-----------------|--------------------|---------------------|---------------------------------|
| Tanpa menggunakan Turbocharger | 4 | 9,17 | 7,97 | 99,2 | 84,27 | 127,85 | 13,57 |
| Dengan menggunakan turbocharger | 4 | 12,42 | 10,92 | 134,35 | 118,23 | 152,39 | 16,26 |

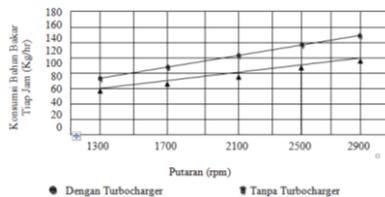
3. Grafik dan Analisa Grafik



Grafik 1. Hubungan Antara Konsumsi Bahan Bakar Tiap Jam Vs Putaran



Grafik 2. Grafik Hubungan Antara Daya Indikator Terhadap Putaran.



Grafik 3. Hubungan Antara Konsumsi Bahan Bakar Tiap Jam Vs Putaran

Sehingga dari grafik diatas disimpulkan begitu pengaruh penggunaan Turbocharger sangat besar pengaruhnya terhadap motor bakar dimana dengan meningkatnya putaran mesin baik daya maupun konsumsi bahan bakar juga semakin meningkat.

KESIMPULAN DAN SARAN

1. Kesimpulan

- Tekanan efektif rata-rata pada motor diesel yang menggunakan Turbocharger lebih tinggi dibandingkan tekanan efektif motor diesel tanpa Turbocharger, dengan konstruksi mesin yang sama, tekanan efektif rata-rata yang tinggi diperoleh karena kerapatan udara masuk

ruang bakar dengan Turbocharger lebih tinggi daripada kerapatan udara masuk tanpa menggunakan Turbocharger yang hanya menggunakan kerapatan udara atmosfer saja.

b. Dengan meningkatnya tekanan efektif rata-rata maka meningkat pula daya efektif (N_e) yaitu sebesar 152 hp, sedangkan untuk motor diesel tanpa Turbocharger daya efektif (N_e) yang dihasilkan adalah 110 hp sehingga persentase penigkatan daya yang diperoleh adalah sebesar 42%.

c. Motor diesel yang menggunakan Turbocharger diperoleh konsumsi bahan bakar spesifiknya adalah 106 gr/hp-hr, sedangkan untuk motor diesel tanpa Turbocharger konsumsi bahan spesifiknya adalah 126 gr/hp-hr oleh karena itu konsumsi bahan bakar spesifik motor diesel menggunakan Turbocharger menurun sebesar 15,87%.

2. Saran

- Penambahan Turbocharger pada kendaraan dapat memperbesar daya keluaran kendaraan tersebut, maka sangat disayangkan apabila suatu motor bakar tidak memiliki Turbocharger apabila dilihat dari cara kerjanya yang sangat efesien.
- Pemakaian turbochager pada kendaraan adalah sangatlah penting, karena dapat menambah daya keluaran motor diesel yang digunakan. Karena dengan Turbocharger pemakaian bahan bakar spesifiknya juga akan menurun. Jadi pemakaian Turbocharger ini adalah sangat cocok untuk kendaraan.

DAFTAR PUSTAKA

Arismunandar, W, “Motor Bakar Torak”, Cetakan ketiga, Penerbit ITB Bandung, 1988. hal 14-89
 Arismunandar, W, “Motor Diesel Putaran Tinggi”, Cetakan kelima, PY Pradnya Paramita, Jakarta, 1983. hal 4-34
http://www.howstuffworks.com/how_turbocharging_works
 Obert, F. Edward, “Internal Combustion Engine and Air Pollution”, Harper and Row Publisher, Newyork, 1973. hal 694-703
<http://www.google.com/Turbocharge>.

- Boyce, Maherwan P, "Gas Turbine Engineering Handbook", Gulf Publisher Company, Houston, Texas 2002. hal 319-323
- Halto, D.R, "Compressor Type", McGraw-Hill Book Company, New York, 1984. hal 2-17
- <http://www.google.com/> Kompresor dan Sistem Udara Tekan
- Sudarman, MT, "Siklus Daya Thermal", Cetakan Pertama, Universitas Muhammadiyah, Malang. 2004. hal 91-116
- Sitompul, Darwin, "Prinsip Prinsip Konversi Energi", Cetakan Pertama, PT. Gelora Aksara Pratama, Medan, 1989. hal 36
- Petrovsky, N, "Marine Internal Combustion Engine", Mir Publisher, Moskow, 1988. hal 27-240
- Heywood, John B, "Internal Combustion Engines Fundamentals", McGraw-Hill Book Company, New York, 1989. hal 248-275