

Analisa Turbocharger pada Motor Bensin Daihatsu Tipe CB-23

Philip Kristanto, Willyanto

Dosen Fakultas Teknologi Industri Jurusan Teknik Mesin – Universitas Kristen Petra

Rully Hartadi

Alumnus Fakultas Teknologi Industri Jurusan Teknik Mesin – Universitas Kristen Petra

Abstrak

Turbocharger adalah suatu komponen yang dipasang pada kendaraan bermotor yang bertujuan untuk meningkatkan daya dari motor dengan melakukan penambahan rapat massa udara yang lebih banyak dibandingkan dengan cara pengisian biasa. *Turbocharger* terdiri dari sebuah turbin dan sebuah kompresor.

Banyak yang mengharapkan daya dari kendaraannya dapat meningkat dengan memasang perangkat. Diharapkan dengan memasang perangkat tersebut, daya dari motor akan meningkat dan juga akselerasinya. perangkat yang dipakai dalam hal ini adalah *turbocharger*.

Dengan penambahan *turbocharger*, akan membuat campuran udara dengan bahan bakar semakin sempurna atau semakin homogen sehingga pembakaran akan semakin sempurna. Perangkat *turbocharger* ini mempunyai kelebihan dari perangkat lain yang bertujuan untuk meningkatkan daya. *Turbocharger* ini digerakkan oleh tekanan gas buang, yang pada umumnya tekanan gas buang dan panas dari gas buang ini tidak dimanfaatkan atau langsung dibuang begitu saja.

Kata kunci: *turbocharger*, turbin, kompresor dan *knocking*.

Abstract

Turbocharger is one of component that used to improve performance of vehicle by increasing density of air. *Turbocharger* consists of turbin and compressor.

Many people hope that their vehicle has better performance and faster acceleration by applying some component.

In this case *turbocharger* can do that. By applying *turbocharger*, air and fuel will homogeneously mixed that can give a better combustion. *Turbocharger* has many advantages. *Turbocharger* powered by pressure of exhaust gas.

Keywords: *turbocharger*, turbine, compressor and *knocking*.

1. Pendahuluan

Semua motor bakar menghasilkan gas buang, yang mana energi pada gas buang tersebut terbuang begitu saja. Agar energi pada gas buang tersebut tidak terbuang sia-sia, maka gas buang tersebut dapat dimanfaatkan untuk menggerakkan atau memutar turbin gas. Gas buang tersebut menggerakkan atau memutar turbin, dan poros dari turbin tersebut dikopel dengan poros kompresor. Apabila turbin berputar karena tekanan dari gas buang, maka kompresor akan ikut berputar. Kompresor tersebut digunakan untuk menekan udara yang masuk ke karburator ke ruang bakar. Gabungan antara turbin dengan kompresor ini disebut *turbocharger*.

Semua motor bakar membutuhkan udara dalam pembakaran bahan bakar. Pada putaran tinggi konsumsi udara dalam ruang bakar pada umumnya sering terlambat atau kurang padat. Hal ini disebabkan karena terlalu sedikit waktu yang diberikan untuk memasukkan udara dari luar ke dalam ruang bakar. Oleh karena itu *turbocharger* ini dapat membantu proses pemasukan udara ke dalam ruang bakar. Dalam hal ini yang dibahas mengenai motor bensin DAIHATSU tipe CB-23 yang menggunakan *turbocharger* dan yang tidak menggunakannya.

Dari data percobaan dan analisa yang telah dilakukan diharapkan penelitian ini mampu memberikan pengetahuan baru terhadap pengaruh *turbocharger* yang terpasang pada motor bensin, khususnya motor bakar DAIHATSU TIPE CB-23. Penambahan *turbocharger* ini diharapkan memberikan dampak positif yaitu memberikan peningkatan

Catatan : Diskusi untuk makalah ini diterima sebelum tanggal 1 Juli 2001. Diskusi yang layak muat akan diterbitkan pada Jurnal Teknik Mesin Volume 3 Nomor 2 Oktober 2001.

unjuk kerja dan memperbaiki proses pembakaran motor bakar.

Dengan adanya penelitian ini diharapkan *turbocharger* dapat meningkatkan unjuk kerja motor bakar. Selain itu dapat dilihat seberapa besar pengaruh penggunaan *turbocharger* pada motor bakar.

