

DINAMOMETER GENERATOR AC 10 KW PENGUKUR UNJUK KERJA MESIN SEPEDA MOTOR 100 CC

Budi Santoso^{1,a,*}, Bramantyo Gilang^{1,b}, dan D. Danardono^{1,c}

¹Program Studi Teknik Mesin, Universitas Sebelas Maret

Jl. Ir. Sutami 36A Ketingan Surakarta Indonesia

^{a,*}msbudis@yahoo.co.id, ^bbramogers@gmail.com, ^ddanar1405@gmail.com

Abstrak

Torsi, *break power*, *break mean effective pressure (BMEP)*, *brake spesific fuel consumption (BSFC)* dan efisiensi termal untuk mesin sepeda motor tidak dapat diukur dengan dinamometer yang berkapasitas besar karena hasil yang dicapai tidak presisi. Tujuan penelitian ini adalah mengukur unjuk kerja mesin sepeda motor. *ETB* yang digunakan dibangun dari Generator AC yang dimodifikasi. *ETB* dilengkapi dengan papan lampu sebagai beban generator, pengukur torsi dan alat pengukur laju bahan bakar. *Brake power* dan efisiensi termal meningkat ketika putaran mesin meningkat. Nilai *BSFC* semakin menurun dengan semakin bertambahnya putaran mesin. Nilai *BMEP* cenderung tetap seiring bertambahnya putaran mesin. Pengukuran unjuk kerja mesin sepeda motor dengan dinamometer generator AC yang dimodifikasi menunjukkan hasil yang baik.

Kata kunci: Dinamometer, Generator AC, Engine test bed, Motor bakar, Unjuk kerja

Pendahuluan

Saat ini, *engine test bed (ETB)* untuk mesin medium dan besar dikembangkan dengan pesat, tetapi *ETB* tersebut dirasa kurang cocok karena hanya akan membuat pemborosan dalam biaya investasi dan operasi. *ETB* yang berkapasitas kecil perlu dikembangkan, khususnya untuk pengujian mesin sepeda motor. Pengukuran unjuk kerja suatu mesin bertujuan untuk: [1]

1. Mengetahui performa mesin sebelum diproduksi secara massal dan penyesuaian pada kendaraan untuk pemasangan.
2. Meningkatkan desain dan konfigurasi, untuk mengintegrasikan material baru dan teknologi.
3. Mengetahui daya dan konsumsi bahan bakar, efektivitas pendinginan, getaran dan kebisingan, pelumasan, kemudahan dalam pengemudian, dan sebagainya.
4. Menyesuaikan dengan regulasi modern untuk mesin guna mengurangi emisi berbahaya, sehingga regulasi yang ketat terpenuhi.

Pengukuran unjuk kerja mesin kecil atau yang sangat kecil adalah hal yang sulit. Meskipun penggunaan *engine test bed* untuk mesin besar memang memungkinkan

digunakan untuk menguji mesin kecil, tapi hasilnya tidak akan mencukupi karena hasil performanya akan menjadi tidak presisi. Biasanya studi unjuk kerja mesin kecil dilakukan melalui simulasi, meskipun hasilnya dapat diprediksi tapi hasil yang sempurna akan didapat melalui metode eksperimental [2].

Dinamometer adalah suatu mesin yang digunakan untuk mengukur torsi (*torque*) dan daya (*power*) yang diproduksi oleh suatu mesin motor atau penggerak berputar lain [3]. Prinsip kerja dari dinamometer adalah mesin uji dikopel pada poros dinamometer. Pada poros tersebut terpasang *rotor* sehingga mesin uji akan memutar *rotor*. Pada saat *rotor* berputar maka *housing* generator (*stator*) akan mengalami gerakan akibat adanya putaran dari mesin. Generator akan diberi tuas (lengan torsi) sebagai penahan agar *housing* dinamometer tidak ikut berputar. Ujung lengan torsi dihubungkan pada neraca pegas yang mengait pada rangka bawah. Ketika dinamometer beroperasi maka akan menarik neraca pegas dan terukur skala pembebanan. Selanjutnya nilai dari skala pembebanan tersebut digunakan untuk menghitung torsi dinamometer. Beban listrik pada dinamometer generator disuplai dari hasil keluaran

generator. Kekuatan elektromagnetik menolak gerakan rotasi rotor. Beban keluaran untuk dinamometer biasanya berupa pemanas udara atau air dingin.

