

Unjuk Kerja Motor Bakar Bensin Dengan Turbojet Accelerator

Ekadewi Anggraini Handoyo

Dosen Fakultas Teknologi Industri, Jurusan Teknik Mesin - Universitas Kristen Petra

Indarto Wicaksono

Alumni Fakultas Teknologi Industri, Jurusan Teknik Mesin - Universitas Kristen Petra

Abstrak

Salah satu alat yang ditambahkan pada motor bakar untuk menaikkan unjuk kerjanya adalah *turbojet accelerator*. Produsen alat ini mengatakan bahwa unjuk kerja motor bakar akan meningkat dengan pemasangan alat ini. Untuk membuktikan promosi ini dilakukan penelitian di laboratorium Motor Bakar, Universitas Kristen Petra.

Hasil yang didapat dari percobaan yang dilakukan adalah bahwa *turbojet accelerator* menyebabkan aliran udara masuk karburator dengan lebih rendah dan kecepatan lebih tinggi. Sedang unjuk kerja yang meliputi daya BHP, Torsi, BMEP dan efisiensi termis motor bakar meningkat. Selain itu konsumsi bahan bakar menjadi lebih hemat jika motor bakar dilengkapi *turbojet accelerator*.

Kata kunci: *Turbojet accelerator*, Motor bakar bensin, BHP, SFC, Torsi, Efisiensi termis.

Abstract

One of several devices attached in an ignition engine to improve its performance is *turbojet accelerator*. The manufacturer claims that it will improve the engine's performance. To verify this advertisement, a research is done in Motor Bakar Laboratory in Petra Christian University.

From the research done, it is found out that the device, *turbojet accelerator*, makes the pressure of the air incoming to the carburetor decreases while its velocity increases. Meanwhile, the performances of the engine including Brake Horse Power (BHP), torque, Brake Mean Effective Pressure (BMEP) and thermal efficiency are increasing. The engine equipped with *turbojet accelerator* will save its fuel consumption.

Keywords: *Turbojet accelerator*, Spark Ignition Engine, BHP, SFC, Torque, Thermal Efficiency.

Daftar Notasi

N_d	putaran motor (rpm)
P	gaya yang terbaca pada dinamometer (Newton)
R	panjang lengan dinamometer (meter)
$P.R$	torsi yang dihasilkan motor.
Z	1 untuk motor dua langkah dan $Z = 2$ untuk motor empat langkah
A	luas penampang torak (m^2)
I	jumlah silinder
L	panjang langkah torak (m)
M_b	massa bahan bakar yang dikonsumsi selama selang waktu tertentu (kg)
t	waktu yang dibutuhkan motor untuk konsumsi sejumlah bahan bakar (detik)
BHP	kerja motor yang diberikan ke poros penggerak (hp)
BMEP	tekanan efektif rata-rata pada piston (kg/cm^2)
SFC	laju konsumsi bahan bakar pada suatu motor bakar torak [$kg/(hp.jam)$]

LHV nilai kalor pembakaran (kkal/kg)
 η_{th} = efisiensi termal (%)

1. Pendahuluan

Salah satu sarana transportasi yang banyak dijumpai adalah kendaraan bermotor. Sampai saat ini, sebagian besar kendaraan bermotor masih menggunakan bahan bakar minyak sebagai sumber energi. Reaksi kimia dari bahan bakar dengan udara menghasilkan energi yang sangat besar. Proses pembakaran berlangsung dalam silinder yang dilengkapi torak yang sering disebut *engine* (masyarakat menyebut 'mesin'). Energi yang dihasilkan ini digunakan untuk mendorong torak yang kemudian melalui batang torak menggerakkan poros engkol dan pada akhirnya menggerakkan poros yang dihubungkan dengan roda.

