

EFEK METHANOL KADAR RENDAH TERHADAP EFISIENSI THERMAL MESIN DIESEL INJEKSI LANGSUNG DENGAN SISTEM HOT EGR MENGGUNAKAN CAMPURAN BAHAN BAKAR BIOSOLAR DAN JATROPHA

Yafid Effendi*, Syaiful

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

*Email: yafid.effendi@yahoo.com

Abstrak

Salah satu jenis mesin kendaraan bermotor yang sangat sesuai untuk transportasi dan kendaraan alat berat adalah mesin diesel, karena efisiensi pembakaran yang tinggi, kehandalan, fleksibilitas bahan bakar, dan rendahnya konsumsi bahan bakar membuat diesel banyak digunakan di beberapa Negara. Bahan bakar diesel merupakan bahan bakar fosil yang tidak dapat diperbaharui karena terbentuknya membutuhkan waktu berjuta-juta tahun lamanya. Campuran metanol dan jatropha digunakan sebagai bahan bakar alternatif. Penelitian ini mempelajari pengaruh campuran metanol kadar rendah terhadap efisiensi thermal pada mesin diesel Isuzu 4JB1 injeksi langsung dengan sistem Hot EGR (Exhaust Gas Recirculation) menggunakan campuran bahan bakar Diesel EURO II dan jatropha. Metanol yang digunakan mempunyai kadar air 24,88% berbasis volume. Rasio campuran solar, metanol dan jatropha yang digunakan adalah D85M5J10, D80M10J10, D75M15J10. Buka EGR divariasikan dari 0 sampai 100%. Pengujian dilakukan pada putaran konstan 2000 rpm dan diberi beban dari 25%, 50%, 75% dan 100%. Sebuah dynamometer merk dynamite Land & Sea digunakan untuk mengukur daya mesin yang digunakan untuk menghitung efisiensi thermal. Hasil eksperimen menunjukkan Pada variasi EGR terhadap beban untuk bahan bakar D100, D85M5J10, D80M10J10 dan D75M15J10 untuk beban 100%, Nilai brake thermal efficiency menurun sebesar 3,98% EGR 100%, 9,63 EGR 75%, 11,53% EGR 100% dan Penurunan tertinggi terjadi pada D75M15J10 sebesar 13,84 pada EGR 100%. Sedangkan Pada variasi bahan bakar terhadap beban untuk campuran bahan bakar D85M5J10, D80M10J10 dan D75M15J10, nilai brake thermal efficiency meningkat dibandingkan bahan bakar D100 dikarenakan tingginya konsentrasi O₂ pada metanol. Pada EGR 0% meningkat 13,83 D80M10J10, EGR 25% 17,68% D75M15J10, EGR 50% 11,72% D80M10J10, EGR 75% 11,8% D80M10J10 dan EGR 100% 6,44% D85M5J10 dan kenaikan tertinggi terjadi pada EGR 25% sebesar 17,68% D75M15J10.

Kata kunci: Efisiensi thermal, EGR, metanol, jatropha

1. Pendahuluan

Bertambahnya jumlah kendaraan bermotor dan krisis bahan bakar dianggap berdampak buruk pada lingkungan. Telah terbukti bahwa polutan dari emisi kendaraan bermotor berdampak signifikan terhadap sistem ekologi dan kesehatan manusia (Lei Zhu et al, 2010). Salah satu jenis mesin kendaraan bermotor yang sangat sesuai untuk transportasi dan kendaraan alat berat adalah mesin diesel. Kontribusinya untuk kesejahteraan ekonomi, efisiensi pembakaran yang tinggi, kehandalan, fleksibilitas bahan bakar, dan rendahnya konsumsi bahan bakar membuat diesel banyak digunakan di beberapa negara (Zhiqiang Guo et al, 2011). Meskipun memiliki beberapa keuntungan tersebut, mesin diesel memiliki masalah tentang pencemaran udara yang ditandai dengan adanya asap hitam atau gas buang sisa hasil pembakaran. NO_x dan PM (*particular matter*) merupakan emisi paling tinggi yang dikeluarkan dari hasil sisa pembakaran mesin diesel dibandingkan HC (*hydrocarbon*) dan CO (*carbonmonoksida*) (Asif Faiz et al., 1996).

