

PENGGUNAAN CH₃OH SEBAGAI BAHAN BAKAR ALTERNATIF UNTUK SPARK IGNITION ENGINE DITINJAU DARI UNJUK KERJA DAN EMISI GAS BUANG YANG DIHASILKAN

***Muhammad Hasan Albana, **Djoko Sungkono Kawano**
*Politeknik Negeri Batam, **Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Jln. Parkway, Batam Center, Batam, 29461, Indonesia
E-mail : hasan@polibatam.ac.id

ABSTRACT

Methanol (CH₃OH) is a alternative fuels for spark ignition engine (SIE). Methanol has few physics and combustion characteristics similar to gasoline and it can be produced from fossil fuel (natural gas, coal) and from renewable resources such as wood, straw and even combustible trash which are all available in abundance. This paper is focused on effect of methanol as a alternative fuels on engine performance and exhaust emission by studying the literature of several studies. Results of previous research showed that methanol can be reduce the engine emission of carbon monoxide (CO), hydrocarbon (HC) and nitrogen oxides (NO_x) compared to gasoline. Without modification to the engine, thermal efficiency from the use of methanol is higher than gasoline but the torque and power produced slightly lower. Specific fuel consumption (SFC) of the use of methanol is slightly higher than gasoline. By increasing compression ratio and advance ignition timing to certain limit, engine performance from the use of methanol increased.

Keywords: exhaust emission, spark ignition engine, methanol, engine performance

ABSTRAK

Methanol (CH₃OH) merupakan salah satu bahan bakar alternatif untuk *spark ignition engine* (SIE) dengan karakteristik fisika dan pembakaran yang hampir sama dengan bensin. Methanol bisa dihasilkan dari bahan bakar fosil seperti gas alam dan batu bara maupun dari bahan baku lain seperti kayu, jerami, dan sampah dimana semua itu ketersediannya melimpah. Penelitian ini bertujuan untuk melihat pengaruh penggunaan methanol sebagai bahan bakar alternatif untuk SIE baik sebagai ekstender maupun digunakan murni 100% ditinjau dari unjuk kerja dan emisi gas buang yang dihasilkan dengan melakukan studi literatur dari beberapa penelitian. Hasil penelitian terdahulu menunjukkan bahwa penggunaan methanol sebagai bahan bakar secara efektif mengurangi emisi karbon monoksida (CO), hidrokarbon (HC) dan nitrogen oksida (NO_x) pada SIE dibandingkan ketika menggunakan bensin. Tanpa adanya modifikasi pada mesin, *thermal efficiency* yang dihasilkan dari penggunaan methanol lebih tinggi dibandingkan bensin tetapi torsi dan daya yang dihasilkan sedikit lebih rendah. Adapun *specific fuel consumption* (SFC) sedikit lebih tinggi. Meningkatkan *compression ratio* dan memajukan *ignition timing* mesin ketika menggunakan methanol pada batas tertentu menghasilkan unjuk kerja mesin yang lebih baik.

Kata kunci: emisi gas buang, *spark ignition engine*, methanol, unjuk kerja mesin.

1. Pendahuluan

Konsumsi minyak bumi Indonesia pada tahun 2011 adalah sebesar 318 juta barrel dimana 231 juta barrel diantaranya adalah berasal dari sektor transportasi, sedangkan jumlah cadangan minyak bumi Indonesia yang sudah terbukti pada tahun 2011 tersebut hanya sebesar 4,04 miliar barrel [1]. Kebutuhan akan transportasi untuk ke depan diprediksi semakin meningkat sedangkan cadangan minyak bumi semakin menipis. Oleh karena itu kebutuhan akan adanya bahan bakar minyak alternatif adalah sebuah keniscayaan.