Pengukuran unjuk kerja mesin meliputi torsi, daya, *BMEP*, *BSFC* dan efisiensi termal. Daya efektif yang dihasilkan akan semakin naik, hal ini disebabkan karena daya efektif berbanding lurus dengan beban sehingga apabila beban meningkat maka daya efektif yang dihasilkan akan meningkat pula. Besar daya efektif dipengaruhi juga oleh besar putaran pada poros. Semakin besar putaran poros maka akan semakin besar pula daya efektif yang dihasilkan [4].

Konsumsi bahan bakar spesifik didefinisikan sebagai jumlah bahan bakar yang dikonsumsi per satuan daya per jam operasi. *BSFC* semakin menurun seiring dengan bertambahnya putaran mesin. Hal ini terjadi karena pada putaran rendah seperti 2000-4000 rpm komposisi campuran bahan bakar-udara yang terjadi terlalu kaya akibat pembebanan yang semakin besar pada dinamometer, sehingga banyak bahan bakar yang tidak terbakar. Dengan meningkatnya putaran mesin maka udara yang masuk semakin banyak sehingga pencampuran udara-bahan bakar semakin baik sehingga *BSFC* menurun [5].

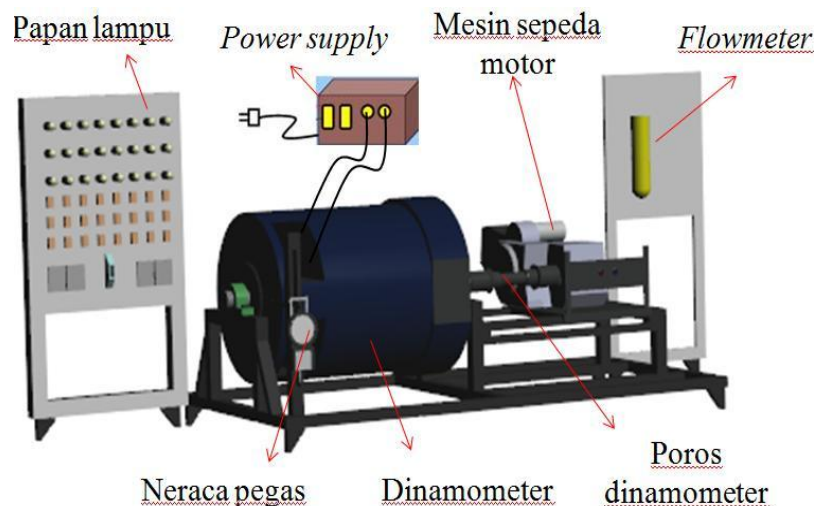
Nilai *BMEP* dipengaruhi oleh nilai daya efektif dan putaran mesin. Secara teori apabila daya efektif mengalami kenaikan pada putaran yang sama, maka *BMEP* juga akan mengalami kenaikan. Hal ini terjadi karena

sesuai dengan rumus bahwa *BMEP* berbanding lurus dengan daya efektif. Begitu juga sebaliknya, apabila daya efektif mengalami kenaikan dan putaran mesin juga naik, tetapi persentase kenaikan daya efektif lebih rendah dari kenaikan putaran mesin, maka *BMEP* akan mengalami penurunan [6].

Pengujian (*small engine*) menggunakan dinamometer generator AC yang didesain sedemikian rupa sehingga menjadi *small engine test bed*. Generator dimodifikasi menjadi dinamometer yang memberi pembebanan pada mesin sepeda motor. Dinamometer menggunakan *generator type dyno* karena murah, mudah dikontrol dan daya yang dihasilkan cukup besar [7]. Uji unjuk kerja mesin berupa torsi, daya, *Break Mean Effective Pressure (BMEP)*, *Break Specific Fuel Consumption (BSFC)* dan efisiensi termal.

