

Pengaruh Komposisi Bahan Bakar Metanol-Bensin Terhadap Torsi Dan Daya Sebuah Mobil Penumpang Sistem Injeksi Elektronik 1200 CC

*Nazaruddin Sinaga^a, Mohamad Rifal^b

^aDepartemen Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro

^bProgram Studi Magister Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro

Jl. Prof. Soedharto, SH No.1 Kampus Undip Tembalang, Semarang

*E-mail: nazarsinaga@undip.ac.id

Abstrak

Pada saat ini jumlah kendaraan bermotor di Indonesia sudah sangat banyak sehingga menimbulkan masalah dalam pengadaan bahan bakar, karena sebagian harus dibeli dari luar negeri. Di samping itu juga terdapat kecenderungan dan tekanan internasional untuk menggunakan bahan bakar yang lebih ramah lingkungan dan dapat diperbaharui. Penggunaan metanol sebagai bahan bakar alternatif memiliki prospek yang baik bila dapat direalisasikan di Indonesia, karena cukup banyak bahan mentah dan bahan baku yang tersedia di dalam negeri. Namun demikian hingga saat ini penggunaannya belum direkomendasikan oleh banyak pihak, karena masih terdapat keraguan akan dampak negatif yang ditimbulkannya terhadap kinerja mesin, gas buang yang dihasilkan, kerusakan komponen mesin dan sebagainya. Oleh karena itu perlu dilakukan berbagai riset untuk mempelajari efek penggunaan metanol ini serta upaya-upaya yang perlu dilakukan untuk mengatasi dampak negatif tersebut. Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari pengaruh variasi komposisi campuran bensin-metanol terhadap kinerja sebuah kendaraan penumpang berbahan bakar bensin yang dilengkapi dengan sistem injeksi bahan bakar elektronik. Parameter yang diamati adalah nilai torsi dan daya yang dihasilkan mesin kendaraan pada komposisi metanol 0% (M0), 10% (M10), 15% (M15), 30% (M30), 50% (M50) dan 65% (M65). Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Efisiensi dan Konservasi Energi, Departemen Teknik Mesin, Fakultas Teknik Universitas Diponegoro dengan menggunakan mobil Mitsubishi Mirage A/T 1200 CC tahun pembuatan 2015. Untuk memperbaiki sifat bahan bakar ditambahkan larutan aditif 1,2 Propylene glycol dengan konsentrasi 0,7%. Adapun pengaturan injeksi bahan bakar dilakukan dengan menambahkan Methanol Injection Control. Pengukuran torsi dan daya dilakukan di atas dinamometer sasis dengan menggunakan engine scanner. Bensin yang digunakan adalah jenis Premium dengan nilai RON 88 dan metanol yang digunakan memiliki konsentrasi 75%. Dari penelitian ini secara umum didapatkan bahwa variasi komposisi metanol tidak memberikan pengaruh yang besar terhadap kurva torsi dan daya, jika dibandingkan dengan mesin berbahan bakar bensin murni (M0). Hal ini disebabkan karena kondisi operasi mesin, yaitu waktu penyalaan, laju aliran udara, rasio udara bahan-bakar, tidak mengalami perubahan yang berarti. Oleh karena itu melalui penelitian ini dapat direkomendasikan bahwa penggunaan metanol sebagai bahan bakar alternatif pada kendaraan berbahan bakar bensin memiliki prospek untuk diterapkan. Namun demikian perlu dilakukan beberapa penelitian lanjut untuk mengetahui dampaknya terhadap kerusakan komponen mesin, dan pengaturan injeksi maupun penyalaan yang memberikan kinerja mesin yang lebih baik.

Kata kunci: injeksi elektronik, metanol, mobil penumpang, torsi dan daya

1. Pendahuluan

Pada saat ini jumlah kendaraan bermotor di Indonesia sudah sangat banyak sehingga menimbulkan masalah dalam pengadaan bahan bakar, karena sebagian harus dibeli dari luar negeri. Kondisi ini jika dibiarkan terus menerus akan mengakibatkan ketergantungan impor bahan bakar, yang dapat melemahkan bangsa Indonesia. Pemakaian energi fosil yang terus menerus juga akan mengakibatkan dampak negatif terhadap lingkungan dan kesehatan makhluk hidup. Di samping itu pada saat ini juga terdapat kecenderungan dan tekanan internasional untuk menggunakan bahan bakar yang lebih ramah lingkungan dan dapat diperbaharui. Hal tersebut dikarenakan bahan bakar fosil seperti batubara, minyak bumi, dan gas alam mengandung karbon yang tinggi. Selain mengakibatkan dampak negatif terhadap lingkungan, pemakaian bahan bakar fosil secara terus-menerus akan mengurangi dan bahkan menghabiskan cadangan minyak dunia. Oleh karena itu perlu dilakukan upaya komprehensif untuk mencari bahan bakar alternatif yang ramah lingkungan, dapat diperbaharui, dan juga upaya-upaya untuk meningkatkan efisiensi konversi energi.

