

STUDI EKSPERIMENTAL PENGARUH PENAMBAHAN BIOETANOL PADA BAHAN BAKAR PERTAMAX TERHADAP UNJUK KERJA MOTOR BENSIN

Joko Winarno

Dosen Jurusan Teknik Mesin Fakultas teknik Universitas Janabadra
Jl. TR. Mataram No. 55 – 57 Yogyakarta 55231 Telp./Fax : (0274) 543676
E-Mail : hjwinarno25@yahoo.com

ABSTRACT

An experimental study was conducted to investigate the effect of bioethanol blending in pertamax to the performance of four-stroke spark ignition engine. The engine was tested in dynamometer bench. The performance parameters investigated were torque, brake power and specific fuel consumption (SFC). The engine performance test used pertamax 100% (E 0), pertamax 95%-bioethanol 5% (E 5), pertamax 90%-bioethanol 10% (E 10), pertamax 85%-bioethanol 15% (E 15), pertamax 80%-bioethanol 20% (E 20). The experimental results showed that torque and brake power were higher when pertamax-bioethanol blending was used as fuel on low to medium engine speeds for all cases investigated. The highest torque and brake power was reached when the engine fueled by E 20. On the other hand, for high engine speeds, torque and brake power were reduced by increasing percentage of bioethanol, even E 15 % and E 20% were lower than E 0. In this engine speeds, the highest torque and brake power was reached when the engine fueled by E 5. The results also showed that the use of pertamax-bioethanol blend caused lower SFC throughout all the engine speeds range studied. The lowest SFC power was reached when the engine fueled by E 2.

Keyword : *pertamax, bioethanol, torque, brake power, SFC*

PENDAHULUAN

Motor bakar torak merupakan mesin dengan pembakaran dalam atau *Internal Combustion Engine* (ICE) di mana pada saat sekarang ini banyak digunakan untuk berbagai keperluan terutama di bidang transportasi. Peranannya di bidang transportasi sangatlah besar, karena hampir semua kendaraan terutama yang beroperasi di darat menggunakan motor bakar torak sebagai penggerakannya. Penggunaan motor bakar yang besar ini disebabkan oleh banyak pekerjaan yang dapat diselesaikan dengan mudah dan cepat dengan bantuan motor bakar.

Kemajuan teknologi pada Industri Otomotif (kendaraan bermotor) dewasa ini sudah memasuki tahap penggunaan bahan bakar alternatif, di mana bahan bakar tersebut harus ekonomis, emisi yang dihasilkan aman bagi lingkungan dan memiliki nilai oktan yang tinggi. Dengan adanya dampak negatif yang ditimbulkan oleh pemakaian bensin yang

mengandung timbal (TEL) terhadap lingkungan, maka penggunaan bensin dengan TEL sebagai bahan bakar motor bensin juga perlu dicarikan alternatif bahan bakar lain yang lebih aman. Untuk maksud tersebut, dapat digunakan bahan bakar jenis premix, pertamax dan pertamax plus (Pitrajaya, 2008).

Sementara itu dengan semakin menipisnya cadangan bahan bakar minyak (BBM) yang merupakan bahan bakar fosil yang menurut sifatnya termasuk bahan bakar tak-terbaharukan, penggunaan bahan bakar alternatif menjadi sangat penting dan tidak dapat dihindarkan lagi jika tidak ingin terjadi krisis energi yang sangat serius. Salah satu bahan bakar alternatif yang dapat digunakan adalah bioethanol. Penggunaan bioethanol sebagai bahan bakar alternatif ini diharapkan di satu sisi dapat mengurangi dampak emisi gas buang kendaraan dan di sisi lain dapat mensubstitusi BBM.

Namun demikian. Bioethanol sebagai salah satu bahan bakar alternatif masyarakat belum diterapkan sama sekali karena masih dalam tahap penelitian dan uji coba. Padahal

di Indonesia, banyak sekali sumber daya alam hayati yang dapat digunakan sebagai bahan baku untuk memproduksi bioetanol. Penggunaan etanol sebagai bahan bakar didasari oleh sifat etanol murni yang cukup mudah terbakar dan memiliki kalor-bakar netto besar, yakni 21 MJ/liter (kira-kira 2/3 dari kalor-bakar netto bensin).