Metodelogi

Alat ini digunakan untuk mengetahui unjuk kerja mesin uji. Alat ini terdiri dari mesin uji dan dinamometer generator yang dihubungkan dengan poros. Alat *engine test bed* ditunjukkan pada Gambar 1. Generator listrik perlu dimodifikasi sehingga dapat mengatur besarnya tegangan pada magnet. Modifikasi tersebut berupa pembuatan suatu rangkaian *power supply* yang terdiri dari *regulator voltage*, trafo, elco, dioda, dan sekering.



Gambar 1. *Engine test bed*

Variasi pengujian pada pembebanan dinamometer 1 kg, 2 kg, dan 3 kg dengan putaran mesin 2500-6000 rpm tiap beban. Pembebanan dinamometer menggunakan lampu dengan daya maksimum 2600 W. Besar pembebanan ditunjukkan oleh skala pada neraca pegas. Konsumsi bahan bakar dihitung dengan mengukur waktu konsumsi bahan bakar per sepuluh mililiter menggunakan *flowmeter*. Putaran mesin diukur menggunakan *digital tachometer*. Arus dan tegangan diukur menggunakan *digital multistester*. Motor bakar yang digunakan sebagai mesin pembakaran dalam adalah mesin sepeda motor dengan spesifikasi berikut: [8]

- Tipe *engine* : 4 langkah, SOHC, *air-cooled*
- Diameter x langkah : 50 x 49,5 mm
- Volume langkah : 97,1 cc
- Rasio kompresi : 9,0 : 1
- Daya maksimum : 7,3 PS/8.000 rpm
- Torsi maksimum : 0,74 kgf.m/6.000 rpm
- Kapasitas minyak pelumas : 0,70 liter pada penggantian periodik
- Jenis kopling : Ganda, otomatis sentrifugal, tipe basah
- Gigi transmisi : 4 kecepatan, bertautan tetap
- Aki : 12 V; 3,5 Ah
- Busi : NGK C6HSA
- Sistem pengapian : AC-CDI, Magneto
- Pemasukan Bahan Bakar : Karburator

1. Torsi dan daya

Torsi yang dihasilkan suatu mesin dapat diukur dengan menggunakan dinamometer yang dikopel dengan poros *output* mesin. Torsi dihitung dengan menggunakan Pers. (1).

$$\text{Torsi} = F \cdot R \quad (1)$$

dimana:

F = Gaya tarik (N)

R = Panjang lengan gaya (m)

Daya yang dihasilkan keluaran poros ini sering disebut sebagai daya rem (*Brake Power*) dan dihitung dengan menggunakan Pers. (2).

$$P_B = W = (T \cdot 2\pi \cdot N)/60 \quad (2)$$

dimana:

P_B = Break power (Watt)

N = Putaran mesin (rpm)

T = Torsi (N.m)

2. Tekanan efektif rata-rata (*BMEP*)

Tekanan di dalam silinder pada suatu mesin berubah secara terus menerus sepanjang siklus. Perlu adanya suatu harga tekanan tertentu yang konstan apabila mendorong torak sepanjang langkahnya. Tekanan ini dinamakan tekanan efektif rata-rata rem (*Break Mean Effective Pressure*), seperti ditunjukkan pada Pers. (3).

$$\text{BMEP} = \text{Kerja}/\text{Volume} \quad (3)$$

$$= (60 \cdot W \cdot nR)/Vd \cdot N$$

dimana:

BMEP = Tekanan efektif rata-rata (kPa)

Vd = Volume langkah (m³)

nR = jumlah revolusi per siklus, untuk mesin 2 langkah $nR = 1$ dan mesin 4 langkah $nR = 2$

N = putaran mesin (rpm)

3. Konsumsi bahan bakar spesifik (*BSFC*)

Break Specific Fuel Consumption (BSFC) adalah konsumsi bahan bakar spesifik didefinisikan sebagai jumlah bahan bakar yang dikonsumsi per satuan daya per jam operasi, seperti yang ditunjukkan pada Pers. (4).

$$\text{BSFC} = m_f / P_B \quad (4)$$

$$m_f = (V \cdot \gamma)/t$$

dimana:

BSFC = Konsumsi bahan bakar spesifik (gr/kw.h)

m_f = Laju aliran bahan bakar (kg/s)