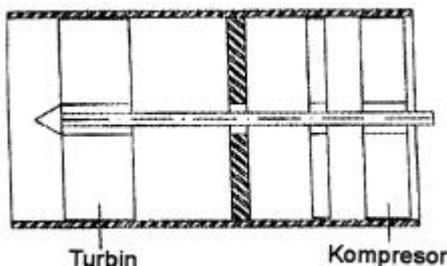
Mengingat bahan bakar minyak adalah sumber daya alam yang tidak dapat diper-

Catatan : Diskusi untuk makalah ini diterima sebelum tanggal 1 Juli 2002. Diskusi yang layak muat akan diterbitkan pada Jurnal Teknik Mesin Volume 4 Nomor 2 Oktober 2002.

baharui dan pemerintah juga mencanangkan program langit biru, maka perlu dikembangkan usaha untuk membuat pembakaran berlangsung sempurna. Pembakaran sempurna dapat menghasilkan daya yang lebih besar dan gas buang yang dihasilkan juga lebih 'sehat'. Banyak variabel yang menentukan sempurna tidaknya proses pembakaran, antara lain pencampuran udara dengan bahan bakar, waktu berlangsungnya reaksi, temperatur yang diperlukan, kerapatan untuk merambatkan nyala api serta jumlah udara pembakaran yang dibutuhkan.

Sering terjadi keterlambatan pemasukan udara karena waktu untuk memasukkan udara terlalu singkat pada saat akselerasi maupun putaran tinggi. Dengan demikian, pasokan jumlah udara pembakaran lebih sedikit sehingga proses pembakaran berlangsung lebih tidak sempurna. Salah satu usaha yang dilakukan masyarakat untuk mengatasi hal ini adalah dengan menambah peralatan seperti *turbocharger*, *supercharger*, *cyclone* dan lain-lain pada kendaraannya.

Salah satu peralatan yang ditambahkan adalah '*turbojet accelerator*'. Alat ini terdiri dari sudu-sudu yang terdapat pada bagian depan dan belakang (masyarakat menyebut turbin dan kompresor) seperti pada gambar 1. Sudu bagian depan dikopel dengan sudu bagian belakang. Produsen alat ini mem-promosi-kan bahwa bila sudu depan berputar karena aliran udara pada langkah hisap maka sudu belakang akan ikut berputar sehingga udara mengalami pemampatan, kecepatan dan tekanan bertambah, pembakaran lebih sempurna dan polusi udara dapat dikurangi. Untuk membuktikan kebenaran promosi ini akan dilakukan penelitian pada motor bakar bensin di laboratorium. Penelitian yang akan dilakukan meliputi pengukuran tekanan dan kecepatan aliran udara sebelum masuk karburator dengan kondisi: ada dan tanpa *turbojet accelerator*. Di samping itu, juga dilakukan pengukuran unjuk kerja motor bakar bensin dengan dinamometer. Diharapkan hasil penelitian ini nantinya dapat menjadi informasi yang berguna bagi masyarakat.



Gambar 1. Penampang Turbojet accelerator

2. Teori Dasar

2.1 Daya Motor (*Brake Horse Power - BHP*)

Yang dimaksud dengan daya motor adalah besar kerja motor yang diberikan ke poros penggerak. Daya motor dapat dihitung dengan persamaan:

$$BHP = \frac{2 \cdot \dot{\alpha} \cdot N_d \cdot P.R}{60} \quad \text{Watt} = \frac{2 \cdot \dot{\alpha} \cdot N_d \cdot P.R}{44760} \quad \text{hp} \quad (1)$$

2.2 Tekanan Efektif Rata-rata (*Brake Mean Pressure - BMEP*)

Proses pembakaran udara dengan bahan bakar menghasilkan tekanan yang bekerja pada torak sehingga menghasilkan langkah kerja. Besar tekanan tersebut berubah-ubah sepanjang langkah torak tersebut. Jika diambil suatu tekanan yang berharga konstan yang bekerja pada torak dan menghasilkan kerja yang sama, maka tekanan tersebut disebut dengan tekanan efektif rata-rata (BMEP). Besar BMEP dapat dihitung dengan persamaan:

$$BMEP = \frac{0,45 \cdot BHP \cdot Z}{A.L.I.N_d} \quad (\text{kg/cm}^2) \quad (2)$$

2.3 Konsumsi Bahan Bakar Spesifik (*Specific Fuel Consumption - SFC*)

Konsumsi Bahan Bakar Spesifik (SFC) menyatakan laju konsumsi bahan bakar pada suatu motor bakar torak, pada umumnya dinyatakan dalam jumlah massa bahan bakar per satuan keluaran daya, atau dapat juga didefinisikan dengan jumlah bahan bakar yang dikonsumsi oleh motor bakar untuk menghasilkan tenaga 1 hp dalam waktu satu jam.

