

EFEK METANOL KADAR RENDAH TERHADAP EFISIENSI TERMAL MESIN DIESEL INJEKSI LANGSUNG DENGAN SISTEM EGR

Sugeng*, Syaiful

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro
Jl. Prof. H. Soedarto, SH, Tembalang, Semarang 50239

*Email: sugeng03@yahoo.com

Abstrak

Jumlah kendaraan yang semakin meningkat menyebabkan kelangkaan BBM dan meningkatkan polusi. Salah satu cara untuk mengatasi masalah tersebut adalah dengan penggunaan bahan bakar alternative antara lain minyak jarak dan metanol. Penelitian ini mempelajari pengaruh campuran metanol kadar rendah terhadap efisiensi termal pada mesin diesel Isuzu 4JB1 yang dilengkapi dengan system EGR (Exhaust Gas Recirculation). Metanol yang digunakan mempunyai kadar air 24,88% berbasis volume. Rasio campuran solar-minyak jarak-metanol yang digunakan adalah 100/0/0, 85/20/5, 80/20/10 dan 75/20/15 % pada volume basis. Bukaannya katub EGR divariasikan dari 0 hingga 50%. Pengujian dilakukan pada putaran stasioner 2000 rpm dan diberi beban dari 25% sampai 100% dengan interval pembebanan 25%. Sebuah dynamometer merk dynamite Land & Sea digunakan untuk mengukur daya mesin yang nantinya akan digunakan untuk menghitung efisiensi termal. Data hasil eksperimen menunjukkan bahwa semakin tinggi presentasi metanol dalam campuran bahan bakar mengakibatkan efisiensi termal cenderung menurun.

Kata kunci: Efisiensi thermal, EGR, metanol.

1. PENDAHULUAN

Mesin diesel merupakan salah satu penggerak mula yang cukup banyak pemakaiannya, mulai dari bidang transportasi, pertanian, alat berat, industri, dsb. Mesin diesel banyak digunakan karena mempunyai beberapa keunggulan antara lain sistem pembakarannya menggunakan *compression-ignition* yang tidak memerlukan busi. Sistem ini memungkinkan tercapainya tekanan awal yang tinggi sebelum terjadi proses pembakaran. Hal ini akan meningkatkan efisiensi termal dibandingkan sistem yang lain (Heywood, 1988). Keunggulan yang lain adalah fleksibilitas jenis bahan bakar yang digunakan. Karena pembakaran yang terjadi tidak memerlukan pengontrolan bunga api, maka berbagai jenis bahan bakar bisa dipakai. Misalnya, minyak tanah, alkohol, *biofuel* (minyak sawit, minyak kelapa, minyak jarak, dsb), emulsi (campuran air dan solar), dsb.

Minyak jarak adalah salah satu bahan bakar alternative yang diperoleh dari proses esterifikasi *vegetable oil*. Bahan bakar ini digunakan pada mesin diesel untuk mengurangi ketergantungan terhadap bahan bakar fosil. Akhir-akhir ini produksi biodiesel semakin meningkat karena selain ramah lingkungan, produksi minyak jarak juga relatif murah. Murugesan dkk. (2009) mereview tentang penggunaan biodiesel untuk bahan bakar mesin diesel dan mengungkapkan bahwa campuran biodiesel 20% adalah yang terbaik untuk mesin diesel.

Pemakaian minyak jarak pada mesin diesel tidak berpengaruh signifikan pada sisi polusi. Metanol dapat dipertimbangkan sebagai bahan bakar untuk mesin diesel karena selain mengurangi konsumsi bahan bakar fosil juga telah terbukti dapat menurunkan emisi jelaga. Syaiful dkk. (2013) mengungkapkan bahwa dengan mencampur biosolar dengan LPM (*Low Purity Methanol*), emisi jelaga menurun seiring dengan meningkatnya kadar volume LPM. Penurunan emisi jelaga tersebut signifikan pada persentase EGR yang rendah. Metanol mempunyai viskositas yang lebih rendah dibanding dengan minyak diesel sehingga lebih mudah diinjeksi, diatomisasi dan dicampur dengan udara (Sayin, 2010). Bahan bakar tersebut dapat digunakan secara murni maupun dicampur dengan bahan bakar lain. Karakteristik utama dari metanol yang menjadi kendala sebagai bahan bakar mesin diesel adalah rendahnya nilai cetane, tingginya panas laten dan panjangnya waktu penyalaan yang diakibatkan oleh kedua faktor tersebut (Agarwal, 2007).