2. Alat-Alat Percobaan

2.1 Motor yang diuji

Motor yang diuji di Laboratorium Konversi Energi Teknik Mesin Universitas Kristen Petra adalah sebagai berikut :

Merk	: Daihatsu Automotive Petrol Engine, Four Stroke
Tipe Motor	: CB – 23
Bahan Bakar	: Bensin
Silinder	: 3 in – line
Kapasitas	: 1000 cc
Bore x Stroke	: 76,25 x 73 (oversize 0,25 mm)
Compression ratio	: 9,5
Compression pressure:	12,5 (350 rpm)
Max output	: 38 KW/ 5600 rpm
Max torque	: 75,5 Nm/ 3200 rpm
Idling Speed	: 850 50 rpm

2.2 Dynamometer

Dynamometer yang digunakan di Laboratorium Konversi Energi Teknik Mesin Universitas Kristen Petra adalah

Merk	: Zollner/ 3n19A
Max performance	: 120 KW
Max speed	: 7500 rpm
Max torque	: 525 Nm
Pengatur beban	: Sluice gate
Jumlah impeler	: 1
Arah pengaturan rem	: 1 arah
Suhu air inlet min.	: 2,5 bar (20°C) 3,0 bar (30°C) 2,5 bar (40°C)
Panjang tuas teoritis	: 0,9549 m

3. Teori Dasar

3.1 Daya Motor

Besarnya daya motor merupakan fungsi dari torsi yang terukur oleh dynamometer dan besar putaran poros dari motor dapat dinyatakan dengan menggunakan persamaan :

$$BHP = \frac{2 \times p \times N_d \times P \times R}{60} \text{ watt}$$

atau dapat juga dinyatakan dengan hasil kalibrasi dynamometer :

$$BHP = \frac{N_d \times P \times R}{10000} \text{ kwatt}$$

dimana :

BHP	= Brake Horse Power (HP)
P	= Gaya yang terbaca pada dynamometer (N)
R	= Panjang lengan dynamometer = 0,9549m
N _d	= Putaran Motor (rpm)

3.2 Torsi

Torsi yang dihasilkan oleh motor dapat dihitung dengan persamaan :

$$\text{Torsi} = P \times R$$

dimana: P = gaya aksi dynamometer (N)

3.3 Tekanan Efektif Rata-Rata

Tekanan efektif rata-rata (*Brake Mean Effective Pressure*) yang merupakan tekanan rata-rata yang bekerja pada piston selama langkah kerja dapat dihitung berdasarkan rumus:

$$Bmep = \frac{0,45 \times N \times Z}{A \times L \times i \times N_d}$$

dimana :

N	= tenaga kuda poros (HP)
A	= luas penampang torak (m ²)
L	= panjang langkah torak (m)
i	= jumlah silinder
N _d	= putaran motor (rpm)
Z	= jumlah putaran poros engkol menyelesaikan satu siklus kerja

3.4 Konsumsi Bahan Bakar Spesifik (*specific fuel consumption*)

Specific Fuel Consumption adalah jumlah pemakaian bahan bakar yang dikonsumsi oleh motor yang menghasilkan daya satu dk selama satu jam. Sfc dapat dihitung dengan menggunakan rumus :

$$Sfc = \frac{3600 \times M_b}{BHP \times t} \left(\frac{\text{kg. bahan bakar}}{\text{Hp.jam}} \right)$$

dimana :

Sfc	= Specific Fuel consumption
M _b	= massa bahan bakar yang dikonsumsi (kg) selama t (detik)
BHP	= daya yang dihasilkan motor (HP)
T	= waktu yang dibutuhkan oleh motor untuk mengkonsumsi bahan bakar sebanyak M _b kg (detik)

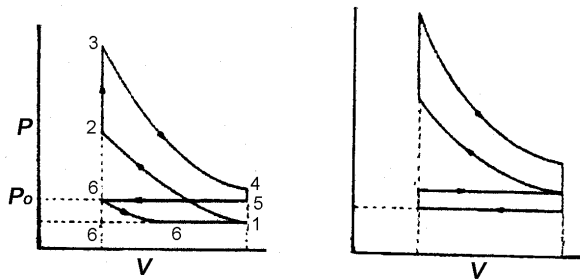
3.5 Efisiensi thermis

Efisiensi thermis merupakan efisiensi pemanfaatan panas dari bahan bakar untuk diubah menjadi tenaga mekanis. Hal ini dapat dihitung dengan rumus:

$$h_{th} = \frac{BHP}{3600 \times \frac{M_b}{t} \times Q(LHV)} \times 100\%$$

3.6 Turbocharger

Turbocharger memiliki dua komponen utama, yaitu: turbin dan kompresor. Turbin digerakan oleh gas buang dari motor bakar. Dibawah ini merupakan diagram idealisasi dari Otto engine tanpa menggunakan turbocharger dan dengan menggunakan turbocharger.