Prasetyo dan Patriayudha (2009) melaporkan bahwa penggunaan bioethanol sebagai bahan bakar alternatif yang dicampurkan pada bahan bakar premium dengan prosentase campuran 7,5%, 10% dan 12,5% dapat menurunkan emisi gas buang kendaraan yang meliputi NO_x, SO₂, CO dan CO₂. Sementara itu Ardawalika (2009) melakukan penelitian campuran bahan bakar bensin dan etanol pada motor bakar empat langkah 196 cc dengan prosesentase etanol 0%, 5%, 10%, 15%, 20%, 25%, 30% dan 35%. Dari hasil pengujian yang telah dilakukan diketahui bahwa penambahan bioetanol pada bensin yang diuji pada motor bensin standar tidak terlalu mempengaruhi nilai dari torsi, BHP, BMEP dan SFC. Tetapi untuk efisiensi thermis cenderung mengalami peningkatan. Efisiensi terbesar tanpa penambahan bioetanol adalah 6,22% dan efisiensi terbesar dengan bioetanol adalah 7,996 %.

Penelitian yang berkaitan dengan pemanfaatan bioetanol sebagai bahan bakar aditif bagi bahan bakar bensin juga dilakukan oleh Aklis (2007). Dari hasil penelitiannya dapat diketahui bahwa penambahan bioetanol dari biji mangga dan bioetanol di pasaran dengan kadar 95% mampu meningkatkan unjuk kerja mesin bensin. Sedangkan Chandra (2007) melaporkan bahwa efek penambahan etanol pada bensin di samping mampu meningkatkan performa motor bensin menjadi lebih baik, penambahan etanol pada bensin pun mampu mengurangi emisi gas buang dari motor bensin tersebut. Sementara Apip (2009), melakukan penelitian terhadap unjuk kerja motor bakar 4 langkah berbahan bakar campuran bioetanol-premium dengan prosentase *blending* 5%, 10%, 15%, 20%. Pengujian dilakukan pada motor bensin 4 langkah yang telah dilakukan *tune up* sebelumnya. Hasil pengujian menunjukkan bahwa terjadi kenaikan daya yang tidak begitu signifikan seiring dengan penambahan prosentase bioetanol dan konsumsi bahan bakar spesifik juga mengalami penurunan yang juga tidak begitu signifikan.

Dari berbagai penelitian yang telah dilakukan di atas dapat disimpulkan bahwa penggunaan bioethanol sebagai bahan alternatif memberikan dampak yang positif baik dari sisi penurunan emisi gas buang maupun dari sisi unjuk kerja mesin. Oleh karena itu dalam penelitian akan dikaji pengaruh penambahan bioethanol pada bahan bakar jenis pertamax. Hal ini karena pertamax merupakan bahan bakar yang sesuai dengan tuntutan kebutuhan dan perkembangan otomotif. Pertamax memiliki nilai oktan tinggi dan sisi fisik atau properti bahan bakar pertamax memiliki stabilitas oksidasi yang lebih tinggi kemudian kandungan oksin, aromatik dan benzenanya tidak dibatasi. Hasilnya pembakaran bahan bakar pertamax lebih sempurna. Untuk memenuhi kebutuhan dan perkembangan teknologi otomotif, maka angka oktan bahan bakar harus disesuaikan, sementara itu pertamax memiliki RON (*Research Octane Number*) 92. Di samping itu bahan bakar pertamax adalah salah satu jenis bahan bakar non-subsidi.

1. Torsi Dan Daya

Torsi dan daya dari motor bakar diperoleh dari hasil pengkonversian energi termal (panas) hasil pembakaran menjadi energi mekanik. Torsi didefinisikan sebagai besarnya momen putar yang terjadi pada poros output mesin akibat adanya pembebanan dengan sejumlah massa (kg), sedangkan daya didefinisikan sebagai besarnya tenaga yang dihasilkan motor tiap satu satuan waktu. Pengukuran torsi dapat dilakukan dengan meletakkan mesin yang akan diukur torsinya pada *engine testbed* dan poros keluaran dihubungkan dengan rotor dinamometer (Heywood, 1988). Prinsip kerja dari dynamometer mekanis adalah dengan mengerem putaran poros keluaran mesin, kemudian mengukur gaya gesekan yang terjadi menggunakan alat seperti timbangan. Maka besarnya gaya gesek yang terjadi dapat diketahui dengan melihat massa pembebanan yang terbaca pada alat ukur. Besarnya torsi dapat diperoleh dengan persamaan :