Efisiensi termal adalah perbandingan antara daya yang dihasilkan mesin dengan energi bahan bakar yang disuplai ke mesin. Zhu dkk (2010) menjelaskan bahwa alkohol mempunyai angka *cetane* yang rendah, sehingga karakteristik pengapian dan pembakarannya menjadi buruk. Oleh sebab itu campuran alkohol menghasilkan efisiensi thermal yang lebih rendah dibanding dengan diesel. Hal ini juga sesuai dengan penelitian yang telah dilakukan oleh Kumar dkk. (2003) serta

Karabektas dkk. (2011). Untuk menaikkan efisiensi termal, Anand (2011) mengadakan penelitian dengan mencampur biodiesel dan metanol.

Berdasarkan studi pendahuluan diatas dapat diambil kesimpulan bahwa campuran LPM pada biosolar akan menurunkan emisi, akan tetapi pengaruh terhadap efisiensi termal belum banyak diteliti. Maka peneliti mengadakan observasi tentang penggunaan LPM sebagai campuran biosolar Pertamina dan minyak jarak. Pada penelitian ini, peneliti memfokuskan untuk mengetahui pengaruh LPM saat dipakai sebagai campuran biosolar-biodiesel terhadap efisiensi termal mesin diesel. Hasilnya akan dibandingkan dengan efisiensi termal mesin diesel berbahan bakar biosolar murni.

2. METODOLOGI

Bahan bakar yang digunakan pada penelitian ini adalah biosolar, minyak jarak dan metanol. Bahan bakar biosolar diproduksi oleh PT. Pertamina, Tbk. Metanol dengan tingkat kemurnian 75,22% dibeli dari toko kimia Indrasari, Semarang. Sedangkan minyak jarak juga dibeli dari toko kimia Indrasari. Karakteristik utama bahan bakar tersebut ditunjukkan pada tabel 1. Persentase volume minyak jarak 20% sedangkan persentase volume metanol yang diuji adalah 0%, 5%, 10% dan 15% dari volume biosolar, secara berurutan disebut D100, DJM5, DJM10 dan DJM15. Pencampuran bahan bakar dipersiapkan sebelum dimulainya eksperimen untuk memastikan bahwa campuran tersebut homogen. Sebuah pengaduk digunakan saat pencampuran bahan bakar tersebut.

Tabel 1. Karakteristik bahan bakar

NO	KARAKTERISTIK	SAT	Biosolar	Minyak Jarak	Metanol
1	Angka Setana	-	48,0	41,8	3,3
2	Kadar Air	% v	0,05	3,16	24,88
3	Viscositas Kinematik (pada Suhu 40 °C)	mPa.s	2,0 – 5,0	3,23	0,46
4	Densitas (pada suhu 15 °C)	kg/m ³	860,0	907,8	793,2
5	Nilai Kalor	MJ/kg	45,21	37,97	21,73
6	Titik Nyala	°C	60,0	198,0	10,7

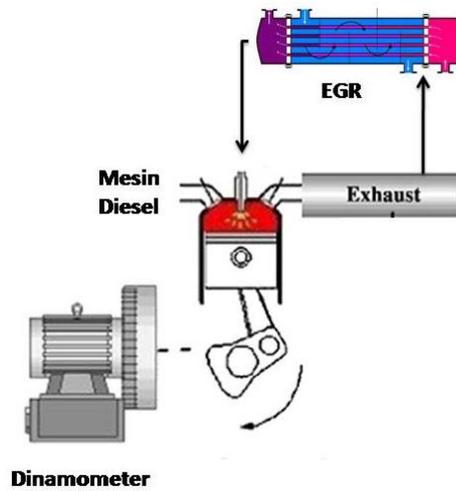
Eksperimen dilakukan dengan mesin diesel injeksi langsung 4 silinder yang spesifikasinya dijelaskan pada table 2. Pengujian dilakukan pada putaran stasioner 2000 rpm. Level EGR (*Exhaust Gas Recirculation*) divariasikan dari 0 hingga 50%. Masing-masing campuran diberi beban dari 25% sampai 100% dengan interval pembebanan 25%. Sebuah dynamometer merk dynamite Land & Sea digunakan untuk mengukur daya mesin yang nantinya akan digunakan untuk menghitung efisiensi thermal.