(a) Idealized pl diagram for throuled (part load) Otto engine
(b) Idealized pl diagram for supereharged Otto engine

Gambar 1. Siklus Otto dengan dan tanpa Turbocharger

Dari diagram diatas dapat dilihat bahwa dengan menggunakan turbocharger. Dapat meningkatkan tekanan udara bersih yang masuk pada ruang bakar. Tekanan udara bersih tersebut besarnya diatas tekanan atmosfer, hal tersebut dilakukan oleh kompresor.

Penggunaan turbocharger juga meningkatkan tekanan campuran bahan bakar ketikaakan terjadi pembakaran. Maka dari itu penggunaan turbocharger perlu diwaspadai, karena apabila ratio kompresi motor bakat tersebut cukup tinggi dapat menyebabkan terjadinya preinigtion ataupun knocking. Dari dua hal tersebut dapat mengakibatkan rusakan motor bakar.

4. Prosedur Percobaan

Prosedur yang digunakan dalam pengambilan data pada putaran berubah adalah :

1. Menghidupkan motor pada putaran idle.

2. Mengatur sudut pengapian motor dengan timing light sedemikian rupa sehingga didapatkan beban tertinggi pada dinamometer. Untuk percobaan ini didapatkan sudut 14°.
3. Menghidupkan pompa air dinamometer lalu membuka kran pemasukan air ke dinamometer agar tekanan air masuk sebesar 2,5 ± 0,5 bar dengan posisi pengereman 0° dan putaran motor idle.
4. Menaikkan putaran motor sampai 4000 rpm dengan kondisi tanpa beban (0°) dan melakukan pencatatan setelah keseimbangan tercapai.
5. Memberikan beban pada motor dengan meningkatkan pembebanan supaya didapatkan putaran motor sebesar 3800 rpm, 3600 rpm, 3400 rpm, 3200 rpm, 3000 rpm, 2800 rpm, 2600 rpm, 2400 rpm, 2200 rpm, 2000 rpm, 1800 rpm, 1600 rpm, 1400 rpm 1200 rpm, 1000 rpm, 800 rpm. Mencatat perubahan beban pada dinamometer, kelembaban udara, temperatur dalam ruang, temperatur air radiator, tekanan pelumas, tekanan udara yang keluar dari kompresor, waktu konsumsi bahan bakar tiap 50 cc
6. Membebaskan beban dengan mengembalikan posisi pembebanan ke 0% setelah percobaan selesai.
7. Mengulang langkah 2 sampai 6 sebanyak dua kali, setelah kondisi awal percobaan yang pertama sehingga didapatkan tiga data percobaan.