Salah satu produk energi alternatif yang saat ini masih belum populer digunakan sebagai bahan bakar kendaraan bermotor adalah metanol. Pemanfaatannya sebagai sumber energi alternatif kurang mendapat perhatian dibandingkan dengan etanol. Penggunaan metanol yang belum direkomendasikan oleh banyak pihak kemungkinan disebabkan karena masih terdapat keraguan terhadap dampak negatif yang ditimbulkannya, misalnya terhadap kinerja mesin, gas buang

yang dihasilkan, kerusakan komponen mesin dan sebagainya. Padahal di beberapa negara, terutama Tiongkok, metanol telah digunakan sebagai bahan bakar alternatif kendaraan bermotor melalui peraturan pemerintah Tiongkok [1]. Hal ini karena di negara ini metanol telah diteliti, diuji coba dan menunjukkan prospek yang baik untuk digunakan sebagai bahan bakar alternatif, baik dengan pencampuran menggunakan *bio products* untuk menghasilkan *bio-fuel* atau dengan pencampuran menggunakan bensin.

Metanol sebenarnya merupakan salah satu sumber energi terbarukan yang dapat mengatasi masalah pencemaran lingkungan dan diversifikasi bahan bakar. Metanol memiliki kemampuan untuk dapat diatomisasi, diinjeksi, dicampur serta memiliki kandungan oksigen yang cukup tinggi. Kandungan oksigen ini diperlukan sebagai syarat terjadinya proses oksidasi bahan bakar di ruang bakar, sehingga dapat meningkatkan efisiensi termal dan menurunkan emisi gas buang. Selain itu metanol memiliki dampak negatif yang lebih kecil terhadap lingkungan dibandingkan dengan bahan bakar bensin dan solar. Hal ini disebabkan karena sifat metanol yang dapat bercampur sempurna dengan air, terdegradasi cepat di atmosfer, dan dapat terurai pada permukaan air dan di bawah tanah. Metanol juga memiliki rantai karbon yang jauh lebih pendek dibandingkan etanol sehingga dapat terbakar lebih sempurna dan melepaskan gas karbon monoksida (CO) yang lebih sedikit. Di sisi lain, metanol memiliki keunggulan dibandingkan bahan bakar bensin, diantaranya mampu menaikkan kinerja mesin dan mereduksi gas buang hasil pembakaran.

Berdasarkan alasan-alasan di atas dapat dikatakan bahwa sebenarnya metanol memiliki prospek yang baik untuk dikembangkan di Indonesia. Penggunaan metanol sebagai bahan bakar alternatif memiliki prospek yang bagus bila dapat direalisasikan di Indonesia, karena cukup banyak bahan mentah dan bahan baku yang tersedia di dalam negeri. Selain dapat mengurangi ketergantungan impor bahan bakar fosil dan menurunkan dampak pencemaran lingkungan, pemanfaatannya dalam jumlah besar akan menghemat devisa negara, menumbuhkan industri dan membuka lapangan kerja baru. Oleh karena itu perlu dilakukan berbagai riset untuk mempelajari efek penggunaan metanol ini serta upaya-upaya yang perlu dilakukan untuk mengatasi dampak negatif tersebut. Dengan riset-riset ini diharapkan akan diperoleh kejelasan pengaruhnya terhadap kinerja mesin kendaraan, emisi yang dihasilkan, tingkat konsumsi bahan bakar, biaya transportasi, dan juga dampaknya terhadap komponen mesin.

Sejauh ini, penelitian eksperimental telah mengklaim bahwa pencampuran bahan bakar etanol atau metanol dapat mengurangi emisi gas buang dan meningkatkan kinerja dibandingkan dengan mesin berbahan bakar bensin. Metanol mengandung oksigen sebesar 50%, sehingga ketika ditambahkan ke dalam bensin, campuran bahan bakar mengandung lebih banyak oksigen, yang dapat menurunkan emisi karbon monoksida (CO) [2]. Metanol juga dianggap salah satu bahan bakar yang paling menguntungkan untuk mesin. Alasannya adalah bahwa metanol adalah bahan bakar cair dan mirip dengan bensin dan solar dalam aspek penggunaan, penyimpanan dan transportasi. Selain itu, metanol juga dapat diproduksi dari bahan baku yang banyak tersedia seperti batubara, gas alam dan *bio-mass*. Metanol merupakan bahan bakar yang baik untuk mesin Otto. Kelebihannya yaitu efisiensi yang lebih tinggi, daya spesifik dan emisi yang lebih rendah. Selain itu molekul metanol mengandung 50% oksigen yang menyebabkan pembakaran terjadi lebih cepat [3]. Pencampuran metanol-bensin dapat digunakan pada mesin dengan rasio kompresi yang tinggi karena penambahan metanol pada bensin dapat meningkatkan nilai oktan [4].

Efek campuran etanol-bensin dan metanol-bensin terhadap kinerja mesin dan karakteristik pembakaran telah diteliti secara eksperimental. Ozsezen et. al [5] melakukan penelitian tentang pengaruh penggunaan campuran metanol-bensin dengan komposisi volume metanol 5% dan 10%. Mesin diuji pada kondisi *wide open throttle* (WOT). Hasil dari penelitian tersebut menunjukkan bahwa ketika metanol dijadikan sebagai ekstender dengan persentase yang kecil maka tidak akan begitu berpengaruh terhadap daya yang dihasilkan oleh mesin, dibandingkan ketika menggunakan bahan bakar bensin murni, tetapi konsumsi bahan bakar relatif meningkat. Syayan et.al [6] melakukan penelitian pada mesin sistem MPI (Ford, Zetec-E) dengan pencampuran bahan bakar metanol (M5, M7.5, M10, M12.5, M15) pada variasi kecepatan mesin 1500-5000 rpm, dan menunjukkan hasil bahwa kinerja mesin meningkat. Adapun emisi CO dan HC mengalami penurunan sedangkan CO₂ dan NO_x meningkat. Penggunaan bensin-metanol dengan konsentrasi metanol lebih dari 15% akan dapat meningkatkan unjuk kerja secara umum pada kendaraan bermotor. Penelitian yang telah dilakukan oleh para ahli menunjukkan bahwa penggunaan campuran metanol pada bensin dapat meningkatkan sifat anti *knocking* pada bensin. Hal ini karena pada campuran metanol-bensin terjadi peningkatan angka oktan, seperti ditunjukkan pada Tabel 1 dari hasil penelitian McKetta [7].

