

## PENGARUH PENAMBAHAN TURBULATOR PADA INTAKE MANIFOLD TERHADAP UNJUK KERJA MESIN BENSIN 4 TAK

*Untoro Budi Surono<sup>1)</sup>, Joko Winarno<sup>1)</sup>, Fuad Alaudin<sup>2)</sup>*

<sup>1)</sup> Staf Pengajar Jurusan Teknik Mesin Univ. Janabadra Yogyakarta

<sup>2)</sup> Alumni Jurusan Teknik Mesin Univ. Janabadra Yogyakarta

*Email : [untoro\\_b\\_s@yahoo.co.id](mailto:untoro_b_s@yahoo.co.id)*

### ABSTRACT

*This research aims to determine the effect of the blade angle variation of directional flow (turbulator) in the intake manifold 4-stroke motorcycles to engine performance. In this research, it was used three variations of blade angle 30°, 45° and 60°. This research was done using a motorcycle engine 113 cc Yamaha Jupiter Z manufactured at 2007. Investigation of torque and power of the engine was done on rotational speed from 3750 rpm to 10000 rpm, while fuel consumption test was conducted on rotational speed of 1000 rpm to 6000 rpm. From the results of this research, it can be concluded that the use of directional flow (turbulator) in the intake manifold with angle blade 30° has the best performance of the engine. It was indicated by high torque, high power, high BMEP and. The positive effect to the engine was also indicated by low fuel consumption and the high SFC on engine with angle blade 30° turbulator .*

*Key words: engine, intake manifold, power, torque, turbulator*

### PENDAHULUAN

Motor bakar adalah suatu alat yang dapat menghasilkan tenaga melalui suatu proses tertentu dimana proses tersebut menghasilkan panas dan energi panas ini dirubah menjadi energi gerak atau mekanis yang diperlukan sebagai penggerak utama pada suatu kendaraan. Sebagian besar motor bakar yang digunakan adalah model motor bakar torak dan menggunakan piston yang bergerak translasi.

Motor jenis *Internal Combustion Engine* di dalam mekanismenya terdapat *piston* yang bergerak translasi. Di dalam mekanisme ini akan terjadi pembakaran antara bahan bakar dengan oksigen yang dinyalakan dengan alat bantu yaitu *spark plug*. Karena adanya perubahan temperatur dan tekanan pada ruang pembakaran, maka gas dari hasil pembakaran tersebut mampu menggerakkan piston secara translasi dan gerakan ini dihubungkan ke poros engkol melalui batang piston sebagai penghubung, gerakan translasi piston akan menyebabkan gerak rotasi poros engkol dan ini akan

bergerak secara kontinyu selama terjadi pembakaran pada ruang bakar.

Metode pembakaran pada motor bakar yang menggunakan bahan bakar bensin adalah dengan memanfaatkan loncatan bunga api dari busi, maka campuran bahan bakar dan udara akan terbakar pada ruang bakar. Oleh sebab itu motor bensin disebut juga sebagai *spark ignition* (SI), sedangkan pada motor bakar yang menggunakan bahan bakar solar atau lebih dikenal sebagai motor diesel proses pembakaran yang terjadi diruang bakar adalah proses penyalaan sendiri, ini merupakan pemanfaatan udara yang bertemperatur dan bertekanan tinggi pada ruang bakar. Proses penyalaan sendiri terjadi disaat bahan bakar disemprotkan ke dalam ruang bakar yang berisi udara dengan temperatur dan tekanan tinggi, maka bahan bakar tersebut akan terbakar dengan sendirinya. Motor diesel disebut juga sebagai *compression ignition* (CI).