Salah satu bahan bakar alternatif yang layak dipertimbangkan untuk sektor transportasi adalah methanol (CH₃OH). Methanol telah digunakan sebagai bahan bakar alternatif untuk sektor transportasi di China dan Amerika Serikat [2]. Pada tahun 2004 ada beberapa provinsi di China yaitu Shanxi, Shaanxi dan Henan yang telah mendemonstrasikan penggunaan M15 (15% methanol dan 85% bensin dalam hal volume) sebagai bahan bakar [3]. Sedangkan di Amerika Serikat methanol mulai digunakan sebagai bahan bakar alternatif untuk motor bensin pada tahun 1990 disebabkan adanya regulasi dari pemerintah negara tersebut mengenai larangan penggunaan timbal sebagai campuran untuk bensin. Jadi pada waktu itu penggunaan methanol sebagai campuran bahan bakar bensin bukan karena alasan semakin menipisnya cadangan minyak bumi tetapi lebih berfungsi sebagai *octane booster* karena penggunaan timbal dilarang [2]. Sedangkan di Indonesia penggunaan methanol sebagai bahan bakar alternatif masih belum populer

dibandingkan penggunaan ethanol padahal methanol memiliki beberapa keunggulan dibandingkan ethanol terkhusus pada ketersediaan bahan baku yang lebih melimpah dan variatif.

Bahan baku untuk membuat methanol lebih bervariasi karena bisa dihasilkan dari sumber energi yang bisa diperbarui seperti kayu, jerami dan sampah maupun dari sumber energi yang tidak bisa diperbarui seperti gas alam dan batu bara. Pada intinya semua bahan baku yang bisa diubah menjadi gas sintesis (*synthesis gas*) bisa dijadikan methanol [2]. Alternatif lainnya adalah produk pertanian, hidrogen, karbon dioksida (CO₂) yang diambil dari *power plant* dan atmosfer bisa dijadikan methanol [4].

Dari segi karakteristik, methanol memiliki keuntungan yaitu berbentuk cair dan memiliki beberapa sifat fisika serta pembakaran yang sama dengan bahan bakar bensin [5]. Karena berbentuk cair, methanol bisa langsung diaplikasikan sebagai pengganti bahan bakar cair yang ada pada saat ini karena ditunjang oleh infrastruktur distribusi yang sudah ada serta kemudahan dalam menyimpan pada kendaraan. Methanol juga memiliki karakteristik yang sangat diperlukan dalam proses pembakaran seperti: angka oktan yang tinggi, kemampuan *antiknock* yang sangat baik dan *high latent heat of vaporization*. Karakteristik ini menjadikan methanol sangat potensial dijadikan bahan bakar untuk *otto cycle spark ignition engine* (SIE). Beberapa karakteristik dari methanol dan bensin bisa dilihat pada Tabel 1. Penelitian ini bertujuan untuk melihat pengaruh penggunaan methanol sebagai bahan bakar alternatif untuk *spark ignition engine* baik sebagai ekstender (dicampur dengan bahan bakar bensin) maupun digunakan murni 100% ditinjau dari unjuk kerja dan emisi gas buang yang dihasilkan, dengan melakukan studi literatur dari beberapa penelitian. Diharapkan methanol bisa menjadi salah satu pilihan bahan bakar untuk kebutuhan transportasi di Indonesia seiring dengan semakin menipisnya cadangan minyak bumi nasional.

Tabel 1. Karakteristik Methanol dan Bensin [4], [5], [6]

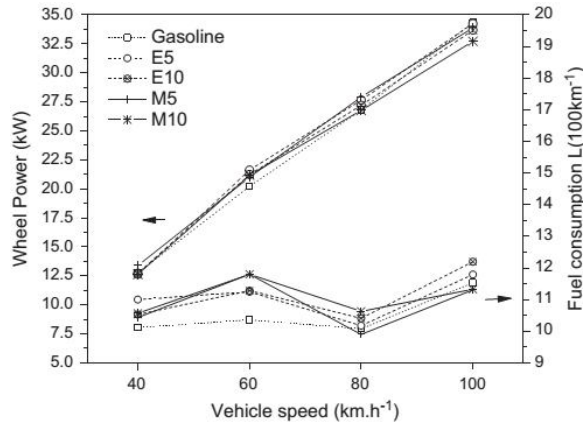
Karakteristik	CH ₃ OH	Bensin
RON	106	88
<i>Stoichiometry air/fuel ratio</i>	6,5	14,7
<i>Density (kg/l)</i>	0,79	0,74
<i>Oxygen content by mass (%)</i>	50	0
<i>Volumetric energy content (MJ/l)</i>	15,0	31,7
<i>Heat of vaporization (kJ/kg)</i>	1100	180-350
<i>Specific CO₂ emissions (g/MJ)</i>	68,44	73,95
<i>Lower heating value (MJ/kg)</i>	20,09	42,9
<i>Energy per unit mass of air (MJ/kg)</i>	3,12	2,95
<i>Reid vapour pressure (psi)</i>	4,6	7
<i>Adiabatic flame temperature (°C)</i>	1870	2002
<i>Initial boiling point</i>	64	74
50	64	125
90	65	180
<i>End boiling point</i>	66	215