V = Volume bahan bakar (L)

t = waktu untuk menghabiskan bahan bakar (s)
 γ = densitas bahan bakar, untuk bensin $\gamma = 0.741$ kg/L

4. Efisiensi termal

Efisiensi termal suatu mesin didefinisikan sebagai perbandingan kerja yang dihasilkan oleh mesin dengan energi yang masuk dari pembakaran bahan bakar didalam silinder, seperti yang ditunjukkan pada Pers. (5).

$$\eta_t = P_B / (m_f \cdot Q_{HV}) \quad (5)$$

dimana:

η_t = Efisiensi termal

Q_{HV} = Heating value bahan bakar, untuk bensin $Q_{HV} = 43,5$ MJ/kg [9].

Nilai dari *brake power* juga meningkat seiring bertambahnya beban dinamometer. Pada beban 1 kg, rentang nilai *brake power* adalah 0,270-0,626 kW. Sedangkan pada beban 2 kg, *brake power* memiliki rentang nilai 0,557-1,295 kW dan pada beban 3 kg adalah 0,802-1,927 kW. Hal ini terjadi karena putaran mesin sepeda motor berbanding lurus dengan *brake power* sehingga akan meningkat seiring kenaikan putaran mesin sepeda motor. Semakin tinggi putaran mesin maka semakin banyak langkah kerja yang dialami pada waktu yang sama. Peningkatan torsi sebanding dengan beban dinamometer sehingga tiap beban dinamometer naik maka torsi pun akan meningkat. Daya efektif berbanding lurus dengan beban sehingga apabila beban meningkat maka daya efektif yang dihasilkan akan meningkat pula [4].

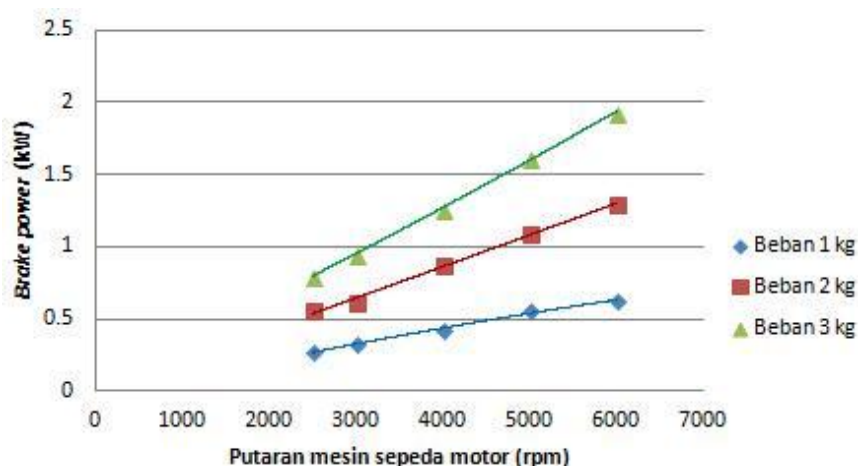
Hasil

a. Pengaruh Beban Dinamometer Terhadap Brake Power

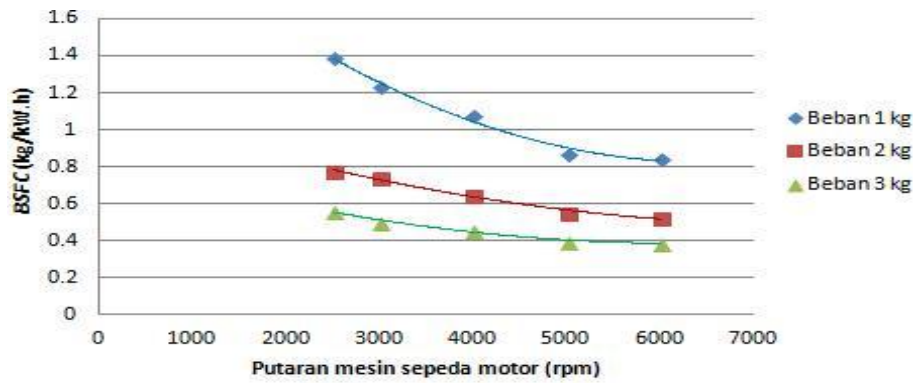
Brake power meningkat seiring dengan meningkatnya putaran mesin sepeda motor. Nilai *brake power* tertinggi didapat pada 6000 rpm di tiap beban. Pada beban 1 kg, nilai *brake power* tertinggi adalah 0,626 kW. Sedangkan pada beban 2 kg dan 3 kg berturut-turut adalah 1,295 kW dan 1,927 kW. Hubungan antara beban dinamometer terhadap *brake power* ditunjukkan pada Gambar 2.