$$T = m.g.L \text{ (Nm)} \tag{1}$$

Dengan,

- m = massa yang terukur pada dinamometer
- g = gravitasi bumi

L = panjang lengan dinamometer

Dan daya yang dihasilkan oleh motor diperoleh dengan persamaan :

$$P = \frac{2\pi nT}{60000} \text{ (kW)} \quad (2)$$

Dengan,

T = torsi

n = putaran mesin

2. Konsumsi Bahan Bakar Spesifik

Konsumsi bahan bakar spesifik mengindikasikan banyaknya bahan bakar yang diperlukan untuk menghasilkan satu satuan daya. Besarnya bahan bakar spesifik atau *specific fuel consumption* (SFC) dapat dihitung dengan persamaan :

$$SFC = \frac{m_f}{P} \text{ (kg/kW.jam)} \quad (3)$$

Dengan,

m_f = konsumsi bahan bakar (kg/jam)

P = daya mesin (kW)

3. Bioethanol

Bioethanol adalah etanol yang dihasilkan oleh fermentasi glukosa yang dilanjutkan dengan proses destilasi. Etanol merupakan kependekan dari etil alkohol (C_2H_5OH) sering disebut dengan *grain alcohol* atau alkohol. Etanol merupakan cairan tak berwarna, mudah menguap dan mempunyai bau yang khas. Berat jenisnya adalah 0,7939 g/mL, dan titik didihnya 78,3 °C pada tekanan 766 mmHg. Sifat lainnya adalah larut dalam air dan eter serta mempunyai kalor pembakaran 7093,72 kkal. Etanol banyak digunakan dalam berbagai industri seperti sebagai bahan baku industri turunan alkohol, sebagai campuran minuman keras, sebagai bahan baku pada industri farmasi dan kosmetik, dan lain sebagainya. Pada Industri otomotif, etanol digunakan sebagai campuran bahan bakar kendaraan untuk meningkatkan angka oktan. Campuran

Produk Pertamina ini sudah tidak menggunakan campuran timbal dan metal lainnya yang sering digunakan pada bahan

bahan bakar kendaraan jenis bensin/gasolin dan etanol dikenal dengan gasohol.

Bioethanol dapat diproduksi dari berbagai tanaman seperti ubi kayu, ubi jalar, jagung, sagu dan tetes tebu. Pembuatan bioethanol dapat dilakukan dengan dua metode, yaitu hidrolisa asam dan hidrolisa enzim. Namun saat ini metode yang paling banyak digunakan adalah hidrolisa enzim. Metode hidrolisa enzim dapat dilakukan dengan penambahan air dan enzim, selanjutnya dilakukan proses fermentasi gula menjadi alkohol dengan menambahkan ragi. Hasil dari proses fermentasi ini akan diperoleh etanol.

4. Pertamax

Pertamax adalah bahan bakar minyak andalan Pertamina yang diluncurkan sejak tahun 1999. Pertamax adalah bensin tanpa timbal dengan kandungan aditif lengkap generasi mutakhir yang akan membersihkan *Intake Valve Port Fuel Injector* dan ruang bakar dari *carbon deposit* dan mempunyai RON (*Research Octane Number*) 92 serta dianjurkan untuk kendaraan berbahan bakar bensin dengan perbandingan kompresi tinggi. Pertamax seperti halnya Premium, adalah produk BBM dari pengolahan minyak bumi. Pertamax pertama kali diluncurkan sebagai pengganti Premix 98 karena unsur MTBE yang berbahaya bagi lingkungan

Pertamax merupakan salah satu jenis bahan bakar ramah lingkungan beroktan tinggi hasil penyempurnaan produk Pertamina sebelumnya. Formula barunya yang terbuat dari bahan baku berkualitas tinggi memastikan mesin kendaraan bermotor bekerja dengan lebih baik, lebih bertenaga, "knock free", rendah emisi, dan memungkinkan penghematan pemakaian bahan bakar. Pertamax ditujukan untuk kendaraan yang mempersyaratkan penggunaan bahan bakar beroktan tinggi dan tanpa timbal (*unleaded*). Pertamax juga direkomendasikan untuk kendaraan yang diproduksi diatas tahun 1990 terutama yang telah menggunakan teknologi setara dengan *electronic fuel injection* dan *catalytic converters*.

bakar lain untuk meningkatkan nilai oktan sehingga Pertamax merupakan bahan bakar yang sangat bersahabat dengan lingkungan.