Selanjutnya Liu et. al [5] melakukan penelitian mengenai pengaruh penggunaan M10, M15, M20 dan M25 terhadap torsi dan daya mesin. Pada kondisi operasional katup *throttle* terbuka lebar (WOT) dan tanpa adanya modifikasi pada mesin, torsi dan daya yang dihasilkan pada penggunaan campuran metanol dan bensin sedikit lebih rendah dibandingkan torsi dan daya yang dihasilkan dari penggunaan bensin murni. Semakin besar kandungan metanol yang ditambahkan ke dalam campuran maka semakin rendah nilai torsi dan daya yang dihasilkan. Celik et. al [8] melakukan penelitian mengenai pengaruh penggunaan metanol untuk mesin bensin satu silinder untuk berbagai rasio kompresi. Mereka menemukan bahwa dengan semakin tingginya perbandingan kompresi mesin, maka daya dan torsi mesin yang diperoleh juga semakin meningkat. Jika bahan bakar yang digunakan memiliki angka oktan yang lebih tinggi dari kebutuhan mesin maka kinerja mesin akan berkurang dan emisi gas buang akan meningkat [2]. Penyebab lain mengapa torsi dan daya yang dihasilkan dari penggunaan bahan bakar metanol sedikit lebih rendah dibandingkan dengan bahan bakar bensin adalah karena *heating value* dari metanol yang lebih rendah dibandingkan bensin. Jika

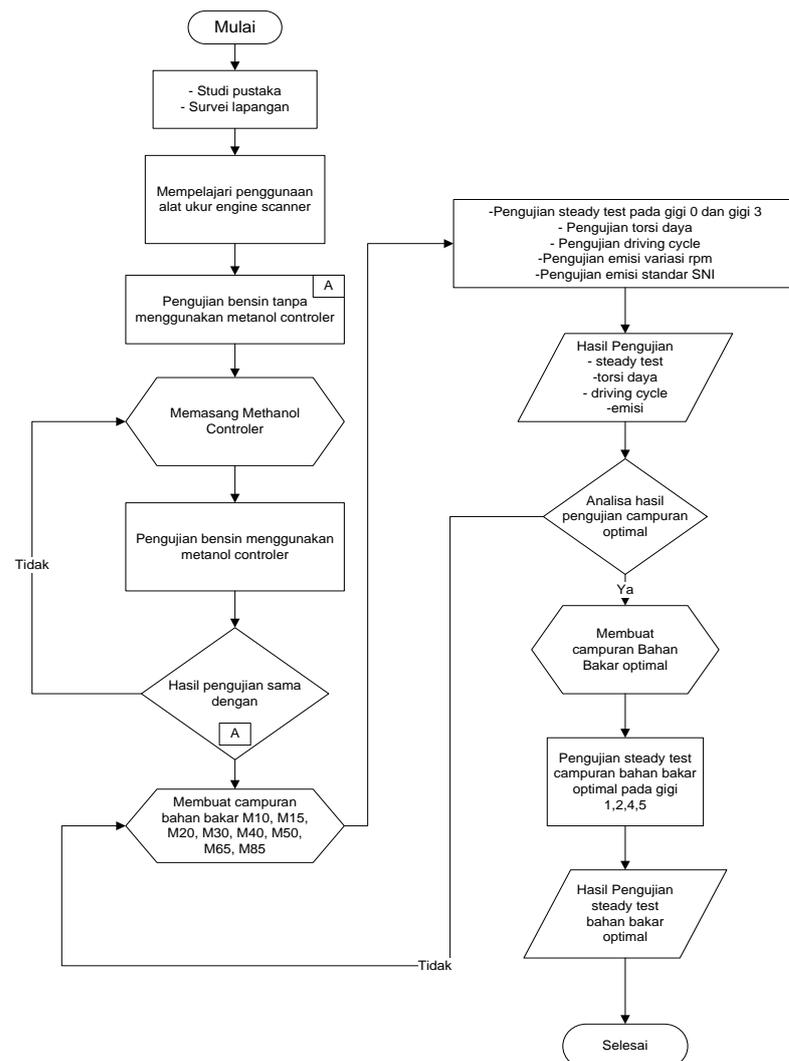
metanol ditambahkan ke dalam bensin maka *heating value* dari campuran metanol-bensin tersebut juga akan lebih rendah dibandingkan bensin murni.

