

EFEK VARIASI CAMPURAN BAHAN BAKAR DIESEL, METANOL KADAR RENDAH DAN JATROPHA TERHADAP *EQUIVALENCE RATIO* PADA MESIN DIESEL DENGAN HOT EGR

YAFID EFFENDI

Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Tangerang
Jl. Perintis Kemerdekaan I/33 Cikokol-Tangerang
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. Campuran metanol kadar rendah dan jatropha digunakan sebagai bahan bakar alternatif. Pengujian ini dilakukan dengan menggunakan variasi prosentase beban, yaitu pada beban 25%, 50%, 75%, dan 100% dengan variasi bahan bakar diesel murni (D100) dan campuran bahan bakar biosolar, metanol kadar rendah dan jatropha (D85LPM5J10, D80LPM10J10, D75LPM15J10, D75LPM5J20, D70LPM10J20, D65LPM15J20, D65LPM5J30, D60LPM10J30 dan D55LPM15J30) pada 2000 rpm. Hal ini bertujuan untuk mengetahui seberapa besar equivalence ratio yang dihasilkan ketika tanpa katub (OEV) dibandingkan dengan ketika katub (OEV) dan ketika menggunakan bahan bakar diesel murni dibandingkan dengan ketika menggunakan campuran bahan bakar biosolar, metanol kadar rendah dan jatropha pada mesin diesel Isuzu 4JB1 injeksi langsung dengan sistem Hot EGR (Exhaust Gas Recirculation). Metanol kadar rendah yang digunakan mempunyai kadar air 24,88% berbasis volume. Penelitian ini dilakukan eksperimen dilaboratorium *thermofluid* UNDIP. Hasil penelitian ini, dengan meningkatkan nilai equivalence ratio diikuti peningkatan EGR. Nilai *equivalence* ratio cenderung menurun ketika menggunakan campuran bahan bakar dibandingkan D100. Ada beberapa campuran bahan bakar terjadi peningkatan nilai equivalence ratio dibandingkan D100 untuk D65LPM15J20 dan D80LPM10J10 pada beban rendah (25%) sebesar 4.52% dan 11.4%.

Kata Kunci: Rasio Ekuivalen, EGR, Biosolar, 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 *in-take manifold* yang kemudian bercampur dengan udara sebelum masuk ke dalam ruang bakar.

Laju aliran massa bahan bakar (\dot{m}_f), dan laju aliran massa udara (\dot{m}_a) dapat diukur pada pengujian mesin. Perbandingan antara keduanya berguna untuk mengetahui kondisi operasi mesin:

$$\text{Air/fuel ratio (A/F)} = \frac{\dot{m}_a}{\dot{m}_f} \dots\dots\dots (1.1)$$

$$\text{Fuel/air ratio (F/A)} = \frac{\dot{m}_f}{\dot{m}_a} \dots\dots\dots (1.2)$$

Rasio ekuivalen merupakan parameter

yang berguna untuk menentukan komposisi campuran udara-bahan bakar yang baik karena rasio stokiometri udara/bahan bakar bergantung pada komposisi bahan bakar dan komposisi produk pembakaran yang secara signifikan berbeda untuk campuran bahan bakar miskin dan bahan bakar kaya. Rasio ekuivalen udara/bahan bakar (ϕ) :

$$\phi = \frac{(F/A)_{\text{aktual}}}{(F/A)_s} \dots\dots\dots (1.3)$$

Jika $\phi > 1$ maka campuran itu kaya akan bahan bakar, $\phi = 1$ campuran stokiometri dan $\phi < 1$ maka campuran itu miskin akan bahan bakar

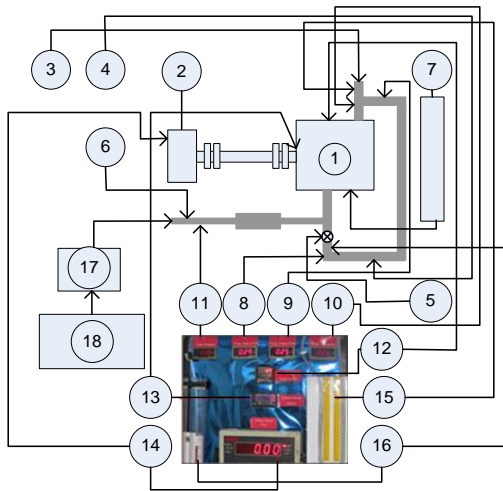
Kisaran rasio udara/bahan bakar dengan bahan bakar/udara pada pengoperasian normal untuk mesin dengan bahan bakar diesel yaitu $18 \leq A/F \leq 70$ ($0,014 \leq F/A \leq 0,056$). Jika oksigen yang dibutuhkan tercukupi, bahan bakar hidrokarbon dapat dioksidasi sempurna. Karbon (C) pada bahan bakar kemudian berubah menjadi karbon dioksida (CO₂) dan untuk hidrogen (H) berubah menjadi uap air (H₂O). Jika jumlah udara yang diberikan kurang dari yang dibutuhkan secara stokiometri maka akan terjadi campuran kaya bahan bakar. Produk dari campuran kaya bahan bakar adalah CO, CO₂, H₂O dan HC (hidrokarbon tidak terbakar). Jika jumlah udara yang diberikan lebih besar dari kebutuhan maka akan terjadi campuran miskin bahan bakar [Heywood, 1988].

Berdasarkan pendahuluan diatas, maka peneliti mengadakan eksperimen tentang penggunaan campuran biosolar, LPM 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 rasio ekuivalen mesin diesel.