5. Data Percobaan

Tabel 1. Rata-Rata Data hasil Percobaan dengan Thurbocharger

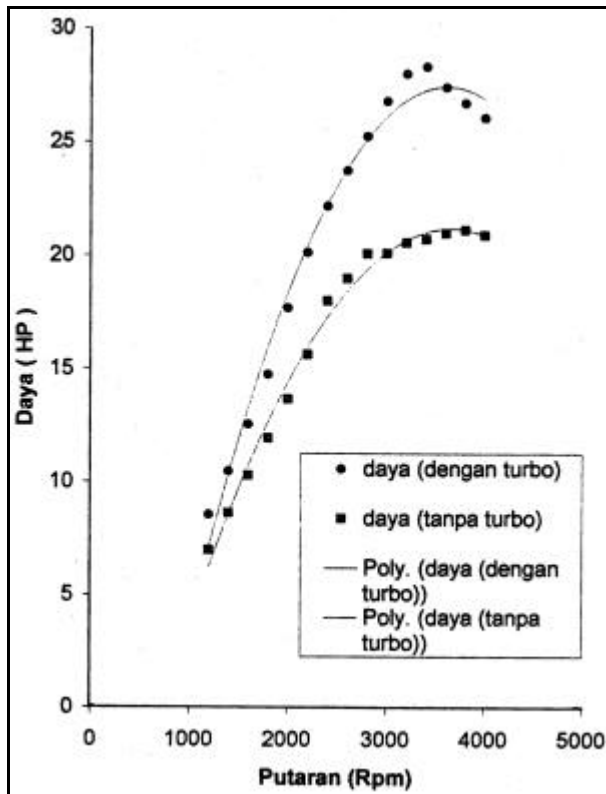
Putaran motor (Rpm)	4000	3800	3600	3400	3200	3000	2800	2600	2400	2200	2000	1800	1600	1400	1200
Beban Mesin (N)	48,67	52,50	56,83	62,17	66,33	69,67	73,33	76,17	79	82,33	85	88	91,17	94,50	97,17
Konsumsi Bahan Bakar (g/detik)	11,16	11,89	14,12	16,81	20,04	22,35	24,27	26,71	28,76	33,16	37,41	44,20	51,22	58,39	60,72
Temperatur air Radiator (°C)	45,33	51,67	57,67	63	69	76,33	81,33	87	90,67	90,67	92	89	85,67	83	79
Temperatur dalam ruang (°C)	29,67	30,67	30,67	31,33	31,67	31,67	32,33	33,33	33,67	34,33	36	34,63	34,33	33,50	33
Kelembaban udara (bar)	72,33	71,67	71	70,67	70	70	66,33	65	3	60	57,50	55	54,17	56,33	57,63
Tekanan pelumas (bar)	5,50	5,40	5,20	5,07	4,80	4,60	4,60	4,50	4,40	4,27	4,07	4	4	3,67	3,60
Tekanan kompresor (bar)	0,50	0,45	0,42	0,40	0,36	0,34	0,32	0,30	0,27	0,24	0,17	0,10	0,05	0,02	0
Temperatur udara masuk karburator (°C)	34,67	36	38,33	41	43,67	50	53,67	60,67	64	66,33	66	44,67	63,33	62,67	62,33
Beda Ketinggian air dalam pipa U (cm)	19	18	17	14	13	8,5	7	6,5	4,5	3,5	2,5	1,5	1	0,5	0

Tabel 2. Rata-Rata Data Hasil Percobaan Tanpa Thurbocharger

Putaran motor (Rpm)	4000	3800	3600	3400	3200	3000	2800	2600	2400	2200	2000	1800	1600	1400	1200
Beban Mesin (N)	36,33	41	43,50	45,63	48,33	50,50	53,17	54,67	56,33	53,67	51,67	50	46,67	45,63	44,50
Konsumsi Bahan Bakar (g/detik)	22,31	23,23	25,23	26,60	28,96	32,36	36,36	39,96	42,25	46,86	50,51	55,78	62,19	67	78
Temperatur air Radiator (°C)	44,33	49,33	55,33	58,33	63,33	67,33	71,33	76	79	78,33	77,67	74,33	71,67	66	67,67
Temperatur dalam ruang (°C)	30,33	30,33	31	31,33	31,67	31,67	32	32,33	33	33,33	33,67	32,67	32	31,67	31,67
Kelembaban udara (bar)	76	74,33	72,33	71,33	70,67	70,33	67	66	64	61,33	61	61,33	61,33	61,33	61,33
Tekanan pelumas (bar)	5,47	5,23	5,03	4,87	4,77	4,62	4,47	4,35	4,22	4,10	4,05	3,67	3,73	3,47	3