Tabel 1. Efek penggunaan metanol terhadap nilai angka oktan [7]

CH ₃ OH (%)	Research Octane Number	Blending Octane Number
0	90.8	136.8
10	95.4	129.5
15	96.6	126.8
20	98.0	n/a
0 + 3cc TEL	98.0	n/a
15 + 3cc TEL	101.9	124.0

Salah satu masalah dalam penggunaan campuran bensin-metanol sebagai bahan bakar kendaraan adalah seberapa besar komposisi campuran yang dapat diaplikasikan ke dalam mesin kendaraan. Selain itu, karena kendaraan sudah dibuat dengan sistem injeksi, maka diperlukan suatu sistem pengatur tambahan yang dapat bekerja secara sinkron dengan sistem injeksi dan sistem ECU (Electronic Control Unit) kendaraan. Dengan melihat keunggulan yang dimiliki oleh metanol dibandingkan bensin, maka dalam penelitian ini akan dipelajari pengaruh komposisi campuran bahan bakar bensin-metanol, dengan penambahan zat aditif terhadap kendaraan bermotor sistem injeksi. Oleh karena itu penelitian ini bertujuan untuk mempelajari pengaruh campuran metanol-bensin terhadap output daya dan torsi pada kendaraan penumpang, dan merekomendasikan pemanfaatan metanol sebagai bahan bakar alternatif untuk kendaraan bermotor.

2. Material dan metode penelitian



Gambar 1. Diagram alir penelitian

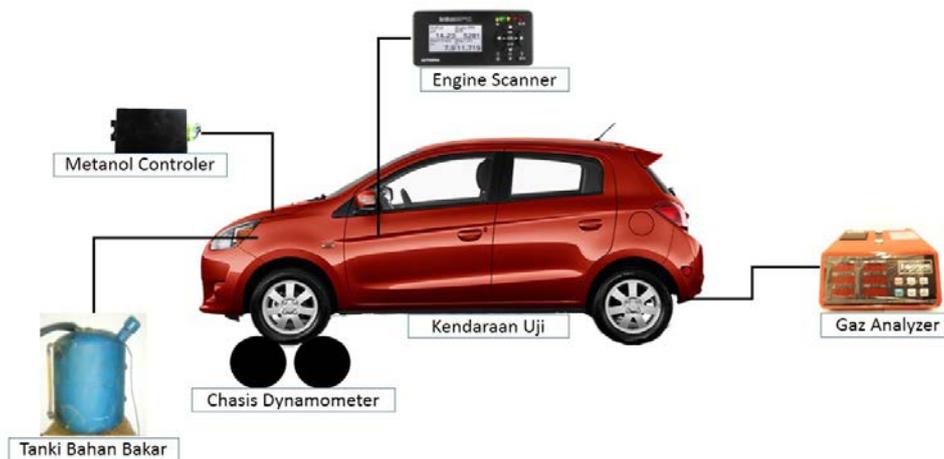
Penelitian ini pada dasarnya menggunakan metoda teoritik dan eksperimental yang terdiri dari tahap-tahap seperti ditunjukkan pada Gambar 1. Dalam penelitian ini, seluruh pengujian dilakukan di Laboratorium Efisiensi dan Konservasi Energi, Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik Universitas Diponegoro. Adapun skema peralatan yang digunakan dalam pengujian ini diperlihatkan pada Gambar 2 di bawah. Kendaraan uji yang digunakan pada penelitian ini adalah Mitsubishi Mirage, dengan spesifikasi utama seperti ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Spesifikasi Mobil Mitsubishi Mirage

Panjang	3700
Lebar	1667
Mesin	1.2L, 12Valve, 3 silinder
Displacement	1193 cc
Teknologi	DOHC Mivec
Fuel system	Electronic Fuel Injection Multipoint Injection /Eci MPI
Power max	77 PS(57 kW) di rpm 6000
Torsi max	100 Nm di rpm 4000
Suspensi depan	MacPherson Strut
Suspensi belakang	Torsion Beam
Ukuran ban	165/65 R14
Transmisi	Manual 5MT (F5MBD)

2.1. Methanol Controller

Merupakan *converter kit* elektronik yang berfungsi untuk mem-*bypass* perintah ECU kendaraan ke injektor untuk menginjeksi jumlah bahan bakar sesuai dengan jenis bahan bakar yang digunakan. Adapun cara pemasangannya dilakukan berdasarkan petunjuk yang diberikan di dalam buku manual alat ini.



Gambar 2. Skema peralatan pengujian

2.2. Auterra DashDyno SPD™

Adalah alat yang digunakan untuk membaca dan mengukur parameter operasi, torsi dan daya kendaraan. Alat ini dapat digunakan sebagai scan tool, *performance meter* dan *data logger*. Scan tool merupakan alat untuk membaca dan menghapus *trouble codes*, mematikan *malfunction indicator light* dan melihat display *vehicle freeze frame*. Performance meter yang diukur dalam alat ini adalah torsi, daya, tes akselerasi dan pengukuran *fuel economy*. Sedangkan data logger berfungsi untuk merekam data parameter operasi mesin dari pembacaan sensor dan aktuator.

2.3. Dinamometer Sasis

Pada penelitian ini dinamometer sasis digunakan hanya sebagai landasan kendaraan agar pengujian dapat dilakukan di tempat, dan juga agar kendaraan saat diuji tidak berpindah posisi.