2. Pengaruh Penggunaan Methanol terhadap Kinerja Mesin

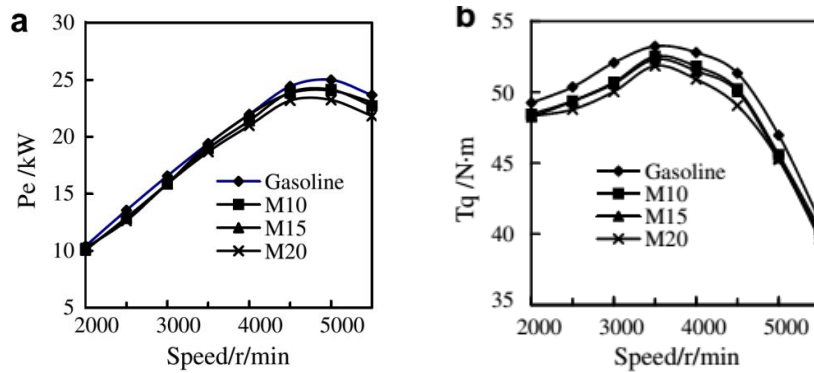
2.1. Torsi, Daya dan Konsumsi Bahan Bakar

Ozsezen et al. [5] meneliti pengaruh penggunaan campuran methanol dan bensin dengan komposisi methanol dalam hal volume adalah 5% dan 10%. Mesin diuji pada kondisi *wide open throttle* (WOT). Hasil dari penelitian mereka menunjukkan bahwa ketika methanol 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 [5]. Daya dan konsumsi bahan bakar dari penggunaan M5 dan M10 terlihat pada Gambar 1.

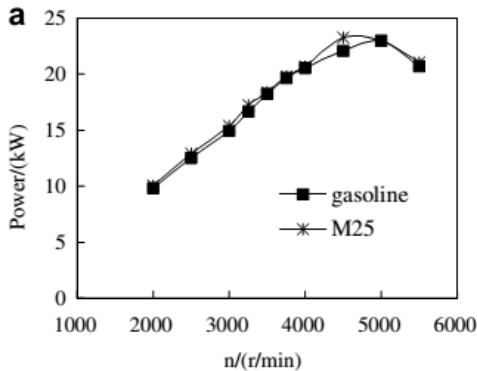
Shenghua et al. [3] melakukan penelitian mengenai pengaruh penggunaan M10, M15, M20 dan M25 terhadap torsi dan daya mesin. Pada kondisi operasional katup *throttle* terbuka lebar (WOT) dan tanpa adanya modifikasi pada mesin, torsi dan daya yang dihasilkan dari penggunaan campuran methanol dan bensin sedikit lebih rendah dibandingkan torsi dan daya yang dihasilkan dari penggunaan bensin murni. Semakin besar persentase methanol yang ditambahkan ke dalam campuran maka semakin rendah nilai torsi dan daya yang dihasilkan. Shenghua et al. [3] kemudian melakukan modifikasi pada mesin yang diuji yaitu dengan memajukan waktu pengapian sebesar 2° *crank angle* (CA). Hasil yang diperoleh dari memajukan waktu pengapian sebesar 2° CA tersebut adalah daya mesin hampir tidak mengalami penurunan apabila dibandingkan dengan daya mesin ketika menggunakan bensin murni dan dengan waktu pengapian standar. Permasalahan ini terlihat pada Gambar 2 dan 3.



Gambar 1. Pengaruh Penggunaan M5 dan M10 terhadap Daya dan Konsumsi Bahan Bakar [5].



Gambar 2. Pengaruh Penggunaan M10, M15 dan M20 terhadap Daya dan Torsi Mesin [3].