Besar SFC dapat dicari dengan persamaan:

$$SFC = \frac{3600 \cdot M_b}{BHP \cdot t} \left[\frac{\text{kg bahan bakar}}{\text{hp.jam}} \right] \quad (3)$$

2.4 Efisiensi termis

Efisiensi termis didefinisikan sebagai efisiensi pemanfaatan kalor dari bahan bakar untuk diubah menjadi energi mekanis.

Besar efisiensi termis dapat dinyatakan:

$$\zeta_{th} = \frac{\text{tenaga yang g dihasilkan}}{\text{panas input}} \times 100\% \quad (4)$$

Panas input merupakan panas yang dihasilkan dari proses pembakaran bahan bakar. Jika untuk menghasilkan daya BHP (hp), laju konsumsi bahan bakar yang dibutuhkan adalah M_b/t (kg/jam) dengan nilai kalor pembakaran adalah LHV (kcal/kg), maka efisiensi termis motor tersebut adalah:

$$\zeta_{th} = \frac{BHP \cdot 641,567}{M_b \cdot 3600 \cdot LHV} \times 100\% = \frac{641,567}{SFC \cdot LHV} \times 100\% \quad (5)$$

dimana 641,567 adalah konversi satuan dari hp ke kkal/jam [1 hp = 641,567 kkal/jam].

3. Alat-Alat Percobaan

Percobaan dilakukan di Laboratorium Otomotif, VEDC, Arjosari Malang. Motor bakar bensin 'Toyota' dengan spesifikasi:

- kapasitas silinder : 1300 cc
- silinder : 4 in line
- bore x stroke : 75 x 73 mm
- compression ratio : 9 : 1
- maximum output : 48 hp / 5600 rpm
- celah katup standard : hisap : 0,2 mm
buang : 0,3 mm
- celah busi : 0,8 mm
- sudut pengapian : 10°

Exhaust gas analyzer dengan spesifikasi:

- merek : Multi gas model 488
- tegangan : 220 V ± 15%
- waktu reaksi : 10detik
- berat : 11 kg
- aliran gas ukur : 3,5 liter/menit
- skala dan toleransi :
 - CO : 0 – 9,99 Vol% (±0,01)
 - CO₂ : 0 – 19,9 Vol% (±0,1)
 - HC : 0 – 9999 ppm (±1)
 - O₂ : 0 – 25,5 Vol% (±0,1)

Dynamometer

Sebagai alat pengukur unjuk kerja (torsi dan daya) motor digunakan dynamometer dengan spesifikasi:

- merek : Carl Schrench Machinen
- jumlah impeller : 1
- panjang tuas teoritis : 0,47
- putaran max : 6500 rpm

Turbojet accelerator yang digunakan adalah merek 'proxima'.

Pipa U untuk mengukur tekanan aliran udara.

Pipa pitot untuk menentukan kecepatan udara.

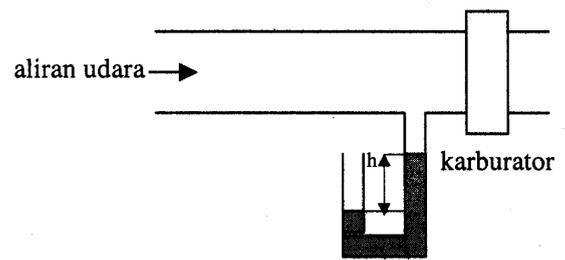
4. Prosedur Percobaan

Pada penelitian ini akan diukur:

- tekanan dan kecepatan aliran udara sebelum masuk karburator,
- unjuk kerja motor bakar dengan dynamometer.

Pengukuran di atas dilakukan pada kondisi: ada penambahan turbojet accelerator dan tanpa turbojet accelerator.