Pertamax atau dengan nama lain *gasolie 92* memiliki berat jenis minimal 715 kg/mL pada suhu 15 °C.

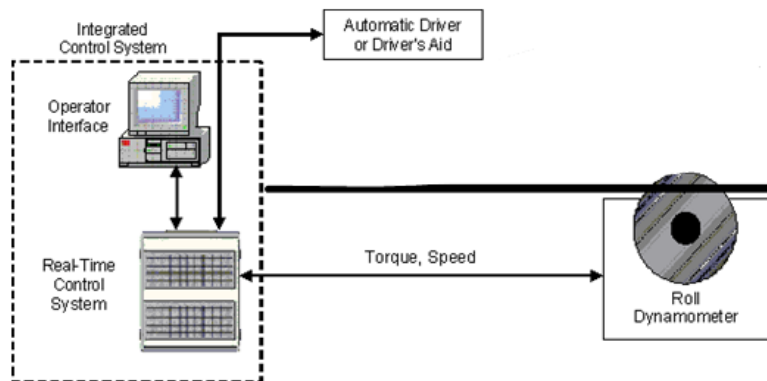
METODE PENELITIAN

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah bioethanol dari bahan tetes tebu dengan kadar 96% dan bahan bakar pertamax produksi Pertamina dengan angka oktan 92 sebagai bahan pencampur etanol. Pengujian prestasi mesin dilakukan dengan menggunakan dinotester dengan skema seperti ditunjukkan oleh gambar 1. Parameter yang diukur dalam pengujian ini adalah torsi, daya mesin pada berbagai prosentase campuran, sedangkan specific fuel consumption (SFC) diukur dengan menggunakan *burret*. Pengukuran dilakukan pada range putaran mesin 3000 – 10000 RPM.

Motor yang digunakan untuk pengujian adalah kendaraan bermotor tipe 1 silinder 4-langkah pendinginan udara dengan spesifikasi mesin sebagai berikut :

- a. Diameter x langkah : 53,5 x 48,8 mm
- b. Volume langkah : 109 cc
- c. Perbandingan kompresi : 9,6 : 1
- d. Daya maksimal : 7,7 PS/7000 rpm.
- e. Torsi maksimal : 0,81 kgf.m/6000 rpm
- f. Transmisi : 4 kecepatan
- g. Sistem pengapian : CDI (*Condenser Discharged Ignition*).

Pengujian mula-mula dilakukan terhadap bahan bakar pertamax sebagai bahan acuan, kemudian dilakukan pengujian terhadap bahan bakar pertamax` (E 0) dan bahan bakar campuran pertamax dan bioethanol dengan prosentase 5% (E 5), 10% (E 10), 15% (E 15) dan 20% (E 20). Data-data yang diperoleh kemudian diolah dan dianalisis untuk mendapatkan kesimpulan.



Gambar 1 Dinotester

HASIL DAN PEMBAHASAN

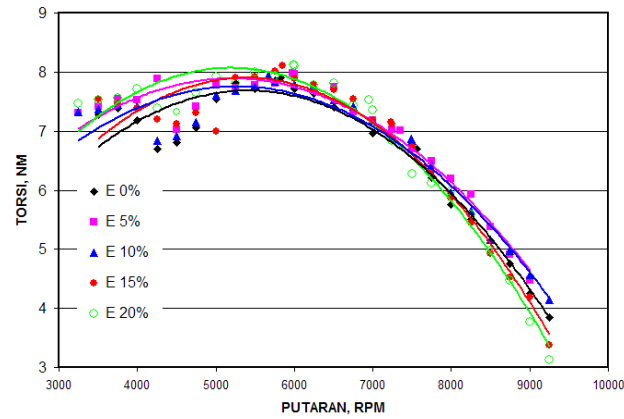
Dari grafik torsi terhadap putaran (gambar 2) dapat diketahui bahwa pada putaran rendah hingga menengah terjadi kenaikan torsi yang dihasilkan oleh mesin dari semua jenis bahan bakar campuran yang diuji dibandingkan dengan bahan bakar pertamax. Pada range kecepatan ini, torsi terbesar diperoleh pada bahan bakar campuran dengan prosentase bioethanol sebesar 20%. Adapun besarnya torsi maksimum yang dihasilkan oleh bahan bakar campuran dengan prosentase bioethanol sebesar 20% mencapai 8,13 N.m pada putaran 5994 RPM, sedangkan besarnya torsi maksimum yang dihasilkan oleh bahan

bakar pertamax hanya mencapai 7,91 N.m pada putaran 5829 RPM.