b. Pengaruh Beban Dinamometer Terhadap BSFC

Nilai *BSFC* semakin menurun dengan semakin bertambahnya putaran mesin sepeda motor. Gambar 3 menunjukkan hubungan antara beban dinamometer terhadap *BSFC* (*Brake Spesific Fuel Comsumption*). Nilai *BSFC* tertinggi didapat pada 2500 rpm di tiap beban. Nilai *BSFC* tertinggi pada beban 1 kg adalah 1,390 kg/kW.h. Sedangkan pada beban 2 kg dan 3 kg berturut-turut adalah 0,773 kg/kW.h dan 0,561 kg/kW.h.



Gambar 2. Grafik pengaruh beban dinamometer terhadap *brake power*



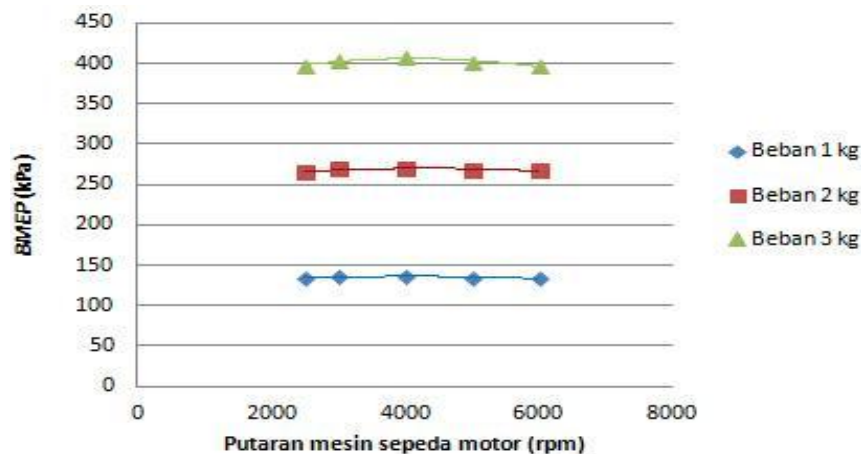
Gambar 3. Grafik pengaruh beban dinamometer terhadap *BSFC*

Nilai dari *BSFC* juga semakin menurun seiring bertambahnya beban dinamometer. Pada beban 1 kg, rentang nilai *BSFC* menurun dari 1,390-0,841 kg/kW.h. Sedangkan pada beban 2 kg, rentang nilai *BSFC* menurun dari 0,773-0,523 kg/kW.h dan pada beban 3 kg menurun dari 0,561-0,386 kg/kW.h.

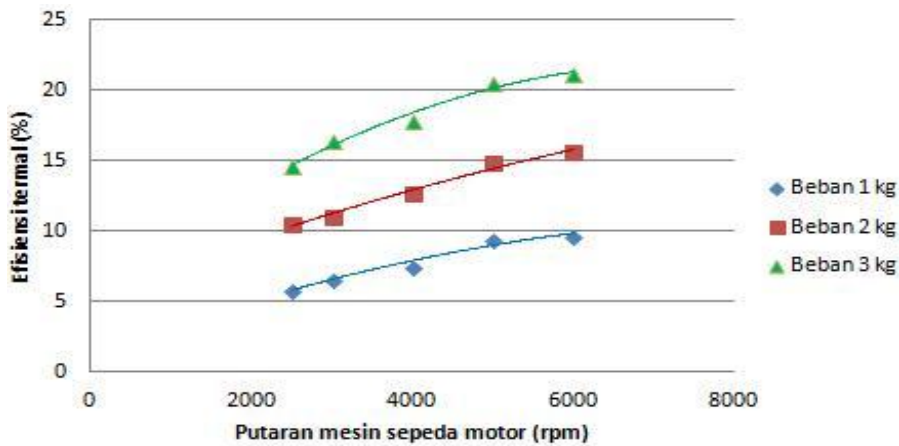
Semakin meningkatnya putaran mesin sepeda motor maka daya yang dihasilkan akan semakin besar sehingga *BSFC* menurun seiring dengan kenaikan putaran mesin sepeda motor. Dengan meningkatnya putaran mesin maka udara yang masuk semakin banyak sehingga campuran bahan bakar dengan udara menjadi semakin baik [5]. Hal ini menyebabkan pembakaran yang lebih baik sehingga daya yang dihasilkan dari energi pembakaran besar dan *BSFC* akan menurun.