4.1 Pengukuran Tekanan Aliran Udara



Gambar 2. Rangkaian Percobaan Tekanan Aliran Udara

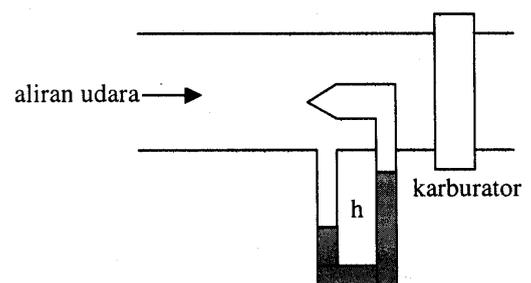
Tekanan aliran udara sebelum masuk karburator diukur dengan pipa U dan fluida minyak tanah seperti pada gambar 1 dengan prosedur percobaan:

1. Merangkai peralatan seperti pada gambar 1.
2. Menyalakan motor bakar pada putaran stasioner 800 rpm selama 5 menit agar motor mencapai kondisi kerja.
3. Menaikkan putaran mesin pada 1000 rpm.
4. Mengukur beda ketinggian, h.
5. Mengulangi langkah ke-3 dan ke-4 untuk putaran yang lain, yaitu: 1500, 2000, 2500, 3000, 3500 rpm.
6. Memasang turbojet accelerator sebelum pipa U.
7. Mengulangi langkah 1 – 5.

Karena kerapatan udara jauh lebih kecil dari kerapatan minyak tanah, maka hubungan antara beda ketinggian permukaan, h, dengan tekanan adalah:

$$P_{udara} = P_{atm} - \rho_{minyak-tanah} g h \quad (6)$$

4.2 Pengukuran Kecepatan Aliran Udara



Gambar 3. Rangkaian Percobaan Kecepatan Aliran Udara

Kecepatan aliran udara sebelum masuk karburator diukur dengan pipa pitot dengan fluida minyak tanah seperti pada gambar 2 dengan prosedur percobaan:

1. Merangkai peralatan seperti pada gambar 2,
2. Menyalakan motor bakar pada putaran stasioner 800 rpm selama 5 menit agar motor mencapai kondisi kerja.
3. Menaikkan putaran mesin pada 1000 rpm.
4. Mengukur beda ketinggian, h

5. Mengulangi langkah ke-3 dan ke-4 untuk putaran yang lain, yaitu: 1500, 2000, 2500, 3000, 3500 rpm.
6. Memasang *turbojet accelerator* sebelum pipa pitot,
7. Mengulangi langkah 1 – 5.

Karena kerapatan udara jauh lebih kecil dari kerapatan minyak tanah, maka hubungan antara beda ketinggian permukaan, h , dengan kecepatan aliran adalah:

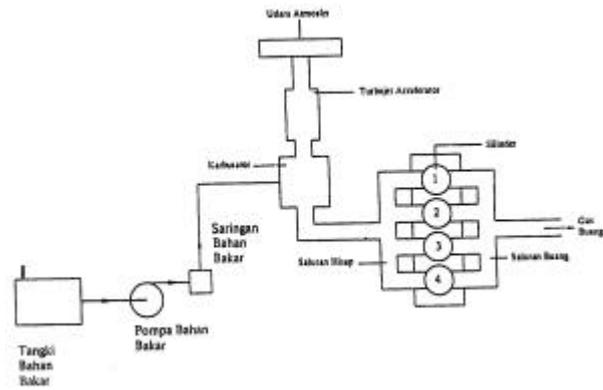
$$v = \sqrt{\frac{2 \tilde{n}_{\text{minyak-tanah}} g h}{\tilde{n}_{\text{udara}}}} \quad (7)$$

4.3 Pengukuran Unjuk Kerja Motor Bakar

Pengukuran unjuk kerja motor bakar bensin dilakukan dengan prosedur pengujian putaran berubah dengan pembebanan berubah. *Turbojet accelerator* dipasang seperti pada gambar 3.