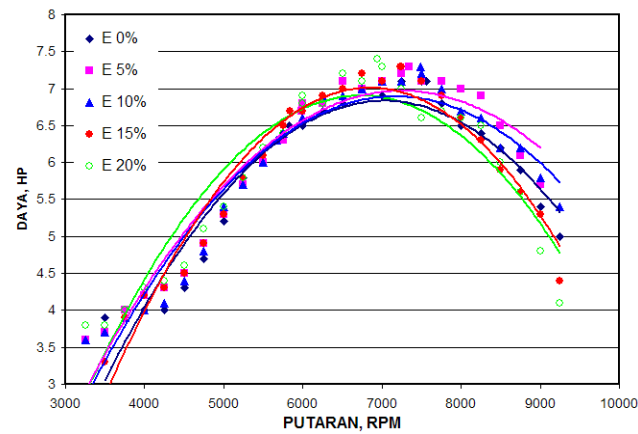
Dari grafik torsi terhadap putaran (gambar 2) dapat diketahui bahwa pada putaran rendah hingga menengah terjadi kenaikan torsi yang dihasilkan oleh mesin dari semua jenis bahan bakar campuran yang diuji dibandingkan dengan bahan bakar pertamax.

Pada range kecepatan ini, torsi terbesar diperoleh pada bahan bakar campuran dengan prosentase bioethanol sebesar 20%. Adapun besarnya torsi maksimum yang dihasilkan oleh bahan bakar campuran dengan prosentase bioethanol sebesar 20% mencapai 8,13 N.m pada putaran 5994 RPM, sedangkan besarnya torsi maksimum yang dihasilkan oleh bahan

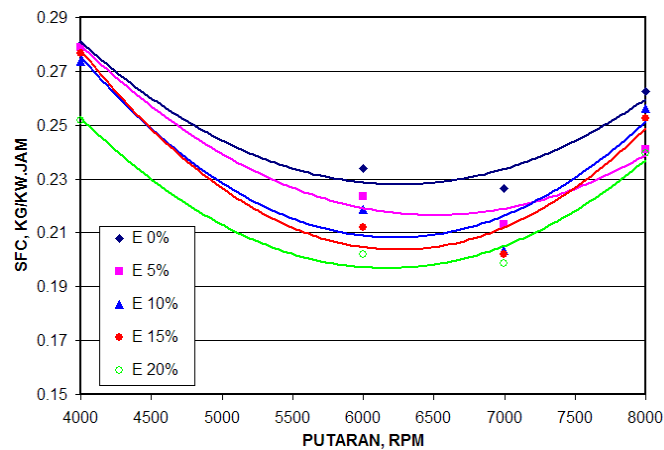
bakar pertamax hanya mencapai 7,91 N.m pada putaran 5829 RPM.



Gambar 2 Grafik torsi terhadap putaran



Gambar 3 Grafik daya terhadap putaran



Gambar 4 Grafik SFC terhadap putaran

Kenaikan torsi ini disebabkan oleh naiknya angka oktan bahan bakar campuran pertamax dan bioethanol. Besarnya kenaikan

angka oktan dari bahan bakar yang diuji dapat dilihat pada tabel 1.

Dengan naiknya angka oktan ini, tekanan dan temperatur pembakaran akan

semakin tinggi sehingga energi pembakaran yang dihasilkan juga akan semakin besar. Di samping itu, dengan naiknya angka oktan ini menyebabkan proses pembakaran menjadi lebih sempurna sehingga energi hasil pembakaran bahan bakar dapat dimanfaatkan secara semaksimal untuk menghasilkan torsi.