Bahan bakar diesel merupakan bahan bakar fosil yang tidak dapat diperbaharui karena terbentuknya membutuhkan waktu berjuta-juta tahun lamanya. Biodiesel merupakan bahan bakar alternatif pengganti bahan bakar diesel (Lei Zhu et al, 2010). Beberapa keuntungan jatropha dapat langsung digunakan pada mesin diesel, dapat dicampur dengan metanol, mempunyai *cetane number* yang tinggi dan *calorific value*, serta merupakan sumber energi yang dapat diperbaharui (*renewable fuels*), dan juga tidak termasuk kategori minyak pangan (*non-edible*). Kekurangannya mempunyai viskositas yang tinggi serta *volatility* rendah sehingga sulitnya atom bahan bakar

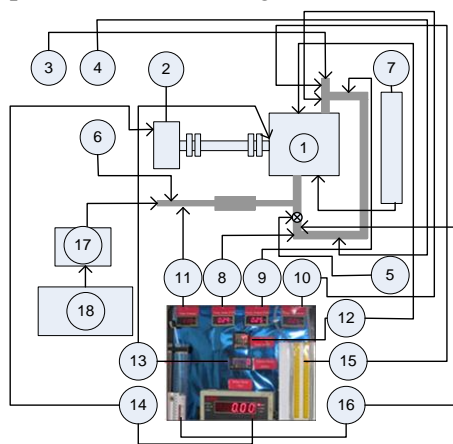
bercampurnya dengan udara dan tingginya emisi *smoke*, HC dan CO (M. Senthil Kumar et al., 2003). Sedangkan keuntungan metanol diantaranya, rendah viskositas sehingga dapat dengan mudah diinjeksikan, dikabutkan dan dicampur dengan udara, rendah emisi karena tingginya rasio stokiometri udara dan bahan bakar, serta dapat meningkatkan efisiensi termal mesin (Cenk Sayin et al., 2010). Metanol digunakan juga sebagai aditif campuran bahan bakar yang menyediakan oksigen dan meningkatkan panas penguapan serta berpotensi mereduksi jumlah NO_x dan PM (*Particular Matter*) (Lei Zhu et al., 2010).

Salah satu cara untuk mereduksi tingginya emisi NO_x yang ditimbulkan mesin diesel dan mengurangi konsumsi bahan bakar digunakan metode EGR (*Exhaust Gas Recirculation*) (Vinod SinghYadav et al., 2012). Metode ini dilakukan dengan mensirkulasikan sebagian gas buang ke dalam *intake manifold* yang kemudian bercampur dengan udara sebelum masuk ke dalam ruang bakar.

Berdasarkan pendahuluan diatas, kita mengetahui seberapa besar arti pentingnya efisiensi energi dan pengendalian polusi, maka peneliti mengadakan eksperimen tentang penggunaan metanol sebagai campuran biosolar dan *jatropha*. Pada penelitian ini, peneliti memfokuskan untuk mengetahui pengaruh metanol kadar rendah (*Low Purity Methanol/LPM*) saat dipakai sebagai campuran biosolar dan *jatropha* terhadap efisiensi termal mesin diesel.

2. Metodologi Penelitian

Pada penelitian ini akan dilakukan variasi campuran bahan bakar solar 85%, metanol 5%, *jatropha* 10%, solar 80%, metanol 10% *jatropha* 10%, dan solar 75%, metanol 15%, *jatropha* 10%. Setiap variasi campuran bahan bakar akan dilakukan pengujian dengan putaran mesin konstan 2000 rpm dengan variasi beban 25%, 50%, 75%, dan 100%. Pengujian ini juga akan diberikan EGR dengan variasi bukaan dari 0%, 25%, 50%, 75%, dan 100%. Hal ini bertujuan untuk mengetahui seberapa besar nilai efisiensi thermal yang dihasilkan ketika tanpa menggunakan EGR dibandingkan dengan ketika menggunakan EGR dan ketika menggunakan bahan bakar diesel murni dibandingkan dengan ketika menggunakan campuran bahan bakar diesel, metanol dan *jatropha*. Penelitian ini menggunakan mesin diesel 4 silinder, 4 langkah DI dengan skema alat dan spesifikasi mesin sebagai berikut:



Keterangan:

- | | |
|-------------------------------------|-----------------------------------|
| 1. Mesin diesel | 10. Temperatur campuran |
| 2. <i>Dynamometer</i> | 11. Temperatur <i>Exhaust gas</i> |
| 3. <i>Intake manifold</i> | 12. Temperatur mesin |
| 4. <i>Exhaust gas recirculation</i> | 13. Putaran mesin |
| 5. Katub bukaan EGR | 14. Beban |
| 6. <i>Exhaust gas</i> | 15. Manometer udara |
| 7. Buret | 16. Manometer EGR |
| 8. Temperatur <i>input EGR</i> | 17. <i>Smoke meter</i> |
| 9. Temperatur <i>output EGR</i> | 18. <i>Opacity</i> |

Gambar 1. Deskripsi alat uji

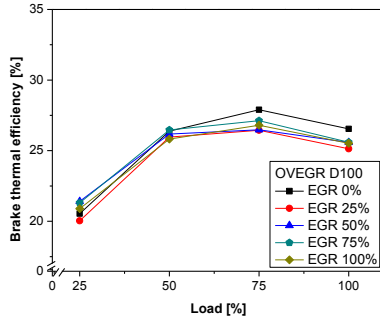
Tabel 1 Spesifikasi Mesin

Spesifikasi	Uraian
Type Motor	Diesel, OHV, vertical in line, Direct Injection, 4JB1
Jumlah silinder	4 silinder
Diameter langkah	93 mm x 102 mm
Volume silinder	2771 cc
Daya maksimum	70 / 3000 (HP/rpm)
Torsi maksimum	132 /2000 (lb.ft/rpm)
Rasio kompresi	18,2 : 1

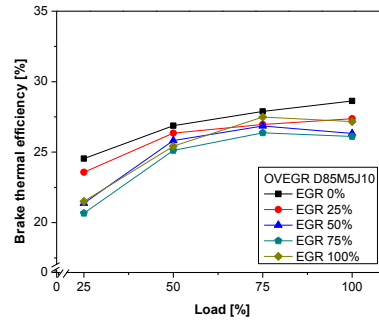
Tabel 2 Spesifikasi Bahan Bakar

No.	Parameter Uji	Diesel (EURO II)	Metanol (Low Purity Methanol)	Jatropha (minyak jarak)
1	Viskositas (40°C) cP	2-5	0,46	3,23
2	Nilai Kalor (J/gr)	45213,80	21730	37968
3	Angka Cetana	48	3,3	41,8
4	Flash Point °C	60	10,7	198
5	Water Content (% v)	0,05	24,88	3,16

3. Hasil dan Pembahasan



Gambar 2.a. Pengaruh EGR terhadap *brake thermal efficiency* dengan variasi beban menggunakan bahan bakar D100.

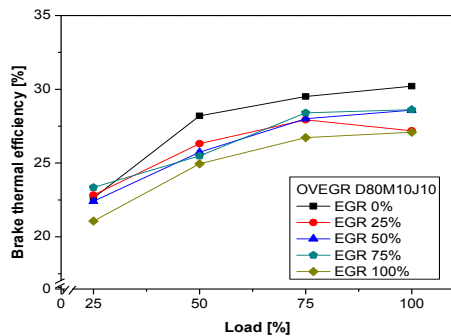


Gambar 2.b. Pengaruh EGR terhadap *brake thermal efficiency* dengan variasi beban menggunakan bahan bakar D85M5J10.

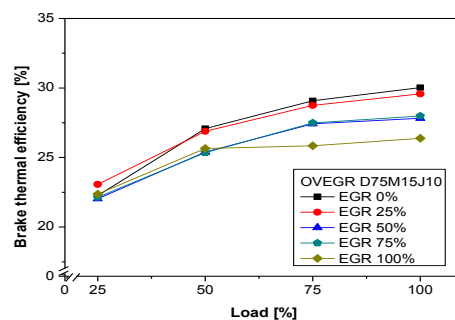
Gambar 2.a. menunjukkan nilai *brake thermal efficiency* ketika menggunakan EGR menurun. Hal ini dikarenakan tingginya nilai *brake specific fuel consumption* yang diakibatkan laju aliran massa bahan bakar meningkat karena adanya pengaruh temperatur di dalam ruang bakar ketika menggunakan EGR (Avinash. K, 2004)(V.Sing Y, 2012). Pada beban 100%, nilai *brake thermal efficiency* dengan bahan bakar D100 pada bukaan katub EGR 25%, 50%, 75%, 100% menurun 5,60%, 3,73%, 3,68%, 3,98% dibandingkan pada bukaan katub EGR 0%.