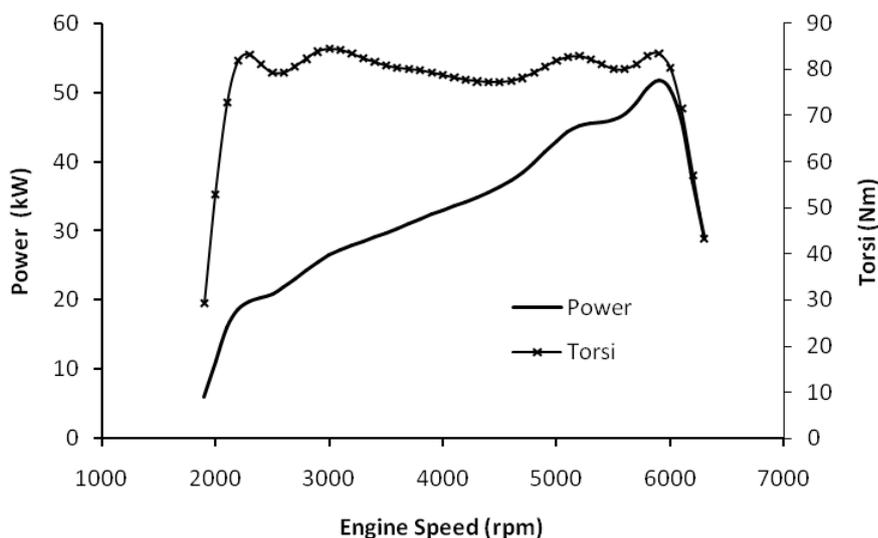
3. Hasil dan pembahasan

3.1 Hasil pengujian daya dan torsi

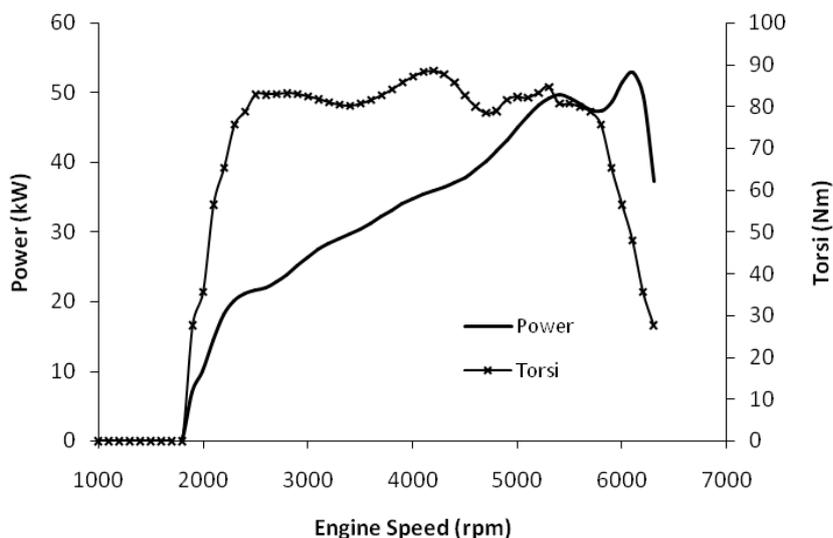
Hasil pengujian daya dan torsi untuk mesin kendaraan dengan menggunakan bahan bakar bensin murni (M0) ditunjukkan pada Gambar 3. Dari gambar tersebut dapat dilihat bahwa daya maksimum kendaraan berbahan bakar

bensin murni adalah sebesar 51,7 kW pada putaran 5900 rpm, dan torsi maksimum kendaraan sebesar 84,5 Nm pada putaran 3000 rpm. Pada Gambar 4 diperlihatkan hasil pengukuran torsi dan daya untuk bahan bakar M15. Jika dibandingkan dengan kurva torsi dan daya untuk bahan bakar bensin murni (M0), seperti ditunjukkan pada Gambar 5 dan 6, terlihat bahwa pada umumnya kurvanya memiliki bentuk dan kecenderungan yang hampir sama dengan M0, M10, M30, M50 dan M65. Nilai torsi dan daya maksimum untuk berbagai jenis campuran ditunjukkan pada Tabel 3. Dari tabel tersebut terlihat bahwa torsi maksimum dan daya maksimum tidak mengalami penurunan dibandingkan dengan bahan bakar bensin murni. Terdapat sedikit perbedaan posisi kecepatan putar mesin jika dibandingkan dengan bahan bakar bensin murni. Namun perbedaan ini juga tidak terlalu signifikan.

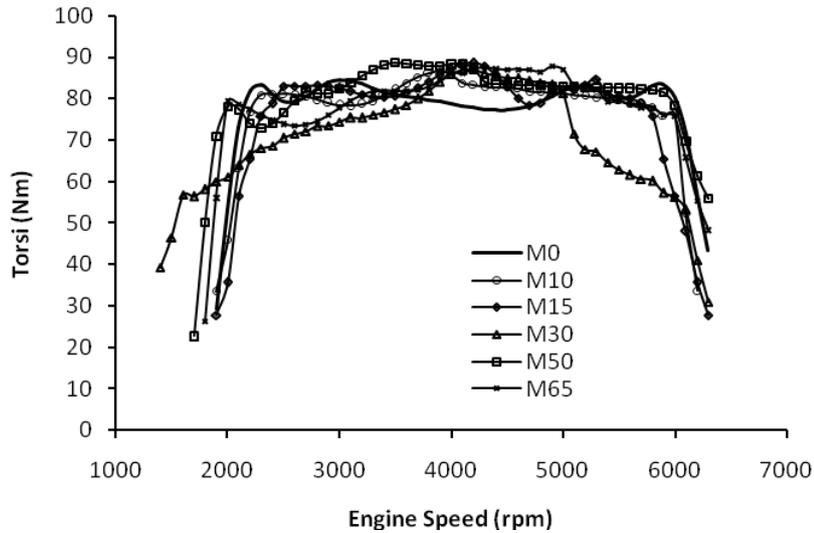
Peningkatan kinerja mesin ini terjadi salah satunya disebabkan karena bahan bakar metanol memiliki nilai oktan yang lebih tinggi dibandingkan dengan bensin. Dengan demikian ketika metanol digunakan sebagai campuran bahan bakar maka akan sangat cocok dengan kebutuhan jenis bahan bakar dari kendaraan uji yang digunakan, karena kendaraan uji digunakan dalam penelitian ini memiliki kompresi rasio sebesar 10:1 sehingga membutuhkan bahan bakar dengan nilai oktan diatas RON 92. Penggunaan bensin murni pada mesin yang digunakan ini tentu saja menghasilkan kinerja mesin yang lebih rendah. Penyebab lain meningkatnya torsi dan daya yang dihasilkan dari penggunaan metanol ini adalah karena metanol memiliki molekul oksigen sekitar 50% sehingga kecepatan pembakaran menjadi lebih cepat [9]. Hu et.al [10] juga menyatakan bahwa awal pembakaran menjadi lebih cepat dan fase pembakaran menjadi lebih pendek ketika metanol ditambahkan ke dalam bensin. Hal ini akan membuat campuran metanol-bensin terbakar secara optimal di dalam mesin dan menghasilkan output torsi dan daya yang lebih tinggi.