c. Pengaruh Beban Dinamometer Terhadap *BMEP*

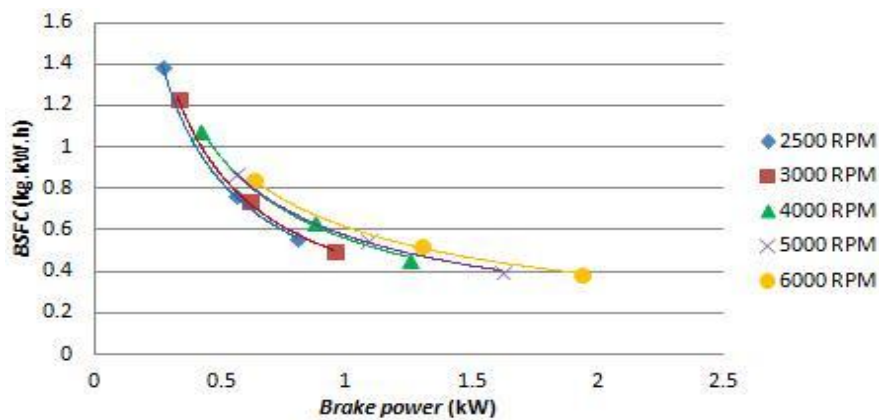
Gambar 4 menunjukkan hubungan antara beban dinamometer terhadap *BMEP* (*Brake Mean Effective Pressure*). Nilai *BMEP* meningkat dengan semakin bertambahnya beban dinamometer tapi cenderung merata seiring bertambahnya putaran mesin sepeda motor. Pada beban 1 kg, nilai *BMEP* terendah adalah 133,359 kPa dan tertinggi 136,368 kPa. Pada beban 2 kg memiliki nilai terendah pada 264,765 kPa dan tertinggi 269,577 kPa, sedangkan pada beban 3 kg memiliki nilai 396,268 kPa untuk yang terendah dan tertinggi pada 407,599 kPa. Nilai *BMEP* terendah pada 2500 rpm dan tertinggi pada 4000 rpm untuk masing-masing beban dinamometer. Energi hasil pembakaran yang kecil menyebabkan tekanan hasil pembakaran menjadi kecil sehingga *BMEP* juga menjadi rendah.



Gambar 4. Grafik pengaruh beban dinamometer terhadap *BMEP*



Gambar 5. Grafik pengaruh beban dinamometer terhadap efisiensi termal



Gambar 6. Grafik pengaruh beban dinamometer terhadap efisiensi termal

Grafik *BMEP* dipengaruhi oleh nilai daya (*brake power*) dan putaran mesin. Bila daya mengalami kenaikan pada putaran yang sama, maka *BMEP* juga akan mengalami kenaikan. Begitu juga sebaliknya, apabila daya mengalami kenaikan dan putaran mesin juga naik, tetapi persentase kenaikan daya lebih rendah dari kenaikan putaran mesin, maka *BMEP* akan mengalami penurunan [6].

d. Pengaruh Beban Dinamometer Terhadap Efisiensi Termal

Gambar 5 menunjukkan hubungan antara beban dinamometer terhadap efisiensi termal. Seiring meningkatnya putaran mesin sepeda motor, maka efisiensi termal juga semakin meningkat. Nilai efisiensi termal tertinggi didapat pada 6000 rpm dan terendah pada 2500 rpm di tiap beban dinamometer. Nilai efisiensi termal tertinggi pada beban 1 kg adalah 9,73 %.