Gambar 2.b. menunjukkan nilai *brake thermal efficiency* ketika menggunakan EGR menurun. Hal ini dikarenakan tingginya nilai *brake specific fuel consumption* yang diakibatkan oleh *cooling effect* pada metanol sehingga akan terjadi *long ignition delay* yang memiliki pengaruh terhadap turunnya temperatur di dalam ruang bakar (Uen D. L, 2009). Turunnya temperatur di dalam ruang bakar mengakibatkan meningkatnya laju aliran massa bahan bakar. Pada beban 100%, nilai *brake thermal efficiency* dengan bahan bakar D85M5J10 pada bukaan katub EGR 25%, 50%, 75%, 100% menurun 4,59%, 8,72%, 9,63%, 5,36% dibandingkan pada bukaan katub EGR 0%.

Gambar 2.c. menunjukkan nilai *brake thermal efficiency* ketika menggunakan EGR menurun. Hal ini dikarenakan tingginya nilai *brake specific fuel consumption* yang diakibatkan laju aliran massa bahan bakar meningkat karena adanya pengaruh temperatur di dalam ruang bakar ketika menggunakan EGR (Avinash. K, 2004)(V.Sing Y, 2012). Pada beban 100%, nilai *brake thermal efficiency* dengan bukaan katub EGR 25%, 50%, 75%, 100% menurun 11,13%, 5,70%, 5,56%, 11,53% dibandingkan pada bukaan katub EGR 0%.

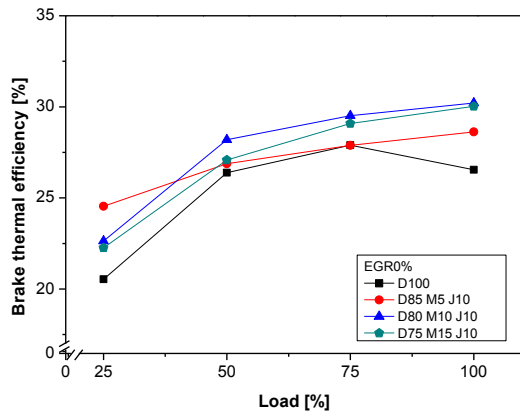


Gambar 2.c. Pengaruh EGR terhadap *brake thermal efficiency* dengan variasi beban menggunakan bahan bakar D80M10J10.

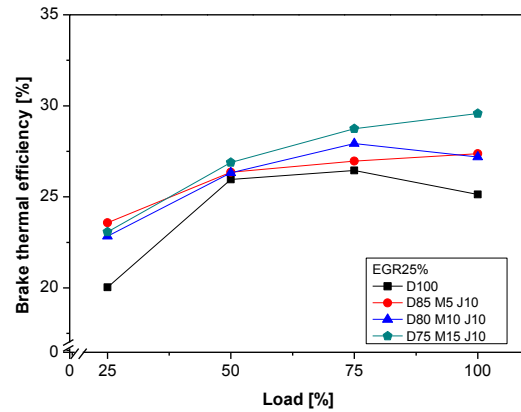


Gambar 2.d. Pengaruh EGR terhadap *brake thermal efficiency* dengan variasi beban menggunakan bahan bakar D75M15J10.

Gambar 2.d. menunjukkan nilai *brake thermal efficiency* ketika menggunakan EGR menurun. Hal ini dikarenakan tingginya nilai *brake specific fuel consumption* yang diakibatkan oleh *cooling effect* pada metanol sehingga akan terjadi *long ignition delay* yang memiliki pengaruh terhadap turunnya temperatur di dalam ruang bakar (Uen D. L, 2009). Turunnya temperatur di dalam ruang bakar mengakibatkan meningkatnya laju aliran massa bahan bakar. Pada beban 100%, nilai *brake thermal efficiency* dengan bukaan katub EGR 25%, 50%, 75%, 100% menurun 1,54%, 7,92%, 7,29%, 13,84% dibandingkan pada bukaan katub EGR 0%.