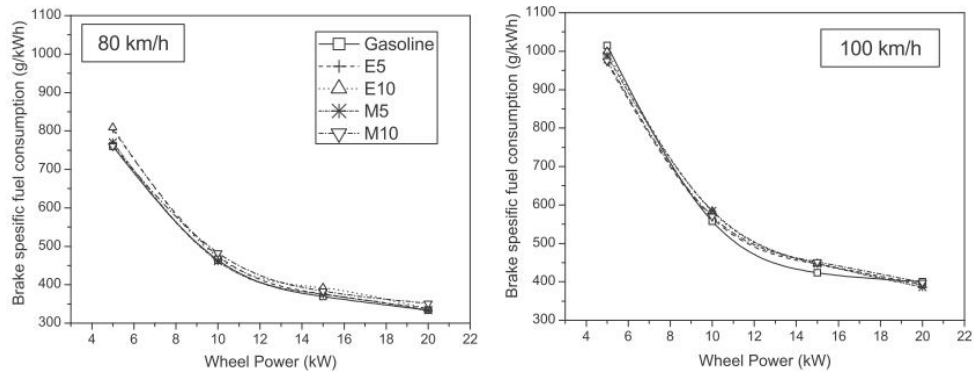


Gambar 3. Pengaruh Penggunaan Bahan Bakar M25 dan Bensin terhadap Daya Mesin ketika Waktu Pengapian dimajukanb 2° Crank Angle [3].

Eyidogan et al. [7] juga meneliti pengaruh campuran methanol dan bensin dengan persentase 5% methanol 95% bensin dan 10% methanol 90% bensin (M5 dan M10) pada sebuah *spark ignition engine* (SIE). Mereka menemukan bahwa dengan menggunakan campuran methanol dan bensin maka konsumsi bahan bakar spesifik sedikit meningkat walaupun tidak begitu signifikan. Hasil penelitian Eyidogan et al. [7] terlihat pada Gambar 4.

Methanol memiliki angka oktan yang tinggi. Apabila dicampur dengan bensin, maka bahan bakar juga akan memiliki angka oktan yang tinggi. Besarnya peningkatan angka oktan tergantung dari persentase methanol yang ditambahkan dan angka oktan awal dari bensin. Apabila bahan bakar yang digunakan memiliki angka oktan yang lebih tinggi dari kebutuhan mesin maka performa mesin akan berkurang dan emisi gas buang akan meningkat [8]. Penyebab lain kenapa torsi dan daya yang dihasilkan dari penggunaan bahan bakar methanol sedikit lebih rendah dibandingkan ketika menggunakan bahan bakar bensin adalah karena *heating value* dari methanol yang lebih rendah dibandingkan

bensin. Sebagaimana terlihat pada Tabel 1, *lower heating value* dari methanol hampir 50% lebih rendah dibanding bensin yaitu memiliki nilai 20,09 MJ/kg sedangkan bensin memiliki nilai 42,9 MJ/kg. Apabila methanol ditambahkan ke dalam bensin maka *heating value* dari campuran methanol-bensin tersebut juga akan lebih rendah dibandingkan bensin murni.

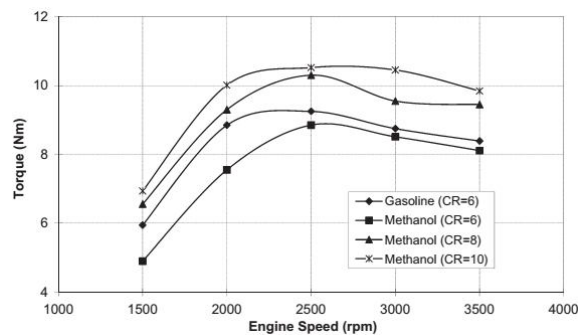


Gambar 4. Pengaruh Penggunaan M5 dan M10 terhadap Konsumsi Bahan Bakar Spesifik [7].