Sedangkan pada beban 2 kg dan 3 kg berturut-turut adalah 15,65 % dan 21,17 %.

Seiring bertambahnya beban dinamometer, maka nilai efisiensi termal juga semakin meningkat. Pada beban 1 kg, nilai efisiensi termal berada pada kisaran 5,86-9,73%. Sedangkan pada beban 2 kg dan 3 kg berturut-turut pada rentang 10,58-15,65% dan 14,59-21,17%. Apabila beban bervariasi naik maka efisiensi termal yang dihasilkan juga akan semakin meningkat. Hal ini disebabkan karena nilai efisiensi termal berbanding lurus dengan torsi, sementara besarnya nilai torsi dipengaruhi oleh besarnya beban dinamometer [4].

e. Hubungan Antara Brake Power Dengan BSFC Pada Putaran Mesin Sepeda Motor

Break power yang dihasilkan akan semakin menurun bila konsumsi bahan bakar

spesifik semakin besar. Pemakaian bahan bakar spesifik tertinggi adalah 1,390 kg/kW.h pada 2500 rpm sedangkan pemakaian bahan bakar spesifik terendah adalah 0,386 kg/kW.h pada 6000 rpm. Semakin bertambahnya putaran mesin sepeda motor maka konsumsi bahan bakar spesifik akan semakin rendah. Hal tersebut menunjukkan bahwa pada putaran mesin yang lebih tinggi maka pemakaian bahan bakar akan semakin rendah dan menghasilkan daya poros yang semakin besar. Pada Gambar 6, hal tersebut ditunjukkan pada 6000 rpm, untuk menghasilkan daya sebesar 1,927 kW hanya membutuhkan pemakaian bahan bakar sebanyak 0,386 kg/kW.h. Bila dibandingkan pada 5000 rpm, daya yang dihasilkan lebih kecil yaitu 1,619 kW tetapi bahan bakar yang dikonsumsi lebih banyak yaitu 0,398 kg/Kw.h. Hubungan antara *brake power* dengan *BSFC* dari tiap putaran mesin sepeda motor ditunjukkan pada Gambar 6.

Kesimpulan

Kesimpulan dari penelitian ini adalah:

1. Peningkatan beban dinamometer dari 1-3 kg menghasilkan peningkatan *brake power* dari rentang 0,27 kW-1,927 kW dan efisiensi termal dari rentang 5,86 %-21,17 % pada pengujian 2500-6000 rpm.

2. Peningkatan *break power* dari 0,27 kW-1,927 kW menghasilkan penurunan nilai *BSFC* dari 1,39 kg/kW.h-0,386 kg/kW.h pada pengujian 2500-6000 rpm.

Daftar Pustaka

- [1] Sussex, U. o. (2014). *Engine Testing Overview*. United Kingdom: University of Sussex.
- [2] Razali, R. (2009). *Two Stroke Small Engine Test Rig Design and Its Engine*. Malaysia: University Malaysia Pahang.
- [3] Martyr, A., & Plint, M. (2007). *Engine Testing, 3rd Edition*. USA: SAE International; 3rd edition.
- [4] Budi, T., Burlian, F., & Thamrin, S. (2010). Analisa Perbandingan Penggunaan Bahan Bakar Jenis Premium dan Pertamina Terhadap Karakteristik Motor Roda Dua 125 cc Tahun 2007. *EPrints*, 1.
- [5] Saepudin, A., Marijo, & Komarudin, M. (2005). Pengujian Kinerja Motor Bensin Dengan Bahan Bakar Premium dan Pertamina. *Berita Teknologi Bahan dan Barang Teknik No. 19*, 46.
- [6] Machmud, S., Suroho, U., & Sitorus, L. (2013). Pengaruh Variasi Unjuk Derajat Pengapian Terhadap Kinerja Mesin. *Jurnal Teknik Vol.3 No.1*, 58.
- [7] Gitano-Briggs, D. H. (2008). *Dynamometry and Testing of Internal Combustion Engines*. Malaysia: University Science Malaysia.