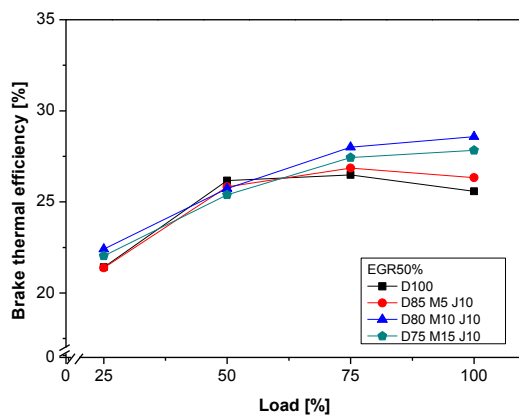
Gambar 2.e. Pengaruh campuran bahan bakar terhadap *brake thermal efficiency* dengan variasi beban menggunakan bukaan katub EGR 0%.



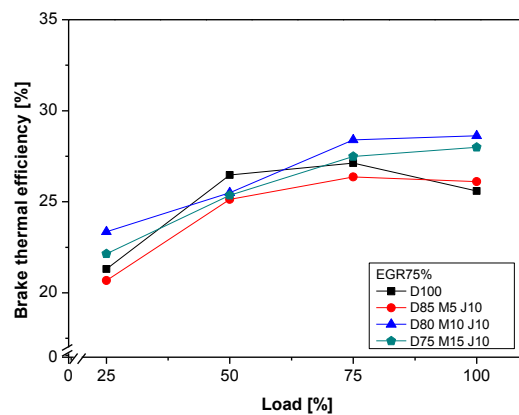
Gambar 2.f. Pengaruh campuran bahan bakar terhadap *brake thermal efficiency* dengan variasi beban menggunakan bukaan katub EGR 25%.

Gambar 2.e. terlihat adanya peningkatan nilai *brake thermal efficiency* ketika menggunakan campuran bahan bakar D85M5J10, D80M10J10 dan D75M15J10 terhadap bahan bakar D100 pada katub bukaan EGR 0%. Hal ini dikarenakan rendahnya nilai *brake specific fuel consumption* yang diakibatkan oleh tingginya kandungan oksigen pada metanol sehingga temperatur di dalam ruang bakar meningkat, sebagai akibatnya laju aliran massa bahan bakar menurun (Lei. Z, 2010). Pada beban 100%, nilai *brake thermal efficiency* dengan campuran bahan bakar D85M5J10, D80M10J10 dan D75M15J10 meningkat 7,85% dan 13,83% dan 13,15% dibandingkan pada bahan bakar D100.

Gambar 2.f. terlihat adanya peningkatan nilai *brake thermal efficiency* ketika menggunakan campuran bahan bakar D85M5J10, D80M10J10 dan D75M15J10 terhadap bahan bakar D100 pada katub bukaan EGR 25%. Hal ini dikarenakan rendahnya nilai *brake specific fuel consumption* yang diakibatkan oleh tingginya kandungan oksigen pada metanol sehingga temperatur di dalam ruang bakar meningkat, sebagai akibatnya laju aliran massa bahan bakar menurun (Lei. Z, 2010). Pada beban 100%, nilai *brake thermal efficiency* dengan campuran bahan bakar D85M5J10, D80M10J10 dan D75M15J10 meningkat 8,9% dan 8,18% dan 17,68% dibandingkan pada bahan bakar D100.



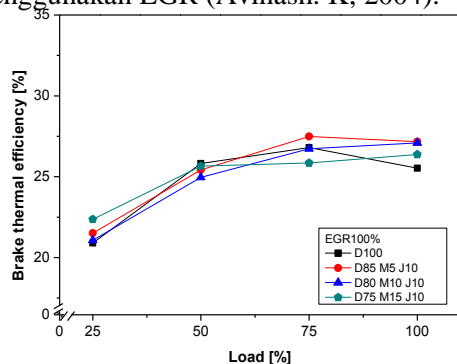
Gambar 2.g. Pengaruh campuran bahan bakar terhadap *brake thermal efficiency* dengan variasi beban menggunakan bukaan katub EGR 50%.