Tabel 2. Spesifikasi mesin diesel

Model of engine type	Isuzu 4JB1 4 cylinder, 4 cycle, OHV, vertical in-line, direct injection
Cylinder number	4
Cylinder bore	93 mm
Cylinder stroke	102 mm
Compression ratio	18.2 : 1
Compression pressure	31 kg/cm ²
Total cylinder volume	2771 cc

Peralatan percobaan disusun seperti pada gambar 1. Campuran bahan bakar yang telah dipersiapkan sesuai dengan persentase campurannya dialirkan ke mesin diesel. Kemudian aliran bahan bakar diukur untuk mengetahui konsumsi bahan bakar tersebut. Saat mesin diesel bekerja, pembebanan dilakukan dengan beberapa variasi beban yang diukur dengan menggunakan

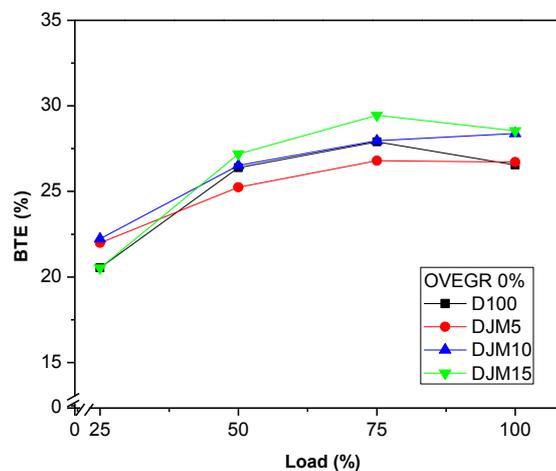
dynamometer. Hal ini dilakukan dalam rangka untuk mengukur torsi dan daya pengereman. Dilain sisi, pada sisi knalpot (*exhaust*) yang telah dihubungkan dengan EGR juga diatur variasi valve menuju EGR nya. Proses pengujian yang dilakukan pada penelitian ini mengacu pada ASTM D6751 (Yilmaz, 2012).