Prosedur percobaan yang dilakukan:

1. Mempersiapkan motor dan alat-lat yang diperlukan dalam pengujian, antara lain motor bakar Toyota 4K dengan perlengkapannya, *exhaust gas analyzer*, *stopwatch*, *turbojet accelerator* dan juga memeriksa air pendingin, bensin dan pelumas.
2. Menutup kran air untuk pembebanan dan pompa air dinyalakan.
3. Menyalakan motor pada putaran idle sekitar 800 rpm selama beberapa menit hingga motor mencapai kondisi kerja.
4. Mengatur sudut pengapian dengan *timing light* sebesar 10°
5. Menaikkan putaran hingga mencapai 4000 rpm dengan kondisi *throttle open*.
6. Membuka kran air untuk mulai pembebanan motor, sehingga putarannya turun menjadi 1000 rpm.
7. Jika putaran sudah konstan, melakukan pengukuran gaya reaksi dari *dynamometer*, waktu konsumsi sejumlah bahan bakar (25 gram) dengan *stopwatch* dan kadar gas buang dengan *exhaust gas analyzer*.
8. Untuk pengamatan selanjutnya, putaran motor dinaikkan tiap 500 rpm hingga mencapai 3500 rpm dengan mengurangi beban air *dynamometer* dan tidak mengurangi bukaan *throttle*.
9. Setelah selesai, beban motor dikurangi, mengembalikan bukaan *throttle* hingga putaran *idle*, menutup kran air dan mematikan pompa air.
10. Mengulangi langkah 5 hingga 8 sebanyak dua kali, sehingga total percobaan tiga kali.

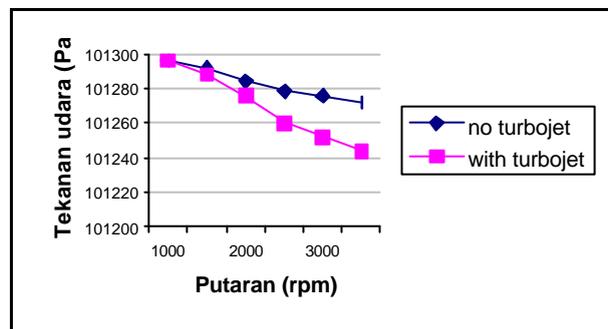


Gambar 4. Peletakan *Turbojet Accelerator*

5. Hasil Percobaan dan Analisa

5.1 Tekanan Udara Masuk Karburator

Tekanan udara dinyatakan dengan beda ketinggian minyak tanah dalam pipa U. Dari percobaan yang dilakukan, minyak tanah di kaki pipa U sebelah kanan lebih tinggi dari kaki kiri. Hal ini berarti tekanan aliran udara sebelum masuk karburator lebih rendah dari tekanan atmosfer. Pengaruh *turbojet accelerator* terhadap tekanan aliran udara dapat dilihat dari gambar 5.



Gambar 5. Tekanan Udara Sebelum Masuk Karburator

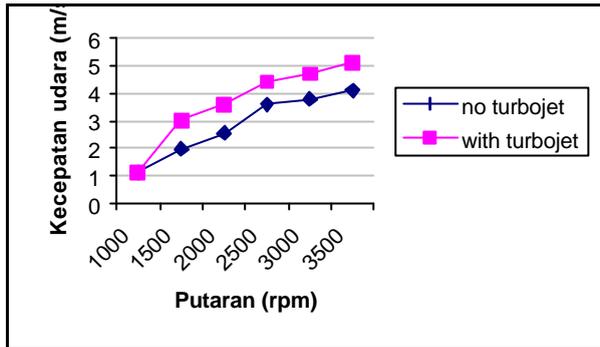
Dari gambar 5 terlihat bahwa dengan di-gunakannya *turbojet accelerator*, tekanan udara masuk karburator makin rendah. Dengan demikian pendapat bahwa penambahan *turbojet accelerator* dapat meningkatkan tekanan udara masuk itu salah. Hal ini juga berarti penggunaan istilah ‘turbin - kompresor’ kurang tepat. Disamping itu, *turbojet accelerator* berpengaruh hanya pada putaran tinggi.

5.2 Kecepatan Aliran Udara Masuk Karburator

Kecepatan aliran udara diukur dengan memasang pipa pitot di depan karburator seperti pada gambar 3. Dari percobaan, didapat data beda tinggi permukaan minyak tanah pada kaki pipa U. Hubungan antara kecepatan aliran

dengan beda tinggi, h , dapat dilihat dari persamaan (7). Pengaruh penambahan *turbojet accelerator* terhadap kecepatan aliran masuk karburator dapat dilihat pada gambar 6.