Proses dari motor bakar yang menggunakan bahan bakar bensin dapat diuraikan sebagai berikut:

1. Langkah Hisap.  
Piston bergerak dari TMA ke TMB. Pada saat itu katup masuk terbuka dan katup buang tertutup. Melalui katup masuk, campuran bahan bakar-udara terisap masuk ke dalam silinder.
2. Langkah Kompresi.  
Piston bergerak dari TMB ke TMA. Katup masuk tertutup dan katup buang tertutup. Campuran bahan bakar-udara yang terhisap tadi kini dimampatkan oleh torak yang bergerak ke TMA. Volume campuran bahan bakar-udara menjadi kecil ini akan menyebabkan tekanan dan temperatur gas di dalam silinder naik hingga campuran itu mudah sekali terbakar.
3. Langkah usaha  
Pada saat torak hampir mencapai TMA campuran bahan bakar-udara dinyalakan dengan bantuan percikan bunga api dari busi. Ini akan menyebabkan tekanan dan temperturnya naik. Sementara itu torak masih bergerak menuju TMA. Berarti volume ruang bakar menjadi semakin kecil sehingga tekanan dan temperatur gas di dalam silinder menjadi semakin tinggi. Hasil dari pembakaran ini akan mendorong torak menuju TMB. Pada saat langka ini berlangsung kedua katup dalam keadaan tertutup.
4. Langkah buang.  
Piston bergerak dari TMB ke TMA. Katup masuk tertutup katup buang terbuka. Gas bekas pembakaran didorong keluar oleh piston.

Bahan bakar adalah suatu bahan yang berfungsi sebagai sumber energi melalui proses pembakaran di dalam motor bakar. Saat ini di pasaran sangat banyak jenis bahan bakar yang kita jumpai, berbagai jenis ini dipergunakan untuk keperluan yang berbeda-beda sesuai dengan jenis bahan bakar tersebut. Namun bahan bakar yang paling sering kita jumpai di pasaran saat ini adalah bensin yang digunakan untuk mesin bensin dan solar yang digunakan untuk bahan bakar mesin diesel.

Di dalam motor bakar pembakaran dalam suatu proses pembakaran merupakan suatu proses yang sangat berpengaruh dan penting sekali untuk diperhatikan. Proses pembakaran yang terjadi di dalam ruang pembakaran merupakan suatu proses

penghasil panas yang nantinya digunakan untuk menghasilkan daya yang dibutuhkan. Besarnya daya yang dapat dikeluarkan dari energi panas ini tergantung dari besarnya silinder dan ruang bakar. Daya yang ditimbulkan oleh bahan bakar yang dibakar di dalam ruang bakar nantinya akan menggerakkan torak dan torak akan menggerakkan semua mekanisme yang ada (Soenarta, N. dan Furuhama, S., 2002).

Menurut Arends dan Berenschot, H. (1980), pada proses pembakaran ada beberapa hal yang dapat berpengaruh terhadap hasil dari pembakaran dan ini nantinya akan mempengaruhi dari kinerja mesin. Beberapa hal yang mempengaruhi itu adalah nilai oktan, penyetulan pengapian, panas busi, perbandingan kompresi, bentuk ruang bakar penempatan busi dan saluran buang.

Secara teoritis, proses pembakaran akan terjadi sempurna apabila udara yang tersedia adalah cukup sehingga semua unsur karbon menjadi karbon dioksida dan semua unsur hidrogen menjadi air, tapi kenyataannya proses pembakaran berlangsung tidak sempurna yaitu timbul unsur C, H<sub>2</sub>, CO, OH pada emisi gas buang yang menyebabkan polusi udara. Arismunandar, W. (1988) menunjukkan bahwa pada proses pembakaran yang terjadi dalam ruang bakar tergantung pada perbandingan udara dan bahan bakar, kepadatan campuran udara dan bahan bakar, jarak antara kedua elektroda dan temperatur campuran. Untuk mendapatkan kepadatan dari campuran dengan membuat aliran campuran bahan bakar dan udara yang turbulen sebelum masuk ruang bahan bakar.

Pada aliran laminar partikel-partikel fluida bergerak sepanjang lintasan-lintasan yang halus serta lancar dalam lapisan-lapisan. Dalam aliran laminar, kerja viskositas meredam kecenderungan turbulen. Aliran laminar cenderung tidak stabil dan akan berubah menjadi aliran turbulen pada kondisi viskositas yang rendah, kecepatan tinggi, atau laluan aliran yang besar. Pada aliran turbulen partikel-partikel fluida bergerak dalam lintasan-lintasan yang tidak teratur, dengan mengakibatkan pertukaran momentum dari satu bagian kebagian lainnya (Streeter dan Wylie, 1985).