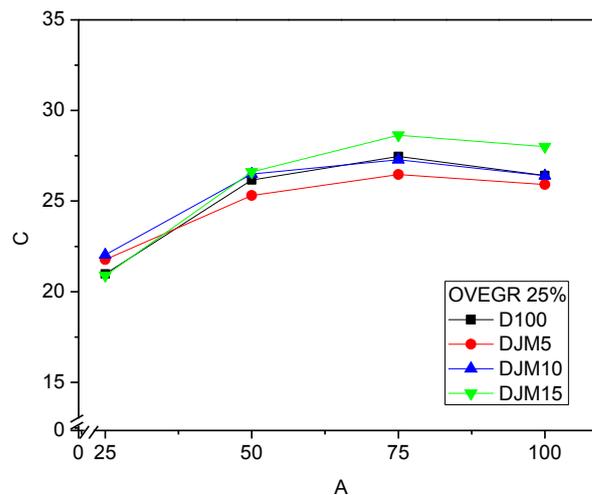
Gambar 1. *Experimental set up*

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

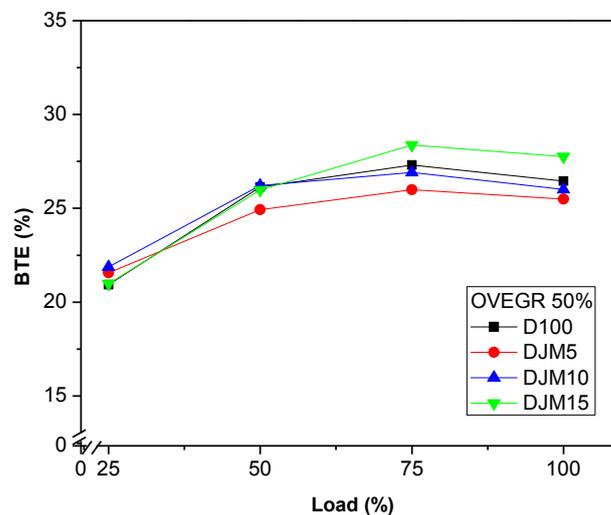
Penelitian ini dilakukan dengan metode eksperimen murni yang bertujuan untuk mencari pengaruh methanol terhadap efisiensi termal pada mesin diesel injeksi langsung. Penelitian dilakukan di Laboratorium Mekanika Fluida Teknik Mesin, Universitas diponegoro, Semarang. Hasil pengujian dari beberapa macam bahan bakar dengan bukaan katub EGR 0%, 25%, 50% masing-masing dipresentasikan pada Gambar 2, 3 dan 4.



Gambar 2. Efisiensi termal untuk berbagai macam bahan bakar dengan EGR 0%



Gambar 3. Efisiensi termal untuk berbagai macam bahan bakar dengan EGR 25%



Gambar 4. Efisiensi termal untuk berbagai macam bahan bakar dengan EGR 50%

Sayin (2010) mengungkapkan bahwa efisiensi termal mengindikasikan kemampuan sistem pembakaran untuk mengakomodasi bahan bakar dan memberikan arti nilai perbandingan seberapa efisien energi pada bahan bakar dikonversikan menjadi keluaran mekanik (*mechanical output*). Pada gambar 2, 3 dan 4 menunjukkan variasi efisiensi termal dengan berbagai macam bahan bakar pada berbagai variasi beban. Efisiensi termal meningkat dengan meningkatnya beban mesin. Akan tetapi setelah beban 75%, efisiensi termal terlihat cenderung sedikit menurun. Pada putaran mesin tetap, meningkatnya beban menyebabkan daya yang dibangkitkan menjadi lebih tinggi karena beban sebanding dengan daya. Hal ini mengakibatkan efisiensi termal meningkat juga (vashist, 2011). Sedangkan melihat dari penggunaan bahan bakar, efisiensi termal mesin diesel dengan menggunakan DJM5 lebih kecil bila dibandingkan dengan menggunakan bahan bakar biosolar murni. Hal terjadi karena metanol mempunyai angka setan yang rendah sehingga sifat pengapian dan pembakarannya agak buruk yang menyebabkan efisiensi termal menjadi lebih rendah (Yilmaz, 2012). Selain itu, karena rendahnya nilai kalor dan tingginya panas laten penguapan, campuran methanol dapat menurunkan temperature pembakaran yang pada akhirnya menurunkan efisiensi termal (Zhu dkk., 2010). Sedangkan untuk mesin diesel yang menggunakan bahan bakar DJM10 dan DJM15 menghasilkan efisiensi termal yang sedikit lebih besar disbanding dengan mesin berbahan bakar biosolar murni. Pengaruh gabungan dari besarnya kandungan Oksigen, tingginya

kecepatan penyalaan (*fame speed*) dan meningkatnya karakteristik semprotan akibat penurunan kekentalan menyebabkan laju pembakaran lebih tinggi dari campuran bahan bakar melebihi biosolar murni. Hal ini mengakibatkan efisiensi termal menjadi meningkat (Anand dkk., 2011). Efisiensi termal terbesar dihasilkan oleh mesin diesel dengan bahan bakar DJM15 yaitu 29,45%.

Jika melihat pengaruh level EGR dengan membandingkan Gambar 2, 3 dan 4, dapat disimpulkan bahwa efisiensi termal cenderung menurun dengan meningkatnya level EGR. Meningkatnya level EGR mengakibatkan ketersediaan Oksigen untuk pembakaran menjadi menurun karena digantikan oleh gas buang. Hal ini menyebabkan pembakaran memburuk sehingga efisiensi termalpun jadi ikut turun (Agarwal dkk., 2003). Disamping itu, meningkatnya level EGR menyebabkan besarnya aliran massa gas buang sehingga menurunkan temperatur pembakaran rata-rata di ruang bakar. Kejadian ini mengakibatkan penurunan efisiensi termal pada semua beban (Mani dkk., 2010)