Seperti halnya dengan tekanan, penggunaan *turbojet accelerator* membawa dampak hanya pada putaran tinggi. Dari gambar 6 terlihat bahwa kecepatan aliran udara masuk karburator meningkat dengan penambahan *turbojet accelerator*. Hal ini sesuai dengan promosi produsen.



Gambar 6. Kecepatan aliran udara masuk karburator

Fenomena yang terjadi dengan dipasangnya *turbojet accelerator* adalah tekanan aliran masuk karburator turun dan kecepatan aliran naik. Melihat hal ini, maka kemungkinan besar fungsi sudu depan adalah memampatkan udara (seperti kompresor) dan sudu belakang berfungsi menaikkan kecepatan aliran (seperti nosel). Fenomena ini dapat dijelaskan dengan prinsip konservasi massa. Pada percobaan yang dilakukan, laju aliran massa udara yang masuk dibuat tetap untuk keadaan motor bakar dilengkapi *turbojet accelerator* (disebut keadaan 1) dan tanpa *turbojet accelerator* (disebut keadaan 2).

$$m = \rho vA,$$

$$m_1 = m_2$$

$$\rho_1 v_1 A_1 = \rho_2 v_2 A_2$$

Untuk aliran dalam penampang yang sama, maka $A_1 = A_2$, sehingga

$$\rho_1 v_1 = \rho_2 v_2 \quad (8)$$

Sedang hubungan antara tekanan P dan kerapatan ρ untuk gas ideal adalah:

$$P = \rho R T$$

Temperatur udara masuk karburator sama untuk kedua keadaan di atas, sehingga:

$$\frac{P_1}{\tilde{n}_1} = \frac{P_2}{\tilde{n}_2} \quad (9)$$

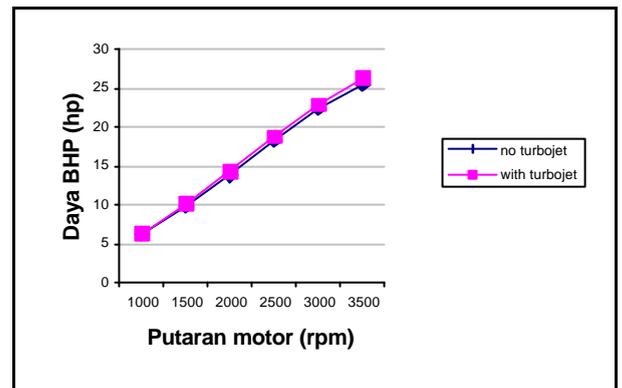
Dengan demikian, jika tekanan udara masuk karburator pada keadaan 2 lebih rendah dari keadaan 1 (dari bagian 5.1), maka kerapatan masuk pada keadaan 2 tentunya juga lebih

rendah dibanding keadaan 1, $\rho_1 > \rho_2$. Maka dengan persamaan (2.8) dapat disimpulkan bahwa v_2 lebih besar dari v_1 , kecepatan aliran masuk karburator dengan *turbojet accelerator* lebih besar daripada kecepatan aliran tanpa *turbojet accelerator*.

5.3 Unjuk Kerja Motor Bakar

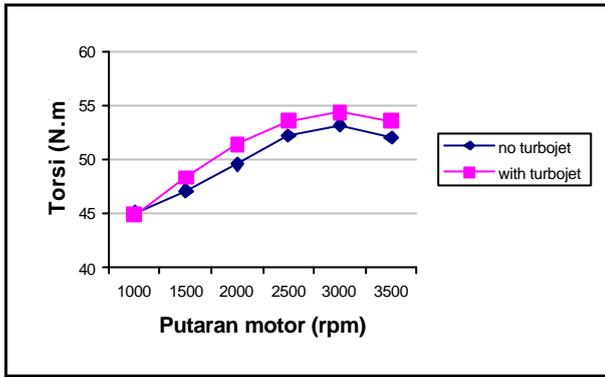
Selama percobaan, pada putaran motor tertentu dilakukan pengukuran beban yang terbaca pada dynamometer, lama pemakaian 25 gram bahan bakar serta emisi gas buang yang meliputi % CO, % CO₂, % O₂, dan kandungan HC (ppm).