6. Hasil Percobaan dan Analisa

6.1 Analisa Grafik Daya Fungsi Putaran

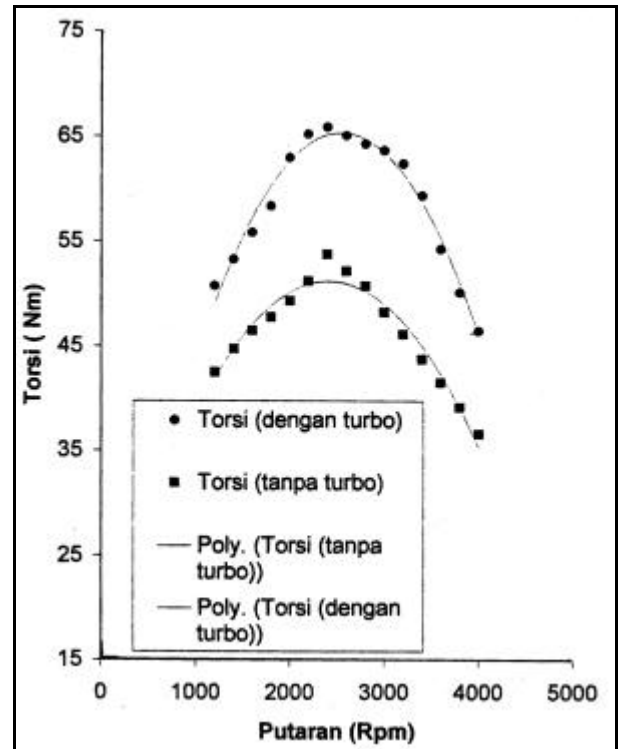


Gambar 2. Daya Fungsi Putaran

Karakteristik bentuk grafik daya fungsi putaran pada percobaan metode putaran berubah adalah parabola terbuka kebawah. Dari grafik didapatkan daya motor DAIHATSU dengan *turbocharger* lebih tinggi dibandingkan dengan tanpa *turbocharger*. Daya maksimal dari motor DAIHATSU yang diberi *turbocharger* adalah 28,33 HP pada putaran 3400 rpm, sedangkan daya maksimal motor DAIHATSU yang standar adalah 20,99 HP pada putaran 3600 rpm. Hal yang menyebabkan peningkatan daya ini disebabkan karena peningkatan tekanan udara dan bahan bakar yang ada di ruang bakar pada saat langkah hisap.

Dengan peningkatan tekanan awal ini akan meningkatkan kerapatan campuran udara dan bahan bakar. Jika kerapatan campuran udara dan bahan bakar meningkat akan mengakibatkan jumlah bahan bakar yang dibakar juga meningkat, sehingga energi hasil pembakaran akan lebih besar. Dengan penambahan *turbocharger* akan meningkatkan daya dari motor DAIHATSU TIPE CB-23 sebesar 34,97%.

6.2 Analisa Grafik Torsi Fungsi Putaran

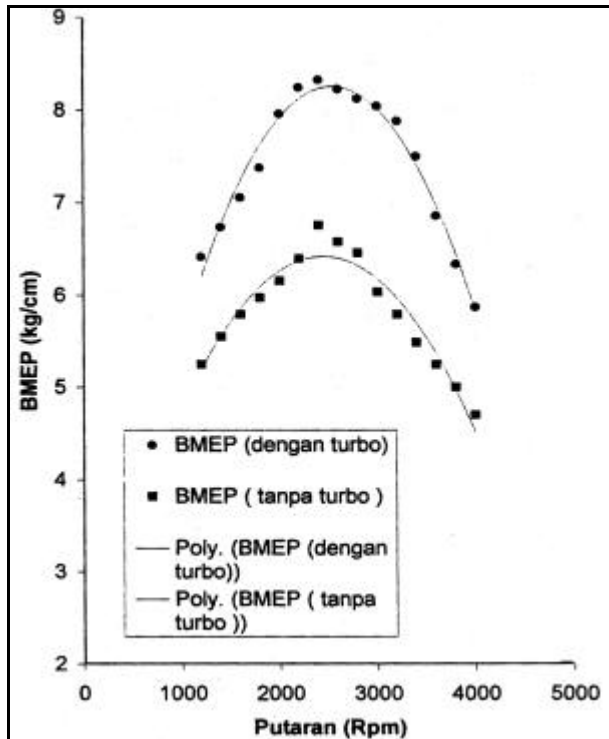


Gambar 3. Torsi Fungsi Putaran

Secara umum grafik torsi fungsi putaran pada percobaan putaran berubah memiliki karakteristik berupa parabola terbuka ke bawah. Dari grafik dapat dilihat bahwa motor DAIHATSU yang menggunakan *turbocharger* mempunyai torsi yang paling besar pada putaran 2400 rpm dengan besar torsi 65,89 Nm sedangkan pada motor DAIHATSU tanpa *turbocharger* mempunyai torsi yang paling besar pada putaran 2400 rpm dengan torsi 53,79 Nm. Hal yang menyebabkan peningkatan torsi adalah besarnya pembebanan motor DAIHATSU yang menggunakan *turbocharger* lebih tinggi dibandingkan dengan pembebanan pada motor DAIHATSU yang tidak menggunakan *turbocharger*.