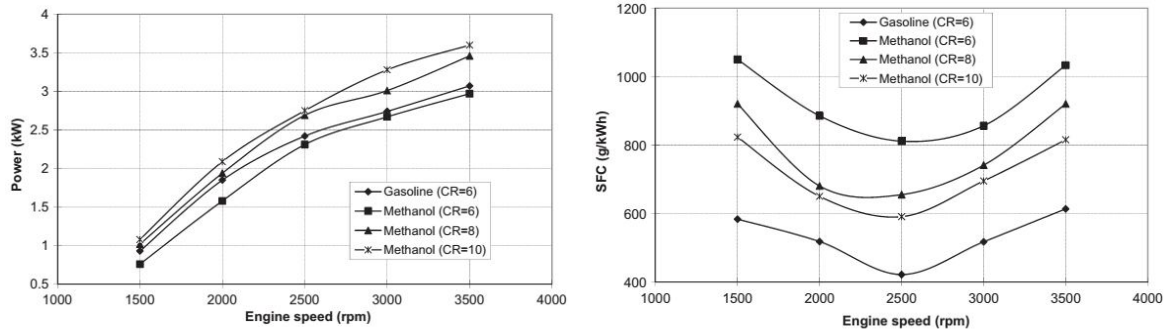
Kemungkinan lainnya adalah karena efisiensi volumetrik yang dihasilkan ketika menggunakan bahan bakar methanol yang lebih rendah dibandingkan ketika menggunakan bahan bakar bensin. Sebagaimana diketahui bahwa untuk memperoleh daya dan torsi yang optimal dari mesin maka jumlah udara yang masuk ke dalam silinder dalam setiap siklus harus optimal. Lebih banyak udara berarti lebih banyak bahan bakar yang dibakar dan lebih banyak energi yang dikonversi menjadi *output power*. Methanol, sebagai salah satu jenis alkohol, memiliki *air-fuel ratio* (AFR) yang lebih kecil dibandingkan bensin sebagaimana terlihat pada Tabel 1 yaitu 6,5:1 sedangkan bensin memiliki AFR 14,7:1. *Air-fuel ratio* yang lebih kecil akan menghasilkan kehilangan *volumetric efficiency* yang lebih besar [9]. Methanol juga memiliki nilai *heat of vaporization* yang lebih tinggi dibandingkan bensin yaitu 1100 KJ/kg sedangkan bensin hanya 180-350 KJ/kg. Bahan bakar dengan *heat of vaporization* yang tinggi akan menghasilkan beberapa kehilangan (*lost*) pada *volumetric efficiency* [9]. Penyebab konsumsi bahan bakar spesifik dari penggunaan bahan bakar methanol lebih tinggi dibandingkan bahan bakar bensin adalah karena *volumetric energy content* dari methanol yang lebih rendah dibandingkan bensin sehingga menyebabkan lebih banyak campuran methanol-bensin yang dibutuhkan untuk menghasilkan *power* yang sama dibandingkan ketika menggunakan bensin.

Beberapa cara yang bisa dilakukan untuk mengatasi permasalahan ini adalah dengan cara menaikkan perbandingan kompresi mesin maupun dengan mengoptimalkan waktu pengapian. Mengoptimalkan waktu pengapian dilakukan Shenghua et al [3] dan hasilnya terlihat pada Gambar 3. Penyebab torsi dan daya yang dihasilkan dari penggunaan methanol meningkat ketika waktu pengapian dimajukan 2° *crank angle* (CA) adalah karena methanol memiliki molekul oksigen sebesar 50% sehingga kecepatan pembakaran menjadi lebih cepat [11]. Hu et al [12] juga menyatakan bahwa awal pembakaran menjadi lebih cepat dan fase pembakaran menjadi lebih pendek ketika methanol ditambahkan ke dalam bensin. Dengan memajukan waktu pengapian sebesar 2° CA maka campuran methanol-bensin terbakar secara optimal di dalam mesin dan menghasilkan *power output* yang lebih baik.

Sementara Celik et al. [10] melakukan penelitian mengenai pengaruh penggunaan methanol untuk mesin bensin satu silinder pada berbagai rasio kompresi. Mereka menemukan bahwa dengan semakin tingginya perbandingan kompresi mesin, maka daya dan torsi mesin yang diperoleh juga semakin meningkat. Adapun untuk konsumsi bahan bakar spesifik mengalami penurunan. Permasalahan ini terlihat pada Gambar 5, 6 dan 7.