Gambar 2.h. Pengaruh campuran bahan bakar terhadap *brake thermal efficiency* dengan variasi beban menggunakan bukaan katub EGR 75%.

Gambar 2.g. terlihat adanya peningkatan nilai *brake thermal efficiency* ketika menggunakan campuran bahan bakar D85M5J10, D80M10J10 dan D75M15J10 terhadap bahan bakar D100 pada katub bukaan EGR 50%. Hal ini dikarenakan rendahnya nilai *brake specific fuel consumption* yang diakibatkan oleh tingginya kandungan oksigen pada metanol sehingga temperatur di dalam ruang bakar meningkat, sebagai akibatnya laju aliran massa bahan bakar menurun (Lei. Z, 2010). Pada beban 100%, nilai *brake thermal efficiency* dengan campuran bahan bakar D85M5J10, D80M10J10 dan D75M15J10 meningkat 2,91% dan 11,72% dan 8,76% dibandingkan pada bahan bakar D100. Pada beban 50% menunjukkan nilai *brake thermal efficiency* ketika menggunakan EGR50% menurun. Hal ini dikarenakan tingginya nilai *brake specific fuel consumption* yang diakibatkan laju aliran massa bahan bakar meningkat karena adanya pengaruh temperatur di dalam ruang bakar ketika menggunakan EGR (Avinash. K, 2004).

Gambar 2.h. terlihat adanya peningkatan nilai *brake thermal efficiency* ketika menggunakan campuran bahan bakar D85M5J10, D80M10J10 dan D75M15J10 terhadap bahan bakar D100 pada katub bukaan EGR 75%. Hal ini dikarenakan rendahnya nilai *brake specific fuel consumption* yang diakibatkan oleh tingginya kandungan oksigen pada metanol sehingga temperatur di dalam ruang bakar meningkat, sebagai akibatnya laju aliran massa bahan bakar menurun (Lei. Z, 2010). Pada beban 100%, nilai *brake thermal efficiency* dengan campuran bahan bakar D85M5J10, D80M10J10 dan D75M15J10 meningkat 2% dan 11,8% dan 9,34% dibandingkan pada bahan bakar D100. Pada beban 50% menunjukkan nilai *brake thermal efficiency* ketika menggunakan EGR75% menurun. Hal ini dikarenakan tingginya nilai *brake specific fuel consumption* yang diakibatkan laju aliran massa bahan bakar meningkat karena adanya pengaruh temperatur di dalam ruang bakar ketika menggunakan EGR (Avinash. K, 2004).



Gambar 2.i. Pengaruh campuran bahan bakar terhadap *brake thermal efficiency* dengan variasi beban menggunakan bukaan katub EGR 100%.

Gambar 2.i. terlihat adanya peningkatan nilai *brake thermal efficiency* ketika menggunakan campuran bahan bakar D85M5J10, D80M10J10 dan D75M15J10 terhadap bahan bakar D100 pada katub bukaan EGR 100%.

Hal ini dikarenakan rendahnya nilai *brake specific fuel consumption* yang diakibatkan oleh tingginya kandungan oksigen pada metanol sehingga temperatur di dalam ruang bakar meningkat, sebagai akibatnya laju aliran massa bahan bakar menurun (Lei. Z, 2010). Pada beban 100%, nilai *brake thermal efficiency* dengan campuran bahan bakar D85M5J10, D80M10J10 dan D75M15J10 meningkat 6,44% dan 6,13% dan 3,35% dibandingkan pada bahan bakar D100. Pada beban 50% menunjukkan nilai *brake thermal efficiency* ketika menggunakan EGR100% menurun. Hal ini dikarenakan tingginya nilai *brake specific fuel consumption* yang diakibatkan laju aliran massa bahan bakar meningkat karena adanya pengaruh temperatur di dalam ruang bakar ketika menggunakan EGR (Avinash. K, 2004).