Hal ini berarti motor DAIHATSU yang menggunakan *turbocharger* mampu menerima beban yang lebih tinggi dibandingkan dengan motor DAIHATSU tanpa *turbocharger*. Beban yang diberikan motor DAIHATSU dengan *turbocharger* pada saat torsi tertinggi adalah 69 N, sedangkan beban yang diberikan pada motor DAIHATSU yang tidak menggunakan *turbocharger* sebesar 56,67 N.

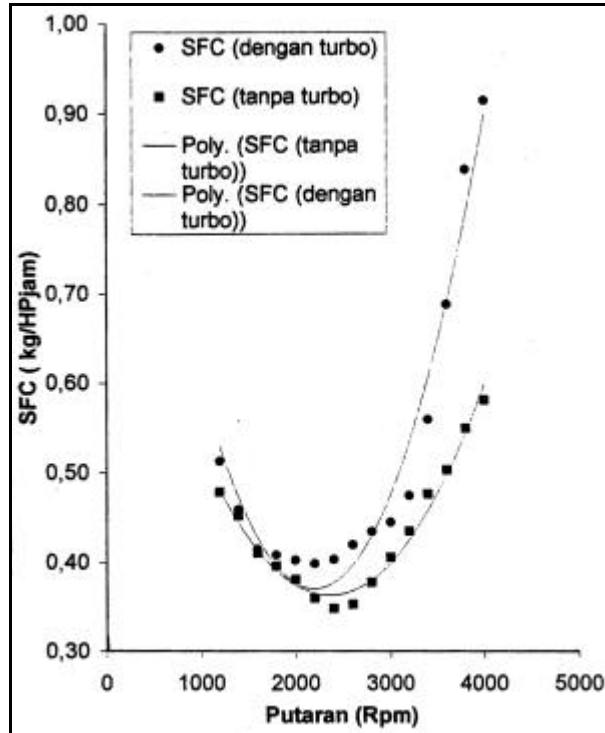
6.3 Analisis Grafik Tekanan Efektif Rata-Rata (BMEP) Fungsi Putaran



Gambar 4. BMEP Fungsi Putaran

Grafik tekanan efektif rata-rata (BMEP) fungsi putaran pada percobaan metode putaran berubah memiliki karakteristik parabola terbuka kebawah. Dari grafik diatas terlihat bahwa motor DAIHATSU yang menggunakan *turbocharger* mempunyai tekanan efektif rata-rata yang lebih tinggi dibandingkan dengan yang tidak menggunakan *turbocharger*. Hal ini dikarenakan pada motor DAIHATSU yang menggunakan *turbocharger* mempunyai tekanan awal lebih tinggi sehingga pada saat piston bergerak menuju TMA , tekanan akhir kompresi pada motor DAIHATSU yang menggunakan *turbocharger* akan lebih tinggi dibandingkan dengan motor DAIHATSU tanpa *turbocharger*. Peningkatan tekanan efektif rata-rata nya sebesar 22,35%.