Dari percobaan yang dilakukan dan dengan persamaan (1) hingga (5) didapat unjuk kerja motor bakar seperti pada gambar 7 untuk daya BHP, gambar 8 untuk torsi yang dihasilkan, gambar 9 untuk BMEP, gambar 10 untuk SFC dan gambar 11 untuk efisiensi termis motor bakar.

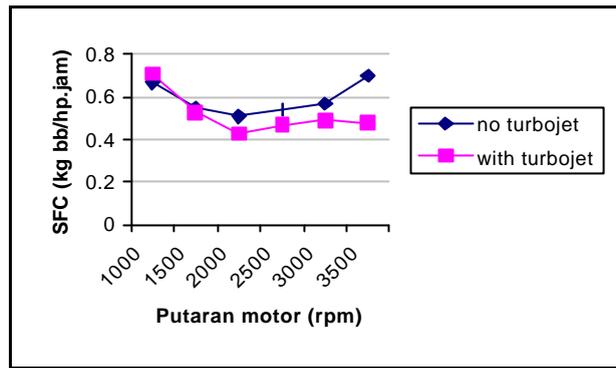


Gambar 7. Daya BHP Motor Bakar

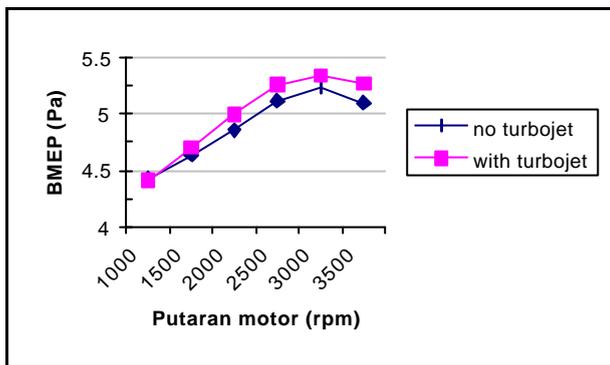
Besar torsi yang dihasilkan dan BMEP dari motor bakar yang diuji meningkat seiring dengan meningkatnya putaran motor hingga 3000 rpm dan kemudian menurun baik untuk keadaan dengan *turbojet accelerator* maupun untuk keadaan tanpa *turbojet accelerator*. Sedang untuk daya BHP hingga putaran 3500 rpm (putaran maksimum yang dapat dilakukan di laboratorium) masih menunjukkan kecenderungan meningkat.



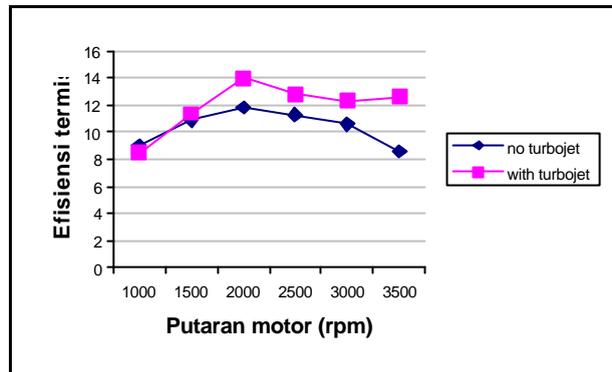
Gambar 8. Torsi yang Dihasilkan Motor Bakar



Gambar 10. SFC Motor Bakar.



Gambar 9. Tekanan Efektif BMEP



Gambar 11. Efisiensi Termis Motor Bakar

Dari gambar 7, 8 dan 9 terlihat bahwa torsi, BMEP dan daya BHP motor bakar yang dilengkapi dengan *turbojet accelerator* lebih tinggi daripada motor bakar yang tanpa *turbojet accelerator*, khususnya pada putaran yang tinggi. Dari bagian 5.2 terbukti bahwa penggunaan *turbojet accelerator* menaikkan kecepatan aliran udara masuk karburator. Diduga dengan naiknya kecepatan aliran udara ini membuat campuran udara dan bahan bakar lebih homogen sehingga unjuk kerja motor yaitu BHP, torsi dan BMEP meningkat. Campuran udara dengan bahan bakar yang lebih homogen membuat reaksi pembakaran berlangsung lebih sempurna yang terbukti dari emisi gas buang seperti pada tabel 1.