Menurut Siswantoro, S. dan Harjono (2006) yang telah melakukan penelitian tentang pengaruh turbulator ini, didapatkan hasil bahwa alat ini dapat menghasilkan pusaran turbulensi aliran di dalam *intake manifold*, sehingga didapat campuran bahan bakar dan udara yang lebih homogen sehingga didapatkan pembakaran yang sempurna. Selain itu juga didapatkan fakta bahwa jenis turbulator dengan 2 bilah ternyata dapat menghasilkan pusaran aliran yang lebih baik, yang ditunjukkan dengan penurunan kebutuhan bahan bakar dan kadar CO dalam gas buang dibandingkan dengan bentuk bilah yang lebih banyak.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh variasi sudut kemiringan bilah pengarah aliran yang dipasang pada *intake manifold* terhadap unjuk kerja motor bensin yang meliputi besarnya torsi, daya, Brake Mean Effective Pressure (BMEP), konsumsi bahan bakar dan Specific Fuel Consumption (SFC) pada mesin yang dipakai di sepeda motor. Dengan penelitian ini diharapkan dapat mengetahui sudut kemiringan bilah yang tepat antara sudut 30°, 45°, 60° sehingga didapatkan unjuk kerja yang optimal.

Parameter yang menunjukkan unjuk kerja mesin antara lain torsi, daya, dan BMEP. Selain itu konsumsi bahan bakar dan SFC juga merupakan hal yang perlu diuji dan diketahui.

**Torsi**

Torsi adalah ukuran kemampuan mesin untuk melakukan kerja yang berupa putaran. Pada motor bakar, torsi ditunjukkan oleh momen pada *out put* poros engkol (*crank shaft*). Torsi merupakan perkalian antara gaya pada torak yang dihasilkan dari tekanan hasil pembakaran dikalikan dengan jari-jari lingkaran poros engkol. Semakin sempurna pembakaran suatu motor, maka torsi yang terbangkit akan semakin maksimal.

**Daya**

Yang dimaksud dengan daya pada motor adalah besar kerja motor yang dihasilkan oleh poros penggerak. Daya motor dapat dihitung dengan persamaan:

$$P = \frac{2 \cdot n \cdot T}{60.000} \text{ (kW)} \dots\dots\dots (1)$$

dengan :  
 n = putaran mesin (rpm) dan  
 T = torsi (Nm).

**BMEP**

Proses pembakaran bahan bakar dan udara menghasilkan tekanan yang bekerja pada torak sehingga menghasilkan langkah kerja. Besarnya tekanan tersebut berubah-ubah sepanjang langkah torak. Jika diambil suatu harga konstan untuk tekanan 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:

$$BMEP = \frac{60 \cdot P \cdot Z}{V \cdot n} \text{ (kPa)} \dots\dots\dots (2)$$

dengan :  
 P = daya mesin (kW),  
 Z = 2 untuk mesin 4 langkah atau 1 untuk mesin 2 langkah,  
 V = volume langkah torak dan  
 n = putaran mesin (rpm).

**SFC**

Konsumsi Bahan Bakar Spesifik (SFC) menyatakan laju konsumsi bahan bakar pada suatu motor bakar torak, yang dinyatakan dalam jumlah massa bahan bakar per satuan keluaran daya.

Besar SFC dapat dicari dengan persamaan:

$$SFC = \frac{m_b}{P} \text{ (kg/kW.h)} \dots\dots\dots (3)$$

dengan :  
 m<sub>b</sub> = konsumsi bahan bakar (kg/h)  
 P = daya mesin.

Sedangkan konsumsi bahan bakar sendiri dihitung dengan rumus:

$$m_b = \frac{b}{t} \cdot \frac{3600}{1000} \cdot \dots_{bb} \text{ (kg / h)} \dots\dots\dots (4)$$

dengan :  
 b = volume burret (cc),  
 t = waktu (detik)  
 bb = berat jenis bahan bakar (kg/l).