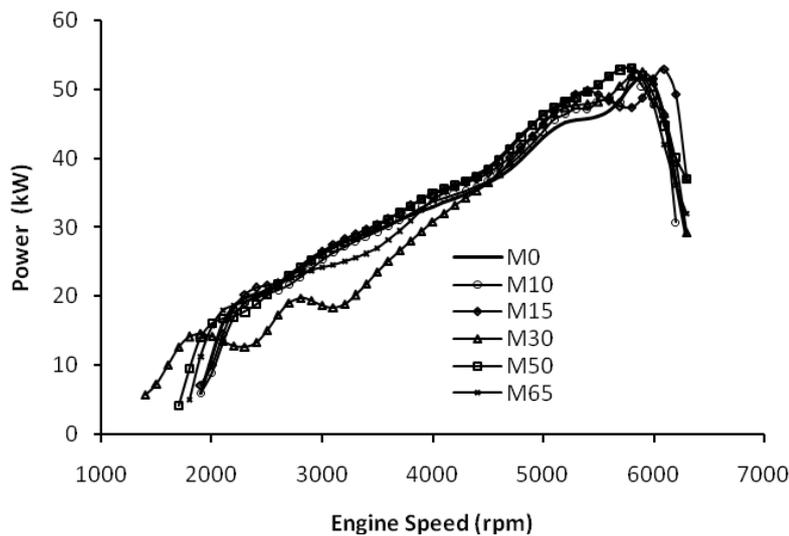
Gambar 3. Kurva torsi dan daya dengan bahan bakar bensin murni



Gambar 4. Kurva torsi dan daya dengan bahan bakar M15



Gambar 5. Perbandingan torsi untuk berbagai komposisi metanol



Gambar 6. Perbandingan daya untuk berbagai komposisi metanol

Tabel 3. Nilai torsi dan daya maksimum

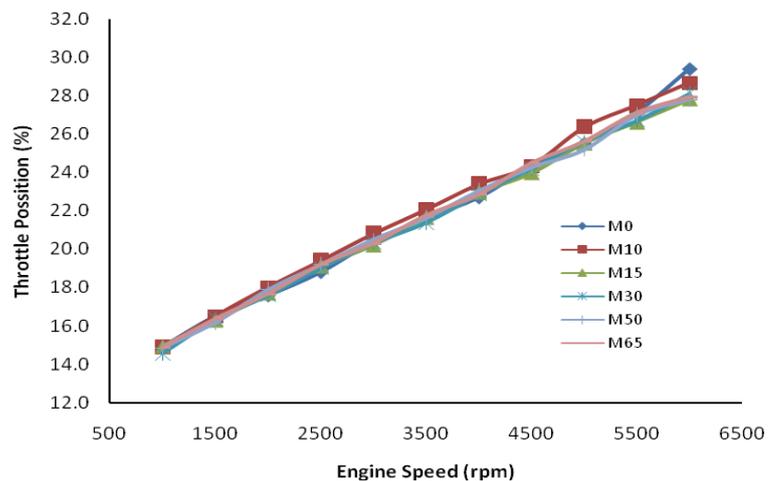
Bahan Bakar	Torsi Maksimum		Daya Maksimum	
	Nilai (Nm)	Putaran (rpm)	Nilai (Nm)	Putaran (rpm)
M0	84.46	3300	51.66	5900
M10	86.49	3900	51.74	5800
M15	88.54	4200	52.86	6100
M30	86.89	4200	52.54	5900
M50	88.60	3500	53.02	5800
M65	87.78	3500	52.94	5800
Beda Max	4.14	900	1.36	200
% Beda Max	4.90%	27.27%	2.64%	3.39%
Beda min	2.03	200	0.08	100
% Beda Min	2.41%	6.06%	0.15%	1.69%