6.4 Analisa Grafik Pemakaian Bahan Bakar Spesifik (SFC) Fungsi Putaran

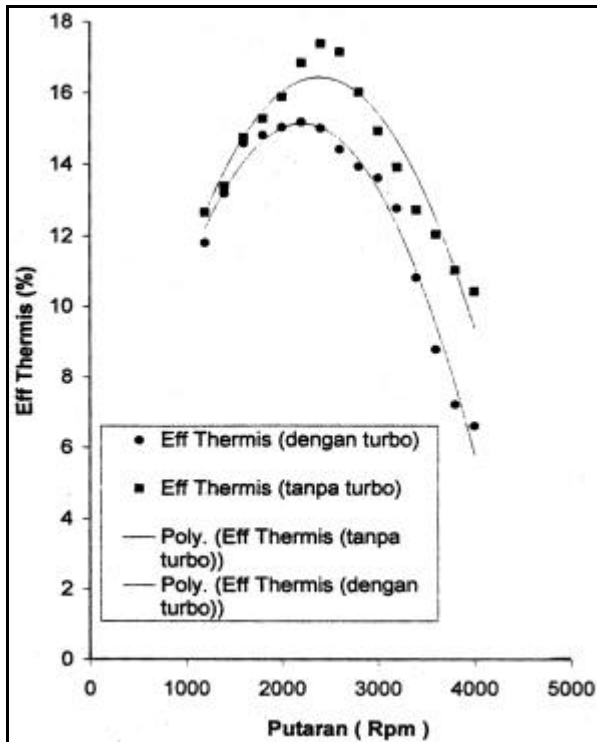


Gambar 5. SFC Fungsi Putaran

Secara umum karakteristik bentuk Grafik pemakaian bahan bakar spesifik fungsi putaran adalah parabola terbuka keatas. Dari grafik diperoleh konsumsi bahan bakar spesifik dari motor DAIHATSU dengan *turbocharger* lebih tinggi dibandingkan dengan konsumsi bahan bakar motor DAIHATSU tanpa *turbocharger*. Hal ini disebabkan karena kompresor dari *turbocharger* meningkatkan kecepatan udara yang masuk ke karburator. Sehingga laju konsumsi bahan bakar yang keluar dari lubang spuyer karburator meningkat dan waktu yang dibutuhkan untuk mengkonsumsi bahan bakar sebanyak 50cc akan semakin singkat. Dengan bertambahnya putaran pada kompresor akan meningkatkan laju aliran udara yang melalui saluran dari karburator, hal ini akan menyebabkan peningkatan jumlah bahan bakar yang keluar dari spuyer yang ada pada karburator.

Dari grafik terlihat bahwa konsumsi bahan bakar saat daya tertinggi dari motor DAIHATSU yang menggunakan *turbocharger* 0,559 kg/Hpjam pada putaran 3400 rpm, sedangkan untuk motor DAIHATSU yang tidak menggunakan *turbocharger* adalah 0,5 kg/Hpjam pada putaran 3600 rpm. Peningkatan Sfc tersebut sebesar 11,8%.

6.5 Analisa Grafik Efisiensi Thermis Fungsi Putaran



Gambar 6. Effisiensi Thermis Fungsi Putaran

Efisiensi thermis adalah efisiensi pemanfaatan panas dari bahan bakar untuk diubah menjadi tenaga mekanis (poros). Efisiensi Thermis terbesar dari motor DAIHATSU yang menggunakan *turbocharger* adalah 15,18% dan pada motor DAIHATSU yang tidak menggunakan *turbocharger* adalah 17,34%. Variasi yang mempengaruhi efisiensi thermis adalah nilai konsumsi bahan bakar spesifik (Sfc), maka nilai konsumsi bahan bakar spesifik semakin besar maka nilai efisiensi thermis akan semakin kecil.

Pada grafik terlihat efisiensi thermis fungsi putaran pada metode pengujian putaran berubah secara umum memiliki karakteristik berupa parabola terbuka kebawah. Karena pada motor DAIHATSU yang menggunakan *turbocharger* memiliki nilai konsumsi bahan bakar yang lebih tinggi dibandingkan dengan motor DAIHATSU tanpa *turbocharger*, maka nilai efisiensi termis dari motor DAIHATSU yang menggunakan *turbocharger* dibandingkan dengan nilai efisiensi termis dari motor DAIHATSU yang tidak menggunakan *turbocharger* akan terlihat lebih rendah. Dengan waktu pembakaran yang sangat singkat dan semakin meningkatnya konsumsi bahan bakar maka semakin banyak bahan bakar yang tidak dapat dimanfaatkan atau

dengan kata lain semakin banyak bahan bakar yang terbuang sia-sia.

7. Kesimpulan

Turbocharger dapat meningkatkan unjuk kerja dari sebuah motor bakar. Terjadi peningkatan daya sebesar 34,97% dari motor bakar yang menggunakan *turbocharger* diikuti dengan peningkatan Sfc sebesar 11,8%. Pada motor DAIHATSU tipe CB-23 yang menggunakan *turbocharger* mempunyai nilai Sfc lebih tinggi dibandingkan dengan motor DAIHATSU tipe CB-23 standar. Meskipun tanpa mengubah katub, karburator, piston, penambahan *turbocharger* IHI tipe RHF 3 pada motor DAIHATSU tipe CB-23 dapat meningkatkan unjuk kerja.

Penggunaan *turbocharger* harus memperhatikan rasio kompresi dari engine. Karena apabila rasio kompresi engine cukup besar dapat mengakibatkan terjadinya *preignition* ataupun *knocking*.