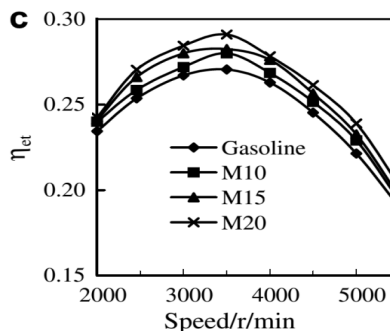
Gambar 5. Pengaruh Penggunaan Bahan Bakar Bensin dan Methanol terhadap Torsi Mesin pada Berbagai Perbandingan Kompresi [10]



Gambar 6. Pengaruh Penggunaan Bahan Bakar Bensin dan Methanol terhadap Daya Mesin dan Konsumsi Bahan Bakar Spesifik pada Berbagai Perbandingan Kompresi [10]

2.2. Efisiensi Thermal

Efisiensi thermal yang dihasilkan dari penggunaan bahan bakar methanol lebih tinggi dibandingkan ketika menggunakan bahan bakar bensin, sebagaimana penelitian yang dilakukan oleh Shenghua et al [3] dan Celik et al [10] terlihat pada Gambar 7 dan Gambar 8. Hal ini kemungkinan disebabkan karena *laminar flame speed* dari methanol yang lebih tinggi dibandingkan bensin. *Laminar flame speed* yang tinggi meningkatkan efisiensi thermal karena pembakaran diselesaikan lebih awal dan kehilangan panas (*heat loss*) dari silinder berkurang [3]. Kemungkinan penyebab lainnya adalah karena methanol memiliki unsur oksigen yang lebih banyak dibandingkan bensin sehingga proses pembakaran bahan bakar dan udara menjadi lebih baik dan efisiensi thermal meningkat [3]. *Heat of vaporization* yang tinggi menyebabkan methanol menyerap lebih banyak panas dari silinder selama penguapan (*vaporization*) pada langkah kompresi. Hal ini mengurangi kebutuhan kerja untuk mengkompresi campuran bahan bakar dan udara sehingga pada akhirnya efisiensi thermal meningkat [3].

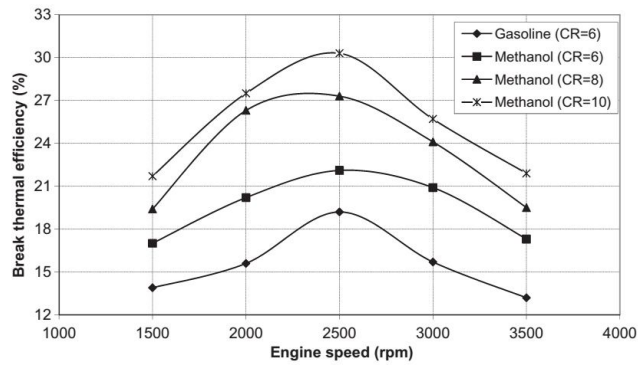


Gambar 7. Pengaruh Penggunaan M10, M15 dan M20 terhadap Efisiensi Thermal Mesin [3].