Pada Gambar 7 diperlihatkan hubungan antara posisi throttle saluran udara masuk terhadap putaran mesin untuk berbagai jenis campuran metanol-bensin. Dari gambar tersebut terlihat bahwa penambahan metanol ke dalam bensin secara umum tidak mengubah posisi throttle saluran udara sehingga, seperti ditunjukkan pada Gambar 8, laju aliran udara yang masuk ke dalam ruang bakar relatif sama dengan ketika menggunakan bensin murni. Selanjutnya pada Gambar 9 diperlihatkan bahwa rasio udara-bahan bakar juga tidak mengalami perbedaan yang berarti antara bahan bakar bensin dengan bahan bakar metanol-bensin. Dengan strategi pengaturan rasio udara-bahan bakar yang dilakukan

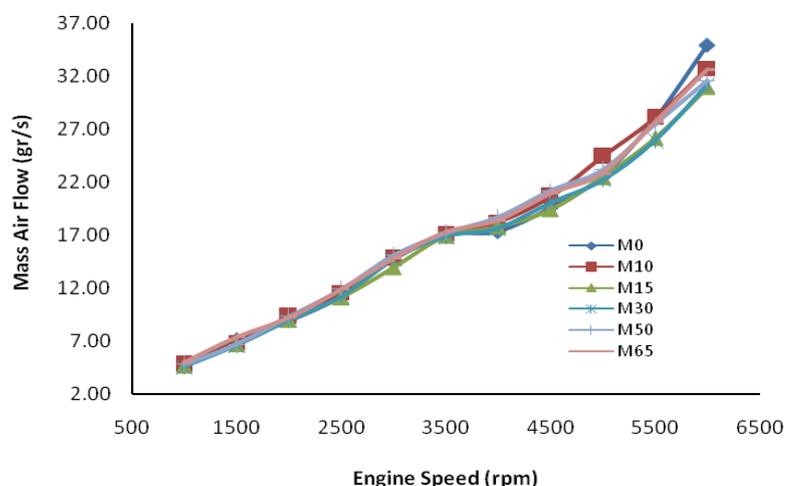
oleh sistem *Electronic Control Unit* (ECU), yang menetapkan target sebesar 14,6 tersebut, berarti laju bahan bakar juga relatif tidak berubah. Dari Gambar 10 dapat dilihat bahwa waktu pengapian juga tidak mengalami perubahan ketika menggunakan bahan bakar metanol-bensin. Berdasarkan pemantauan keempat parameter tersebut dapat disimpulkan bahwa penggunaan metanol tidak mengubah *setting* kondisi operasi mesin.

Berdasarkan hasil penelitian ini dapat dikatakan bahwa penambahan metanol ke dalam bahan bakar bensin terbukti tidak menurunkan torsi dan daya kendaraan, bahkan sebaliknya, dapat meningkatkan nilai kedua parameter kinerja mesin ini, meskipun nilainya tidak terlalu besar. Meskipun nilai kalor bahan bakar campuran metanol-bensin lebih rendah dibandingkan dengan nilai kalor bensin murni, akan tetapi bahan bakar metanol-bensin memiliki kandungan oksigen yang lebih banyak. Selain itu, nilai oktan bahan bakar metanol-bensin juga lebih tinggi dibandingkan dengan bahan bakar bensin murni. Faktor lain yang terlihat adalah bahwa kondisi operasi mesin juga relatif tidak berubah. Oleh karena itu melalui penelitian ini dapat direkomendasikan bahwa penggunaan metanol memiliki prospek yang bagus jika ditinjau dari aspek kinerja mesin, meskipun harus dilakukan penelitian lanjut untuk mempelajari kecenderungan-kecenderungan ini untuk jenis mesin kendaraan lainnya yang berbeda.

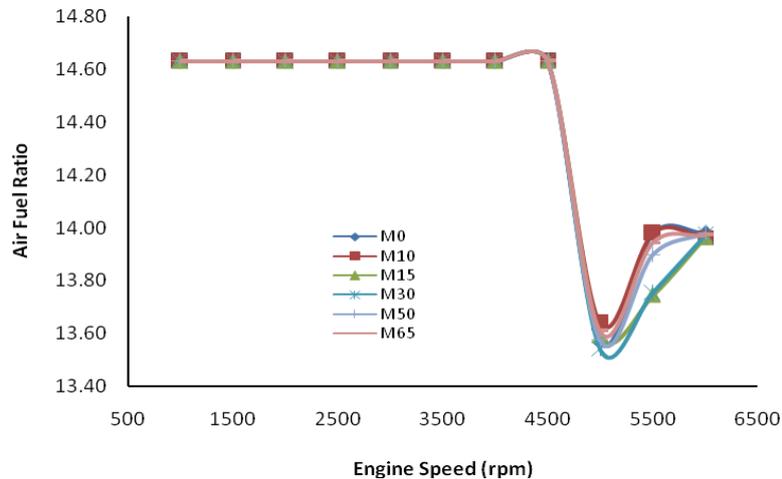
Beberapa aspek penting lainnya yang perlu diteliti diantaranya adalah emisi gas buang, tingkat konsumsi bahan bakar, dan pengaruh metanol terhadap kerusakan dan umur komponen mesin. Selain itu perlu juga dilakukan penelitian untuk mencari kondisi *setting* mesin (*engine map*) yang optimal untuk setiap kendaraan untuk berbagai komposisi metanol-bensin. Untuk meningkatkan sifat pencampuran, kemampuan alir dan menurunkan resiko korosi pada komponen, saat ini terdapat beberapa larutan aditif yang dapat dibeli atau dibuat, misalnya dari jenis yang digunakan dalam penelitian ini, yaitu 1,2 Propylene glicol. Dengan dilakukannya penelitian-penelitian tersebut serta upaya-upaya untuk meningkatkan *usability* metanol, maka akan diperoleh sebuah bahan bakar alternatif yang lebih ramah lingkungan dan dapat diperbaharui, yang harganya tidak terpengaruh oleh gejolak politik dan ekonomi dunia.