Daftar Pustaka

1. Obert F, *Internal Combustion Engine and Air Polution*, Philadelphia: Intext Educational Publisher, 1973.
2. E. Mmilton Brian, *Thermodynamics Combustion And Engine*, Australia, Chapman And Hall, 1995.
3. Wiranto Arismunandar, *Penggerak Mula Motor Bakat Torak*, Bandung, Institut Teknologi Bandung, 1983.
4. Maleev, V. L.. *Internal Combustion Engine*. Singapore : Mc Graw Hill, 1985.
5. Heywood, John B. *Internal Combustion Engine*. Singapore : Mc Graw Hill. 1988
6. Arismunandar, Wiranto. *Penggerak Mula Motor Bakar Torak*. Bandung. ITB, 1983.
7. Tirtoatmodjo, Rahardjo. *Makalah Presentasi Hasil Penelitian Perbaikan Unjuk Kerja Mixer Dari Conversion Kit BBG*. Surabaya : U.K. Petra. 1996.
8. Tirtoatmodjo, Rahardjo. *Diktat Pesawat Kalori I*. Surabaya : U.K. Petra. 1996.
9. Honggowibowo, Godwin. *Perencanaan Sistem Injektor Akselerasi Untuk Bahan Bakar Gas*. Surabaya : U.K. Petra. 1996.

10. Pramudana, Ludy. *Meningkatkan Efisiensi Motor Bakar Dengan Memperbesar Waktu Penyalaan Busi Dalam Setiap Langkah Kerja*. Surabaya : U.K. Petra. 1996.
11. Abreu, R. *Transscript CNG Technology applied by Mercedes-Bens*. Mercedes-Bens Engineering Department DD/EEM. 1991.
12. Arques, P. *Moteurs Alternatifs à Combustion Interne*. Masson. 1987.
13. Brun, M. *Énergétique*. École Centrale de Lyon. 1986.
14. Etra, *Ecologic Transportation System*.
15. Hadihardjono, G. S. *Pengesahan Pemasangan Peralatan Konversi Bahan Bakar Gas (BBG) merek Renzo landi dan Tangki BBG merek Faber pada Kendaraan Bermotor*. Direktur Jendral Perhubungan Darat. 1991.
16. Hidayat, S. W. *Cara Pemakaian Kendaraan Bahan Bakar Gas*. Lembaga Pengabdian pada Masyarakat ITM dan Direktorat Lalu Lintas Angkutan Jalan Raya Direktorat Pembekalan Dalam Negeri Pertamina, P.T. Elnusa. 1989.
17. Kristanto, P. "Analisa Gas Buang Kendaraan Bermotor Roda Empat Berbahan Bakar Bensin". *Dimensi Elektro & Mesin* Vol. 19/EM. 1993.
18. PERTAMINA, *Pemanfaatan Bahan Bakar Gas Untuk Sektor Transportasi Dinas Pemasaran LPG & BBG*, Direktorat Pembekalan dan Pemasaran Dalam Negeri. 1995.
19. Sanjaya, T. *Pengembangan Teknologi Pemakaian Bahan Bakar Gas (BBG) pada Kendaraan Umum*. P.T. Gas Biru. 1995.
20. Sasmito, H. *Pemasyarakatan Bahan Bakar Gas (BBG) sebagai Bahan Bakar Alternatif Kendaraan Angkutan Kota*. Seminar Nasional BBG di Malang. 1995.
21. Sasmojo S, Busono T. *Tinjauan Tentang Senyawa Pencampur dan Penambah untuk menaikkan Angka Oktan Bensin*. Pusat Penelitian Energi ITB, Konferensi ke-9 Ikatan Ahli Teknik Otomotif (IATO). 1990.
22. Sudrajat M.P.K. *Pengadaan dan Penyaluran Monograde Gasoline*. PERTAMINA, Konferensi ke-9 Ikatan Ahli Teknik Otomotif (IATO). 1990.
23. Tirtoatmodjo, R. *Diktat Teknik Pembakaran dan Bahan Bakar*. Percetakan U.K. Petra. 1995.
24. Vicky, *Bahan Bakar Alternatif LPG, LING atau CN*, Otomotif Mekanik No. 11, 1993.
25. -----, *Pemakaian Gas Alam (BBG) pada Mobil*. Mobil & Motor No.11/3, 1990.
26. Tirtoatmodjo. R., Widjaja B. *Perhitungan Pegas Centrifugal Advance dan Vacuum Advance dari Daihatsu CB 41 yang menggunakan Bahan Bakar Gas*. Jurusan Teknik Mesin U.K. Petra. 1998.
27. Tirtoatmodjo, R. *Seminar Upaya Pemanfaatan BBG sebagai Bahan Bakar alternatif dan Terciptanya Langit Biru*. Surabaya : U.K. Petra. 1998.