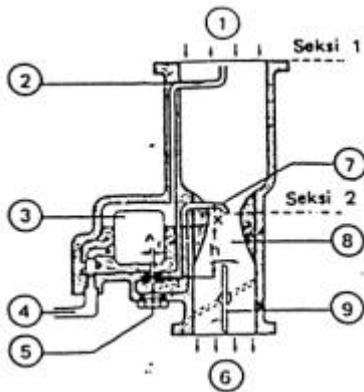
Tabel 1. Emisi Gas Buang Motor Bakar

Putaran (rpm)	Tanpa <i>turbojet accelerator</i>				Dengan <i>turbojet accelerator</i>			
	%CO	%CO ₂	%O ₂	HC (ppm)	%CO	%CO ₂	%O ₂	HC (ppm)
1000	4.71	10.23	2.33	337.7	4.65	9.8	2.36	338.3
1500	4.58	10.56	1.56	324	3.82	10.9	1.21	307.3
2000	4.09	10.63	1.43	285	3.47	11.3	1.26	246.3
2500	4.05	10.86	1.03	250.3	3.13	11.76	0.8	225
3000	3.74	10.96	0.86	216	3.07	12.16	0.8	187.3
3500	3.43	11.3	0.96	182.6	1.17	12.6	0.8	118.6

Dari tabel 1 terlihat bahwa pemakaian *turbojet accelerator* pada kecepatan lebih dari 1000 rpm menyebabkan kadar CO, Q dan HC dalam gas buang menurun sedang kadar CO₂ meningkat. Hal ini menunjukkan bahwa reaksi pembakaran lebih sempurna. Pembakaran yang sempurna dari HC akan menghasilkan CO₂ dan reaksi yang tidak sempurna akan menghasilkan CO. Penurunan HC dan peningkatan CO₂ dalam gas buang menandakan lebih banyak HC yang terbakar menjadi CO₂. Hal ini didukung pula oleh fakta bahwa kadar CO dan Q dalam gas buang lebih sedikit.

SFC motor bakar yang dilengkapi *turbojet accelerator* lebih rendah daripada yang tanpa *turbojet accelerator*. Sedangkan efisiensi termis motor bakar berlawanan dengan SFC, yaitu lebih tinggi yang dengan *turbojet accelerator* dibanding yang tanpa *turbojet accelerator*. Hal ini diduga berhubungan dengan tekanan udara yang mengalir masuk karburator. Udara masuk karburator yang berbentuk seperti venturi, sehingga tekanan udara saat di venturi lebih rendah dari saat akan masuk. Karena tekanan udara di venturi lebih rendah dari tekanan bahan bakar dalam tangki, maka bahan bakar dapat mengalir ke venturi dan bercampur dengan udara seperti pada gambar 12. Dengan

penambahan *turbojet accelerator*, udara masuk karburator dengan tekanan lebih rendah. Karena tekanan udara lebih rendah, maka diduga beda tekanan antara udara di venturi dengan bahan bakar di tangki lebih rendah sehingga laju aliran bahan bakar yang mengalir ke venturi lebih sedikit. Hal ini terbukti dengan semakin rendahnya SFC untuk motor bakar dengan *turbojet accelerator* seperti pada gambar 10.



Gambar 12. Skema karburator

6. Kesimpulan

Dari penelitian pada motor bakar bensin di laboratorium, pemakaian *turbojet accelerator* membawa pengaruh:

- menurunkan tekanan dan meningkatkan kecepatan aliran udara masuk karburator.
- menaikkan unjuk kerja motor bakar bensin yang meliputi: torsi, BHP, BMEP dan efisiensi termis.
- menghemat pemakaian bahan bakar.

Daftar Pustaka

1. Culp, Archie W., *Principles of Energy Conversion*. McGraw Hill. 1979.
2. Stone, Richard. *Introduction to Internal Combustion Engines*. Middlesex Society of Automotive Engineers, Inc. 1995.
3. Tirtoatmodjo, Rahardjo. *Penggerak Mula*. Surabaya: Universitas Kristen Petra.