Tabel 1 Angka Oktan dari bahan bakar yang diuji

| No. | Bahan Bakar | Angka Oktan |
|-----|-------------|-------------|
| 1 | Bioethanol | 118 |
| 2 | Pertamax | 92 |
| 3 | E 5% | 93,3 |
| 4 | E 10% | 94,5 |
| 5 | E 15% | 95,8 |
| 6 | E 20% | 97 |

Pada putaran yang lebih tinggi (>7000 RPM), torsi yang dihasilkan cenderung mengalami penurunan seiring dengan naik prosentase bioethanol. Bahkan torsi yang dihasilkan oleh bahan bakar campuran dengan prosentase bioethanol masing-masing 15% dan 20% cenderung lebih rendah dari bahan bakar pertamax. Pada range kecepatan ini, torsi terbesar diperoleh pada bahan bakar campuran dengan prosentase bioethanol sebesar 5%. Penurunan torsi pada range kecepatan ini disebabkan karena terjadinya keterlambatan penyalaan pada putaran yang tinggi sehingga tekanan dan temperatur di dalam ruang pembakaran akan mengalami penurunan. Kondisi ini akan berakibat menurunnya energi yang dihasilkan oleh pembakaran. Di samping itu, pada putaran yang lebih tinggi, konsumsi bahan bakar cenderung mengalami penurunan konsumsi bahan bakar karena waktu pembukaan katup terjadi sangat singkat.

Dari grafik daya terhadap putaran (gambar 3), dapat diketahui bahwa pada putaran rendah hingga menengah terjadi kenaikan daya yang dihasilkan oleh mesin dari semua jenis bahan bakar campuran yang diuji dibandingkan dengan bahan bakar pertamax. Pada range kecepatan ini, daya terbesar diperoleh pada bahan bakar campuran dengan prosentase bioethanol sebesar 20%. Adapun besarnya daya maksimum yang dihasilkan oleh bahan bakar campuran dengan

prosentase bioethanol sebesar 20% mencapai 7,4 HP pada putaran 6947 RPM, sedangkan besarnya torsi maksimum yang dihasilkan oleh bahan bakar pertamax hanya mencapai 7,1 HP pada putaran 7561 RPM.

Seperti halnya pada pengujian torsi, kenaikan daya ini disebabkan oleh naiknya angka oktan dari bahan bakar campuran pertamax dan bioethanol. Dengan naiknya angka oktan ini, tekanan dan temperatur akan sehingga energi pembakaran yang dihasilkan juga akan semakin besar. Di samping itu, dengan naiknya angka oktan ini menyebabkan proses pembakaran menjadi lebih sempurna sehingga energi hasil pembakaran bahan bakar dapat dimanfaatkan secara semaksimal untuk menghasilkan daya mesin.

Pada putaran yang lebih tinggi (>7000 RPM), daya yang dihasilkan juga cenderung mengalami penurunan seiring dengan naik prosentase bioethanol. Bahkan torsi yang dihasilkan oleh bahan bakar campuran dengan prosentase bioethanol masing-masing 15% dan 20% cenderung lebih rendah dari bahan bakar pertamax. Pada range kecepatan ini, daya terbesar diperoleh pada bahan bakar campuran dengan prosentase bioethanol sebesar 5%. Penurunan daya pada range kecepatan ini disebabkan karena terjadinya keterlambatan penyalaan pada putaran yang tinggi sehingga tekanan dan temperatur di dalam ruang pembakaran akan mengalami penurunan. Kondisi ini akan berakibat menurunnya energi yang dihasilkan dari proses pembakaran. Di samping itu, seperti halnya pada pengujian torsi, pada putaran yang lebih tinggi, konsumsi bahan bakar cenderung mengalami penurunan konsumsi bahan bakar karena singkatnya pembukaan katup.

Dari grafik SFC terhadap putaran (gambar 4) dapat diketahui bahwa terjadi penurunan nilai SFC pada seluruh range kecepatan yang diuji seiring dengan naiknya prosentase bioethanol dalam bahan bakar campuran. Hal ini menunjukkan bahwa penambahan bioethanol pada bahan bakar pertamax dapat menurunkan konsumsi bahan bakar campuran.