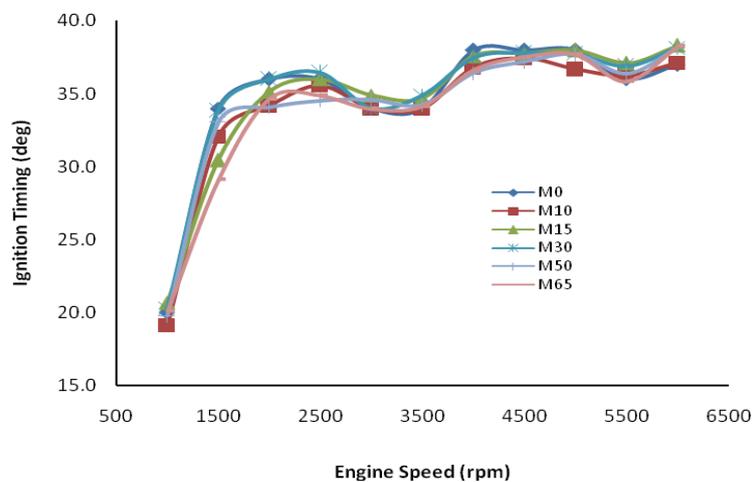
Gambar 7. Posisi throttle saluran udara untuk berbagai campuran metanol



Gambar 8. Laju aliran massa udara untuk berbagai campuran metanol



Gambar 9. Rasio udara-bahan bakar untuk berbagai campuran metanol



Gambar 10. Waktu penyalan untuk berbagai campuran metanol

4. Kesimpulan

Kesimpulan utama yang dihasilkan dari penelitian ini adalah bahwa pencampuran metanol ke dalam bahan bakar bensin, pada mesin dengan sistem injeksi bahan bakar, tidak menurunkan nilai torsi dan daya. Kesimpulan lainnya yaitu bahwa penambahan metanol pada mesin sistem injeksi tidak mengubah kondisi operasi mesin. Selain itu, pada penelitian ini juga disimpulkan bahwa larutan aditif 1,2 Propylene glicol dengan konsentrasi 0,7% dapat diaplikasikan pada kendaraan berbahan bakar bensin dengan sistem injeksi elektronik.

Referensi

- [1] Chen H., Yang L., Zhang P.H., Harrison A., 2014, “*The Controversial Fuel Metanol Strategy In China And Its Evaluation*”, International Journal of the Energi Strategy Reviews, ScienceDirect, 4: 28-33.
- [2] Liu S.H, Clemente E.R., Hu T.G, Wei Y.J., 2007, “*Study of Spark Ignition Engine Fueled with Methanol/Gasoline Fuel Blends*”, International Journal of Appl Thermal Eng., Science Direct, 27: 1904-1910.
- [3] Liu S.H., Çay Y., Korkmaz I., Çiçek A., Kara F., 2013, “*Prediction of Engine Performance and Exhaust Emissions for Gasoline and Methanol Using Artificial Neural Network*”, International Journal of Energy, Science Direct, 50: 177-186.
- [4] Abuz, O.B., Yamin, J., 2004, “*Effect of Methanol Addition on the Performance of Spark Ignition Engines*”, International Journal of Energy& Fuels, Science Direct, 18: 312–317.
- [5] Ozsezen, Necati A., Canakci, Mustafa, 2011, “*Performance and Combustion Characteristics of Alcohol-Gasoline Blends at Wide-Open Throttle*”, Energy, Vol. 36: 2747-2752.
- [6] Shayan S.B., Seyedpour S.M., Ommi F., Moosavy S.H., Alizadeh M., 2011, “*Impact of Methanol–Gasoline Fuel Blends on the Performance and Exhaust Emissions of a SI Engine*”, International Journal of Automotive Engineering Vol. 1, Number 3: 219-227.

- [7] McKetta, J.J., 2010, “*Encyclopedia of Chemical Processing and Design*”, Volume 2, Marcel Dekker Inc., New York.
- [8] Celik, M.B., Ozdalyan, Bulent & Alkan, Faruk, 2011. *The Use of Pure Methanol as Fuel at High Compression Ratio in a Single Cylinder Gasoline Engine*, Fuel, Vol. 90, hal. 1591-1598.
- [9] Pulkrabek, W.W., 1997, “*Engineering Fundamentals of the Internal Combustion Engine*”, Prentice Hall, New Jersey.
- [10] Hu T. G., Ge Y.S., Liu S.H. & Zhou L.B., 2007, “*Improvement of Spark-Ignition (SI) Engine Combustion and Emission during Cold Start, Fueled with Methanol/Gasoline Blends*”, Energy & Fuels, Vol. 21: 71-75.

Ucapan terima kasih

Penulis mengucapkan terima kasih khususnya kepada Departemen Teknik Mesin dan Fakultas Teknik Universitas Diponegoro, yang telah membantu dalam pendanaan dan administrasi sehingga penelitian ini dapat dilaksanakan dengan baik. Juga kepada seluruh asisten Laboratorium Efisiensi dan Konservasi Energi, Departemen Teknik Mesin, Fakultas Teknik Universitas Diponegoro yang telah membantu dalam persiapan pengujian dan pengambilan data.