**METODE PENELITIAN**

**Bahan dan Peralatan**

Bahan yang digunakan dalam pengujian yaitu tiga buah turbulator sebagai pengarah aliran udara yang dipasang pada intake manifold, ditunjukkan pada Gambar 1. Turbulator dibuat dari pelat galvanis dengan ketebalan bahan 2 mm. Turbulator dibuat dengan jumlah bilah dua buah, diameter lingkaran turbulator 21 mm, lebar 10 mm, diameter lengkung bilah 21 mm dan besar sudut bilah masing-masing 30°, 45°, dan 60°.



Gambar 1. Turbulator dengan sudut kemiringan bilah 30°, 45°, dan 60°

Untuk pengujian unjuk kerja mesin dilaksanakan di Mototech, dengan peralatan-peralatan:

1. Dynotester, untuk mengukur daya dan torsi dari mesin.
2. Buret, untuk mengukur pemakaian bahan bakar.
3. Stopwatch, untuk mengukur waktu pemakaian bahan bakar.

Dalam pengujian ini, mesin yang digunakan adalah sepeda motor Yamaha Jupiter tahun 2007 dengan spesifikasi:

- Tipe Mesin: 4 Langkah, SOHC, 2 Klep
- Diameter x Langkah : 51 x 54 mm
- Volume Silinder : 110,3 cc
- Perbandingan Kompresi : 9,3 : 1
- Filter Udara Mesin : Tipe kering
- Tipe Transmisi : Tipe Rotary 4 Kecepatan (N-1-2-3-4-N)

**Prosedur pengujian**

Pengarah aliran atau turbulator dipasang pada intake manifold mesin sepeda motor. Untuk pengujian torsi dan daya mesin menggunakan alat dinotester. Untuk pengujian konsumsi bahan bakar dapat dilakukan bersamaan dengan pengujian torsi dan daya.

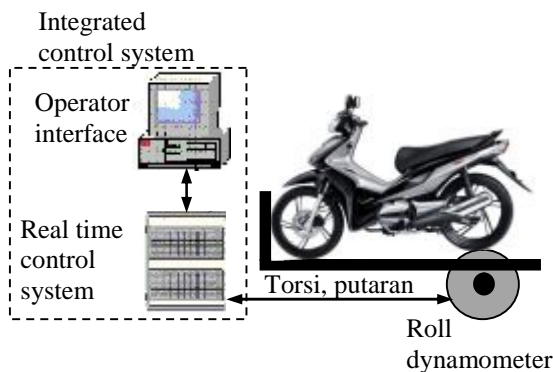
Untuk memperoleh data-data pengujian, langkah-langkah yang dilakukan adalah sebagai berikut:

1. Letakkan motor di atas dynotester dengan posisi roda belakang di atas roller.
2. Nyalakan mesin sampai pada putaran yang ideal, Setelah putaran ideal sudah didapatkan maka dilanjutkan dengan membaca instrumen pada dinotester, kemudian tarik gas sampai putaran maksimum, lepas gas setelah mencapai putaran maksimum. Pada pengujian ini akan didapat daya dan torsi sebagai fungsi dari putaran mesin. Data daya dan torsi akan tersimpan di komputer.
3. Setelah itu dilanjutkan dengan uji konsumsi bahan bakar. Pengujian ini dilakukan dengan mengukur bahan bakar yang terpakai selama 2 menit.
4. Pengujian diulangi untuk sudut bilah yang lain.
5. Untuk pembandingan, pengujian dilakukan juga pada sepeda motor standard, yaitu yang tidak dipasang turbulator pada intake manifoldnya