Hasil ini juga mengindikasikan bahwa untuk jumlah bahan bakar yang sama, besarnya energi pembakaran yang dapat dikonversi menjadi tenaga mesin dapat lebih besar. Walaupun pada kecepatan yang tinggi (> 7000 RPM) terjadi penurunan daya mesin, akan tetapi besarnya penurunan ini diimbangi

dengan penurunan konsumsi bahan bakar sehingga penurunan daya mesin tidak berpengaruh besar pada nilai SFC. Penurunan terbesar diperoleh dari bahan bakar campuran bioethanol dan pertamax dengan prosentase bioethanol 20%.

Penurunan SFC ini lebih disebabkan oleh naiknya angka oktan yang menyebabkan pemanfaatan energi pembakaran menjadi lebih baik .

KESIMPULAN

Kesimpulan yang dapat diambil dari serangkaian penelitian yang telah dilakukan adalah :

1. Pada putaran rendah hingga menengah terjadi kenaikan torsi dan daya yang dihasilkan oleh mesin dari semua jenis bahan bakar campuran yang diuji dibandingkan dengan bahan bakar pertamax. Torsi dan daya terbesar diperoleh pada bahan bakar campuran dengan prosentase bioethanol sebesar 20%.
2. Pada putaran yang lebih tinggi (>7000 RPM), torsi dan daya yang dihasilkan cenderung mengalami penurunan seiring dengan naik prosentase biethanol. Bahkan torsi yang dihasilkan oleh bahan bakar campuran dengan prosentase biethanol masing-masing 15% dan 20% cenderung lebih rendah dari bahan bakar pertamax. Pada range kecepatan ini, torsi dan daya terbesar diperoleh pada bahan bakar campuran dengan prosentase bioethanol sebesar 5%.
3. Nilai SFC mengalami penurunan pada seluruh range kecepatan yang diuji seiring dengan naiknya prosentase bioethanol dalam bahan bakar campuran. Penurunan terbesar diperoleh dari bahan bakar campuran bioethanol dan pertamax dengan prosentase bioethanol 20%.

DAFTAR PUSTAKA

Aklis, Nur, 2009, *Uji Prestasi Mesin Motor Bensin Dengan Bahan Bakar B-5 Bioethanol Biji Mangga Dan B-5 Ethanol Pasar*, **Jurnal Penelitian Sains & Teknologi**, Vol. 10, No. 1, 2009: 92 – 100, Fakultas Teknik, Univ. Muhammadiyah, Surakarta.

- Apip, 2009, **Pengaruh Campuran Bahan Bakar Premium Dan Bioethanol Hasil Fermentasi Tetes tebu Dalam Berbagai prosentase perbandingan Terhadap Unjuk Kerja Mesin**, T. A., Jur. T. Mesin, Fakultas Teknik, Univ. Janabadra, Yogyakarta.
- Ardawalika, 2009, **Pengaruh Pemakaian Variasi Campuran Bahan Bakar Bensin-Etanol Terhadap Unjuk Kerja Mesin Bensin Empat Langkah Satu silinder**, Tugas Akhir, Program Studi Teknik Mesin, D3 ITS, Surabaya, www.digilib.its.ac.id.
- Chandra, 2007, **Analisa blending Etanol-Premium Sebagai Bahan Bakar Motor Bensin**, Tugas Akhir, Program Studi Teknik Mesin, Universitas Kristen Petra, Surabaya, www.digilib.petra.ac.id.
- Heywood, J.B., 1998, **Internal ombustion Engine Fundamentals**, Mc Graw Hill Inc., New York.
- Prasetyo D.B., Dan Patriayudha, F., 2009, **Pemakaian Gasohol Sebagai Bahan Bakar Pada Kendaraan Bermotor**, Tugas Akhir, Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Univ. Diponegoro, Semarang, www.pdf.kq5.org.
- Pitrajaya, 2008, *Penggunaan Bahan Bakar Bentol*, www.acehforum.or.id, diakses terakhir tanggal 28 Januari 2011.
- Pulkrabek, W.W., 1992. **Engineering Fundamentals Of The Internal Combution Engines**, Platteville: University Of Wisconsin, USA.
- Sihaloho, R.D., 2009, **Uji Eksperimental Perbandingan Unjuk Kerja Motor Bakar Berbahan Bakar Premium Dengan Campuran Premium-Bioetanol (Gasohol BE-5 dan BE-10)**, T.A., Departemen Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Sumatera Utara, Medan.