4. Kesimpulan

1. Pada variasi EGR terhadap beban untuk bahan bakar D100, D85M5J10, D80M10J10 dan D75M15J10 untuk beban 100%, Nilai *brake thermal efficiency* menurun sebesar 3,98% EGR 100%, 9,63 EGR 75%, 11,53% EGR 100% dan Penurunan tertinggi terjadi pada D75M15J10 sebesar 13,84 pada EGR 100%.
2. Pada variasi bahan bakar terhadap beban untuk campuran bahan bakar D85M5J10, D80M10J10 dan D75M15J10, nilai *brake thermal efficiency* meningkat dibandingkan bahan bakar D100 dikarenakan tingginya konsentrasi O_2 pada metanol. Pada EGR 0% meningkat 13,83 D80M10J10, EGR 25% 17,68% D75M15J10, EGR 50% 11,72% D80M10J10, EGR 75% 11,8% D80M10J10 dan EGR 100% 6,44% D85M5J10 dan kenaikan tertinggi terjadi pada EGR 25% sebesar 17,68% D75M15J10.

Daftar Notasi/Istilah

Simbol Keterangan

T	= torsi (Nm)
F	= gaya penyeimbangan (N)
b	= jarak lengan torsi (m)
P	= daya (kW)
T	= torsi (Nm)
N	= putaran kerja (rpm)
η_{th}	= efisiensi thermal (%)
Q_{HV}	= nilai kalor dari bahan bakar (kJ/kg)
$BSFC$	= <i>brake specific fuel consumption</i> (kg/kW.jam)
\dot{m}_f	= laju aliran massa bahan bakar (kg/jam)
P	= daya (kW)

Daftar Pustaka

- Asif Faiz, Walsh Michael P, Weaver Christopher S, "Air Pollution From Motor Vehicles, Standards and Technologies for Controlling Emissions", The World Bank Washington, D.C, USA, 1996.
- Avinash Kumar Agrawal, Shrawan Kumar Singh, Shailendra Sinha and Mritunjay Kumar Shukla, "Effect of EGR on the Exhaust Gas Temperature and Exhaust Opacity in Compression Ignition Engines", Kanpur 208 016, India, 2003.
- Cenk Sayin, Ahmet Necati, Mustafa Canakci, "The Influence of operating parameters on the performance and emissions of a DI diesel engine using metanol-blended-diesel fuel", International Journal of Fuel, Number 89, ScienceDirect, 2009.
- Heywood, John B.L, "Internal Combustion Engine Fundamentals", McGraw-Hill, Inc, United States of America, 1988.
- Lei Zhu, C.S. Cheung, W.G. Zhang, Zhen Huang, "Emissions characteristic of a diesel engine operating on biodiesel and biodiesel blended with ethanol and metanol", International Journal of the Total Enviroment, Number 408, ScienceDirect, 2010.
- L. Nirajan, Shinjo, "Experimental investigation on the effects of cold and hot EGR using diesel and biodiesel as fuel", Department of Mechanical Engineering, India.
- M. Senthil Kumar, A. Ramesh, B. Nagalingham, "An Experimental Comparison of Methods to Use Metanol and Jatropa Oil in a Compression Ignition Engine", Department of Mechanical Engineering, Indian Institute of Technology Madras, Chennai, India, 2003.
- Uen Doo L., 2009, "Effects of H₂O and NO on Extinction and Re-ignition of Vortex-Perturbed Hydrogen Counter Flow Flames", Proceedings of the Combustion Institute (32), ScienceDirect, pp. 1059-1066.
- Vinod SinghYadav, "Perfomance and emission studies of direct injection C.I. engine in duel fuel mode (hydrogen-diesel) with EGR", International Journal of Hydrogen energy, Number 37, ScienceDirect, 2012.
- V. Pradeep, R.P. Sharma, "Use of HOT EGR for NO_x control in a compression ignition engine fuelled with bio-diesel from Jatropa oil", International Journal of Renewable energy, Number 32, ScienceDirect, 2007.
- Zhiqiang Guo, Tianrui Li, "Combustion and emission characteristic of blends of diesel fuel and metanol to diesel", International Journal of Fuel, Number 90, ScienceDirect, 2011.