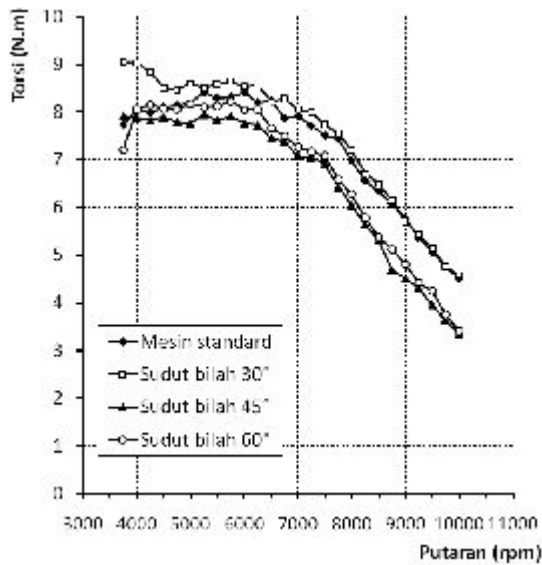
**HASIL DAN PEMBAHASAN**

**Pengujian Torsi**

Dari hasil pengujian torsi diperoleh data yang disajikan dalam bentuk grafik sebagai berikut:



Gambar 2. Skema dynotester

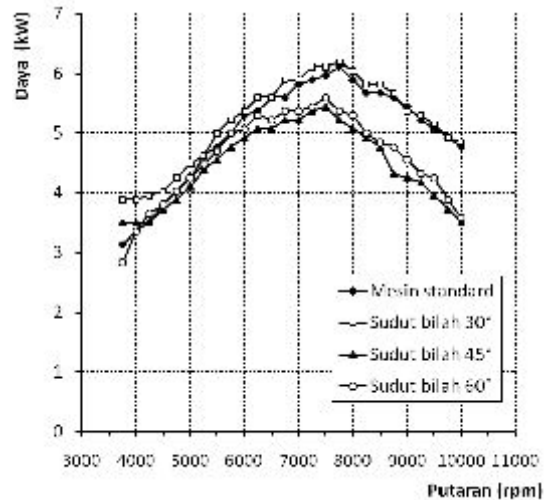


Gambar 3. Grafik hubungan torsi dan putaran mesin

Pada Gambar 3 di atas menunjukkan besarnya torsi yang dihasilkan oleh mesin motor standard tanpa turbulator dan mesin motor yang menggunakan turbulator dengan sudut kemiringan bilah 30°, 45°, dan 60° cenderung mengalami penurunan dengan bertambahnya putaran mesin. Jika dibandingkan, mesin dengan menggunakan turbulator dengan sudut kemiringan bilah 30° memiliki rata-rata torsi paling tinggi diantara sampel yang lainnya. Ini berarti turbulator dengan sudut bilah 30° menghasilkan pencampuran bahan bakar dan udara paling baik. Torsi tertinggi dari turbulator dengan sudut bilah 30° didapat pada putaran mesin 3750 rpm yaitu sebesar 9,05 Nm. Sementara, turbulator dengan sudut bilah 45° memiliki rata-rata torsi paling rendah dibanding sampel lainnya. Hal ini ada kemungkinan bahwa dengan sudut bilah yang lebih besar dari 30°, akan menyebabkan aliran campuran bahan bakar dan udara menjadi terhambat. Torsi yang dihasilkan oleh motor standard masih lebih tinggi dibandingkan motor dengan turbulator dengan sudut bilah 60°.

**Pengujian Daya**

Daya yang dihasilkan mesin baik pada mesin tanpa turbulator maupun dengan turbulator ditunjukkan pada gambar berikut:



Gambar 4. Grafik hubungan daya mesin dan putaran mesin

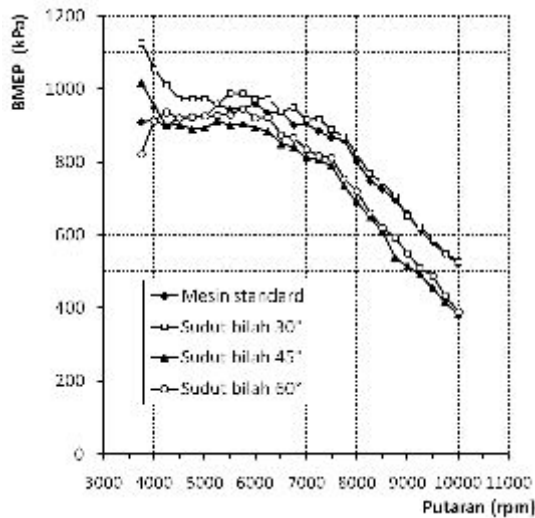
Setelah data dari hasil pengujian dikelompokkan, maka akan didapat beberapa perbedaan seperti terlihat pada Gambar 4. Pada grafik tersebut, dari empat pengujian yaitu pengujian pada mesin standar dan mesin dengan menggunakan turbulator dengan sudut kemiringan bilah masing-masing 30°, 45°, dan 60° dapat dilihat bahwa mesin dengan menggunakan turbulator dengan sudut kemiringan bilah sebesar 30° secara keseluruhan menghasilkan daya paling besar diantara sampel pengujian yang lain, baik pada saat putaran rendah hingga putaran tertinggi.

Pada turbulator dengan sudut kemiringan bilah 30°, didapat daya terbesar pada putaran mesin 7750 rpm sebesar 6,19 kW. Kemudian secara berurutan mesin standard menghasilkan daya lebih kecil dengan daya maksimum sebesar 6,11 kW pada putaran 7750 rpm, disusul dengan penggunaan turbulator dengan sudut bilah 60° yaitu 5,59 kW pada putaran 7500 rpm, dan turbulator dengan sudut 45° menghasilkan daya maksimum paling rendah, yaitu 5,44 kW pada putaran mesin 7500 rpm.

**Tekanan Efektif Rata-rata/BMEP (Break Mean Effective Pressure)**

Tekanan efektif rata-rata (*Brake Mean Effective Pressure*) merupakan tekanan rata-rata yang bekerja pada piston selama langkah kerja. BMEP dipengaruhi oleh daya dan putaran mesin. Dari pengolahan data daya

dan putaran, diperoleh grafik hubungan BMEP dan putaran sebagai berikut:

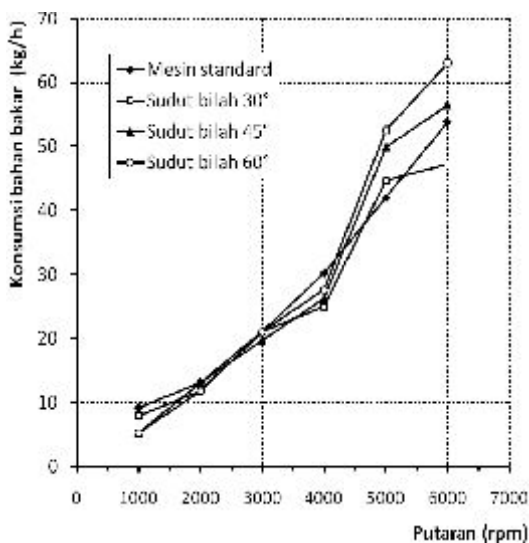


Gambar 5. Grafik hubungan BMEP dan putaran mesin

Dari gambar di atas tampak bahwa tren perubahan BMEP terhadap putaran mesin hampir sama dengan grafik torsi terhadap putaran mesin. Seperti hasil pengujian torsi dan pengujian daya, turbulator dengan sudut kemiringan bilah 30° menghasilkan BMEP yang paling tinggi, sedangkan turbulator dengan sudut kemiringan bilah 45° menghasilkan BMEP yang paling rendah.

**Pengujian Konsumsi Bahan Bakar**

Hasil pengujian konsumsi bahan bakar adalah seperti gambar berikut:



Gambar 6. Grafik hubungan konsumsi bahan bakar dan putaran mesin

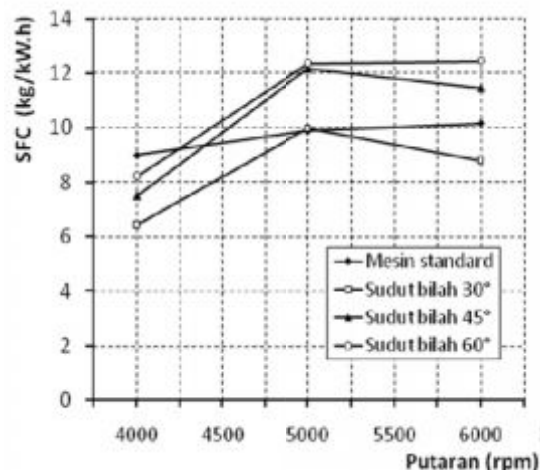
Bahan bakar merupakan salah satu unsur terpenting dalam kinerja mesin motor bakar, dimana pada hasil uji coba ini konsumsi bahan yang diperlihatkan pada gambar 6.