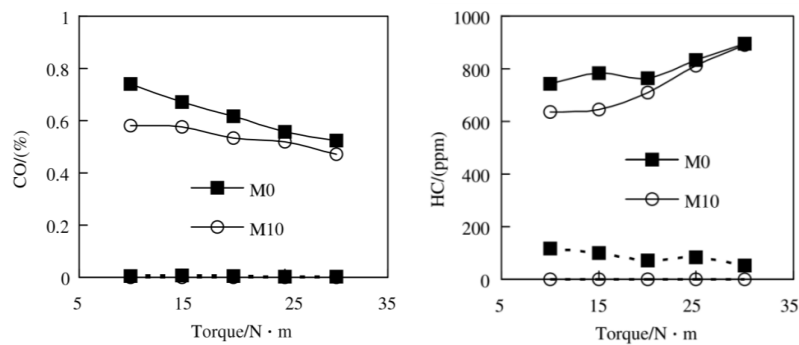
2.3. Emisi Gas Buang

Emisi gas buang karbon monoksida (CO) dan hidrokarbon (HC) dari penggunaan M10 tanpa adanya modifikasi pada mesin adalah lebih rendah dibandingkan ketika menggunakan bahan bakar bensin [3]. Berkurangnya emisi CO yang dihasilkan dari penggunaan campuran methanol karena methanol hanya mengandung sekitar 37,5% karbon (C), sedangkan bensin mengandung 85,8% karbon. Karbon ini secara langsung dikonversi menjadi CO selama pembakaran sehingga penggunaan emisi CO secara kuantitatif akan berkurang ketika menggunakan methanol [13]. Methanol juga memiliki unsur oksigen (O_2) yang jauh lebih tinggi dibandingkan bensin sebagaimana terlihat pada Tabel 1, dimana methanol memiliki kandungan oksigen 50% sedangkan bensin 0%. Ketika methanol ditambahkan ke dalam bensin maka campuran methanol-bensin tersebut akan memiliki lebih banyak oksigen. Hal ini akan menyebabkan reaksi pembakaran di dalam mesin akan menjadi lebih sempurna sehingga mengurangi emisi CO dan HC [12]. Hal ini terlihat pada Gambar 9.

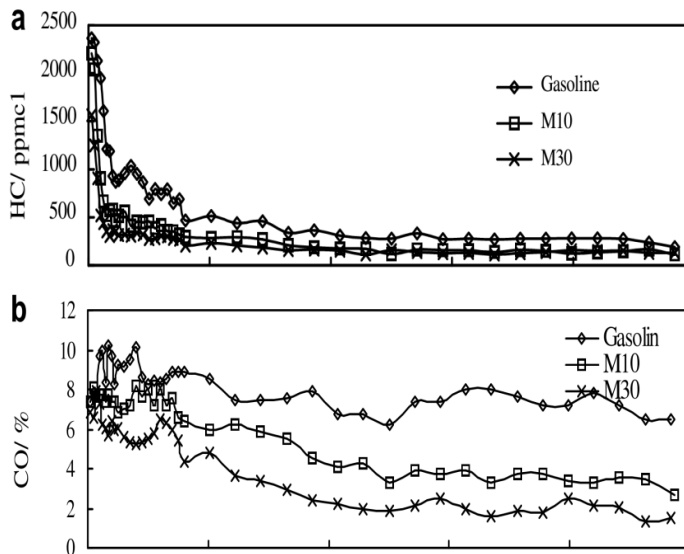
Ketika mesin dihidupkan pada kondisi dingin (*cold start*) dan pada waktu *warming up*, emisi CO dan HC cenderung lebih tinggi karena campuran kaya pada waktu tersebut. Dengan menggunakan methanol sebagai bahan bakar, emisi CO dan HC yang dihasilkan jauh lebih rendah dibandingkan ketika menggunakan bahan bakar bensin [3]. Hal ini terlihat pada Gambar 10.



Gambar 8. Pengaruh Penggunaan Bahan Bakar Bensin dan Methanol terhadap Efisiensi Thermal pada Berbagai Perbandingan Kompresi [10]



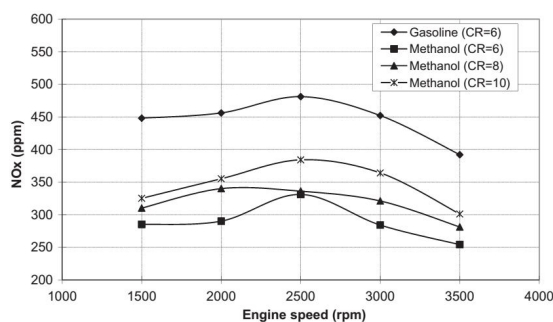
Gambar 9. Pengaruh Penggunaan M10 dan Bensin terhadap Emisi CO dan HC [3]



Gambar 10. Emisi HC dan CO dari Penggunaan Bensin, M10 dan M30 pada Kondisi Cold Start dan Warming Up hadap Emisi CO dan HC [3]

Untuk emisi nitrogen oksida (NO_x), emisi yang dihasilkan dari penggunaan M10 dan bensin tidak berbeda terlalu signifikan [3]. Akan tetapi ketika menggunakan bahan bakar methanol 100% maka emisi NO_x yang dihasilkan jauh lebih rendah dibandingkan ketika menggunakan bahan bakar bensin. Karena *heat of vaporization* dari methanol lebih tinggi dibandingkan bensin, temperatur campuran pada akhir langkah hisap berkurang sehingga menyebabkan temperatur pembakaran berkurang dan emisi NO_x berkurang [10]. Emisi NO_x bertambah sekitar 16% dengan bertambahnya perbandingan kompresi dari 6:1 menjadi 10:1. Ketika perbandingan kompresi meningkat maka temperatur juga

meningkat sehingga menyebabkan emisi NO_x bertambah. Permasalahan ini terlihat pada Gambar 11 di bawah ini:



Gambar 11. Pengaruh Penggunaan Bahan Bakar Bensin dan Methanol terhadap Emisi NO_x pada Berbagai Perbandingan Kompresi [10]

3. Kesimpulan

Mencampur methanol ke dalam bensin dengan persentase minimal (M10 dan M15) bisa langsung digunakan sebagai bahan bakar untuk *spark ignition engine* (SIE) tanpa adanya modifikasi pada mesin tetapi memiliki konsekuensi torsi dan power yang dihasilkan sedikit lebih rendah dan konsumsi bahan bakar sedikit meningkat. Untuk memperoleh performa yang lebih baik dapat dilakukan dengan memajukan waktu pengapian (*ignition timing*) dan menaikkan perbandingan kompresi mesin. Menggunakan methanol sebagai bahan bakar secara efektif mengurangi emisi karbon monoksida (CO), hidrokarbon (HC) dan nitrogen oksida (NO_x) yang dihasilkan oleh mesin.

4. Daftar Pustaka

1. Ministry of Energy and Mineral Resources, (2012), "Handbook of Energy and Economic Statistics of Indonesia", Center for Data and Information on Energy and Mineral Resources, Jakarta.
2. Bromberg, L & Cheng, W.K. (2010), "Methanol as an Alternative Fuel in the US: Options for Sustainable and/or Energy Secure Transportation", Massachusetts Institute of Technology, Cambridge.
3. Shenghua, Liu., Clemente, Eddy R. Cuty., Tiegang, Hiu&Yanjv, Wei, (2007), "Study of Spark Ignition Engine Fueled with Methanol/Gasoline Fuel Blends", Applied Thermal Engineering, Vol. 27, hal. 1904-1910.
4. Vancoillie, J., Demuyne, J., Sileghem, L., Ginsté, M. Van De., Verhelst, S., Brabant, L&Hoorebeke, L. Van, (2013), "The Potential of Methanol as a Fuel for Flex-Fuel and Dedicated Spark-Ignition Engine", Applied
5. Ozsezen, AhmetNecati&Canakci, Mustafa, (2011), "Performance and Combustion Characteristics of Alcohol-Gasoline Blends at Wide-Open Throttle", Energy, Vol. 36, hal. 2747-2752.
6. PT. Pertamina, (2007), "Material Safety Data Sheet Gasoline 88", Direktorat Pemasaran dan Niaga Pertamina, Jakarta.
7. Eyidogan, Muharrem., Ozsezen, AhmetNecati., Canakci, Mustafa&Turkcan, Ali, (2010), "Impact of Alcohol-Gasoline Fuel Blends on the Performance and Combustion Characteristics of an SI Engine", Fuel, Vol. 89, hal. 2713-2720.
8. Sayin, Chenk., Kiliscalan, Ibrahim., Canakci, Mustafa&Ozsezen, Necati, (2005), "An Experimental Study of the Effect of Octane Number Higher than Engine Requirement on the Engine Performance and Emissions", Applied Thermal Engineering, Vol. 25, hal. 1315-1324.
9. Pulkrabek, Willard W, Engineering Fundamentals of the Internal Combustion Engine, Prentice Hall, New Jersey, 1997.
10. Celik, M. Bahattin., 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.
11. Xie, Fang-Xi., Li, Xiao-Ping., Wang, Xin-Chao., Su, Yan & Hong, Wei, (2013), "Research on Using EGR and Ignition Timing to Control Load of a Spark Ignition Engine Fueled with Methanol", Applied Thermal Engineering, Vol. 50, hal. 1084-1091.
12. 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, hal. 71-75.
13. Zhao, Hong., Ge, Yunshan., Tan, Jianwei., Yin, Hang., Zhao, Wei & Dai, Peipei, (2011), "Effects of Different Mixing Ratios on Emissions from Passengers Cars Fueled with Methanol/Gasoline Blends", Journal of Environmental Sciences, Vol. 23, hal. 1831-1838.