4. KESIMPULAN

Berikut ini adalah kesimpulan utama yang didapat pada penelitian mengenai pengaruh methanol kadar rendah terhadap efisiensi termal pada mesin diesel injeksi langsung dengan sistem EGR:

1. Penggunaan DJM5 menyebabkan efisiensi termal mesin diesel lebih rendah dibanding dengan biosolar murni.
2. Mesin diesel berbahan bakar DJM10 dan DJM15 menghasilkan efisiensi termal yang lebih tinggi dari biosolar murni.
3. Adanya sistem EGR dapat menurunkan efisiensi termal. Meningkatnya level EGR mengakibatkan menurunnya efisiensi termal.
4. Bertambahnya beban mesin menyebabkan efisiensi termal meningkat, kecuali pada beban lebih besar dari 75%.

DAFTAR NOTASI

ASTM	<i>American Society for Testing and Materials</i>
BBM	Bahan Bakar Minyak
BTE	<i>Brake Thermal Efficiency</i>
D100	<i>Diesel 100%</i>
DJM5	Biosolar 85%, <i>Jatropha</i> 20%, Metanol 5%
DJM10	Biosolar 80%, <i>Jatropha</i> 20%, Metanol 10%
DJM15	Biosolar 75%, <i>Jatropha</i> 20%, Metanol 15%
EGR	<i>Exhaust Gas Recirculation</i>
LPM	<i>Low Purity Methanol</i>
Rpm	<i>rotate per minute</i>
SPBU	Stasiun Pengisian Bahan Bakar Umum

DAFTAR PUSTAKA

- Agarwal AK, (2007), Biofuels (Alcohol and Biodiesel) Applications as Fuels for Internal Combustion Engine, *Elsevier*, 33, pp. 60-71.
- Anand K, Sharma R.P, Mehta P.S, (2011), Experimental Investigation on Combustion, Performance and Emissions Characteristics of Neat Karanji Biodiesel and Its Methanol Blends in a Diesel Engine, *Elsevier*, 35, pp. 533-541.
- Heywood, John B.L., (1988), *Internal Combustion Engine Fundamentals*, McGraw-Hill, Inc., New York.
- Karabektas M, Ergen G, Hosoz M, (2011), Effect of the blends containing low ratios of alternative fuels on the performance and emission characteristics of a diesel engine, *Elsevier*, 04, pp. 36-39.
- Kumar SM, Ramesh A, Nagaliman B, (2003), An experimental comparison of methods to use methanol and jatropha oil in a compression ignition engine, *Elsevier*, 25, pp. 309 – 318.

- Mani M, Nagarajan G, Sampath S, (2010), An Experimental Investigation on A DI Diesel Engine Using Waste Plastic oil with Exhaust Gas Recirculation, *Elsevier*, 89, pp. 1826-1832.
- McKinley TL, (1997), Modeling Sulfuric acid condensation in diesel engine EGR coolers, *SAE*, 636.
- Syaiful, Stefan Mardikus, M. W. Bae and Kazuo Tsuciya, (2013), Effect of Exhaust Gas Recirculation on Smoke Emission in a Direct Injection (DI) Diesel Engine Fueled Diesel-Low Purity Methanol (LPM) Blends, The Seventh international Symposium on Mechanics, Aerospace and Informatics Engineering (ISMAI), ISMAI07-EP-01, pp. 147-151.
- Vashist D, Ahmad M, (2011), A Comparative Study of Castor and Jatropha Oil Source and its Methyl Ester Test on The Diesel Engine, *International Journal of Engineering and Technology*, 3, pp. 4765-4773.
- Yilmaz N, Sanchez TM, (2011), Analysis of operating a diesel engine on biodiesel-ethanol and biodiesel-methanol blends, *Elsevier*, 11, pp. 62-65.
- Yilmaz N, (2012), Comparative analysis of biodiesel-ethanol-diesel and biodiesel-methanol-diesel blends in a diesel engine, *Elsevier*, 40, pp. 210-213.
- Zhu L, Cheung CS, Zhang WG, Huang Z, (2010), Emissions characteristics of a diesel engine operating on biodiesel and biodiesel blended with ethanol and methanol, *Elsevier*, 408, pp. 914-921.