Secara umum konsumsi bahan bakar akan naik seiring naiknya putaran mesin. Hal ini karena semakin tinggi putaran mesin, maka bahan bakar yang frekuensi langkah isap mesin juga semakin tinggi. Dari grafik konsumsi bahan bakar terhadap putaran terlihat bahwa kenaikan konsumsi bahan bakar pada putaran 4000 rpm sampai 6000 rpm lebih tinggi dari kenaikan konsumsi bahan bakar pada putaran 1000 rpm sampai 4000 rpm

Secara rata-rata, konsumsi bahan bakar pada mesin yang menggunakan turbulator dengan sudut bilah 30° adalah yang paling rendah, diikuti oleh mesin standar dan mesin yang menggunakan turbulator dengan sudut bilah 45°. Sedangkan mesin yang menggunakan turbulator dengan sudut bilah 60° memiliki konsumsi bahan bakar yang paling tinggi.

**Specific Fuel Consumption**

Berdasarkan hasil pengolahan data daya dan konsumsi bahan bakar pada putaran 4000 rpm sampai 6000 rpm, diperoleh grafik *specific fuel consumption (SFC)* seperti di bawah ini:



Gambar 7. Grafik hubungan SFC dan putaran mesin

Dari gambar di atas diketahui bahwa semakin tinggi putaram mesin, SFCnya

cenderung mengalami peningkatan juga, kecuali untuk mesin yang menggunakan turbulator dengan sudut bilah 30°. Bila keempat variasi pengujian dibandingkan, maka mesin yang menggunakan turbulator dengan sudut bilah 30° mempunyai harga rata-rata SFC yang paling rendah. Harga SFC yang rendah ini menunjukkan bahwa energi yang terkandung di dalam bahan bakar sebagian besar diubah menjadi daya.

### KESIMPULAN

Dari data hasil pengujian dan analisa yang telah dilakukan, maka dapat ditarik kesimpulan bahwa pemakaian pengarah aliran (*turbulator*) pada *intake manifold* dengan sudut bilah 30° memiliki pengaruh paling baik terhadap unjuk kerja mesin. Hal ini ditunjukkan dari hasil pengujian torsi dan daya serta perhitungan BMEP yang mempunyai harga rata-rata paling tinggi. Selain itu ditunjukkan juga oleh konsumsi bahan bakar dan *specific fuel consumption (SFC)* yang lebih rendah dibanding dengan yang lain.

Sementara, mesin yang menghasilkan torsi, daya dan BMEP terendah adalah mesin yang menggunakan turbulator dengan sudut bilah 45°. Selain itu, mesin yang konsumsi bahan bakar dan SFCnya paling tinggi adalah

mesin yang menggunakan turbulator dengan sudut bilah 60°.

### DAFTAR PUSTAKA

- Arends, BPM. dan Berenschot, H., 1980, **Motor Bensin**, terjemahan Umar Sukrisno, Erlangga, Jakarta.
- Arismunandar, W., 1988, **Penggerak Mula Motor Bakar Torak**, ITB Press, Bandung.
- Siswantoro, S. dan Harjono, 2006, *Pengaruh Pengarah Aliran Pada Intake Manifold Sepeda Motor Terhadap Emisi Gas Buang*, Media Teknik, Yogyakarta
- Soenarta, N. dan Furuhamas, S., 2002, **Motor Serbaguna**, cetakan ke tiga, Pradnya Peramita, Jakarta.
- Steer, V.L. Dan Wylie, E.B., 1985, **Fluid Mechanics**, 8th edition, Mc Graw Hill Inc, New York