2. METODOLOGI PENELITIAN

Pengujian ini dilakukan eksperimen di laboratorium *thermofluid* UNDIP dengan menggunakan variasi prosentase beban, yaitu pada beban 25%, 50%, 75%, dan 100% dengan variasi bahan bakar diesel murni (D100) dan campuran bahan bakar biosolar, metanol kadar rendah dan *jatropha* (D85LPM5J10, D80LPM10J10, D75LPM1

5J10, D75LPM5J20, D70LPM10J20, D65LP M15J20, D65LPM5J30, D60LPM10J30 dan D55LPM15J30) pada 2000 rpm. Penelitian ini menggunakan mesin diesel 4 silinder, 4 langkah DI dengan skema alat dan spesifikasi mesin sebagai berikut:



Gambar 1. Deskripsi alat uji

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

Tabel 1 Spesifikasi Mesin

Spesifikasi	Uraian
Type Motor	Diesel, OHV, vertical in line, Direct Injection, 4JBI
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

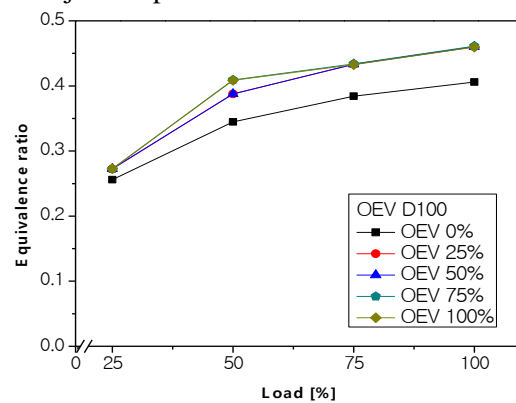
Tabel 2. Spesifikasi Bahan Bakar

No.	Parameter Uji	Solar (EURO II)	Metanol Kadar Rendah (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

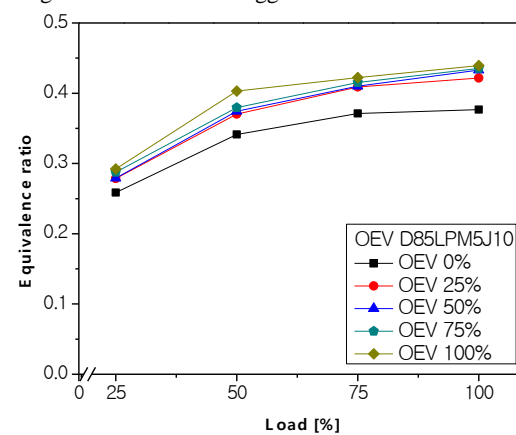
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

a. Pengaruh EGR Terhadap Equivalence Ratio.

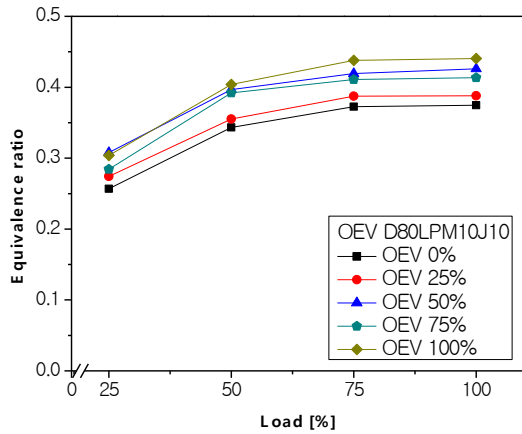
Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui Pengaruh EGR terhadap *equivalence ratio* dengan katub OEV 0%, 25%, 50%, 75% dan 100%. Membandingkan katub (OEV) dengan tanpa katub (OEV) terhadap *equivalence ratio* untuk memperoleh nilai perubahan maksimumnya. Untuk memperoleh nilai *equivalence ratio* maksimal, dilakukan dengan cara membandingkan *equivalence ratio* yang dihasilkan dari masing-masing katub OEV. Hasil pengujian Pengaruh EGR terhadap *equivalence ratio* ditunjukkan pada Gambar 2 s/d Gambar 11.



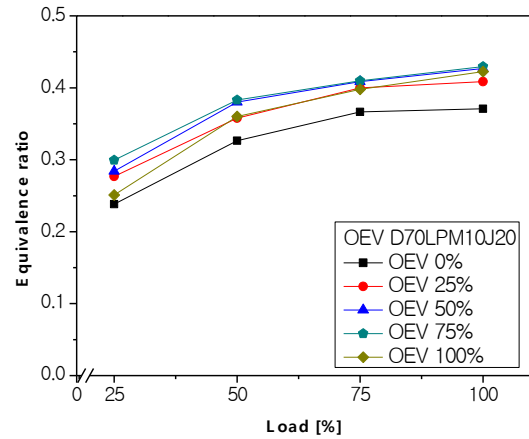
Gambar 2. Pengaruh EGR terhadap *equivalence ratio* dengan variasi beban menggunakan bahan bakar D100.



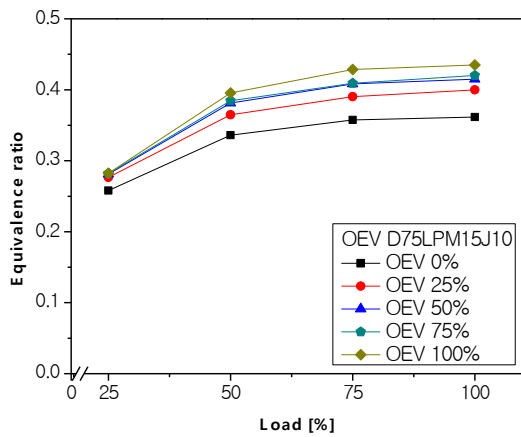
Gambar 3. Pengaruh EGR terhadap *equivalence ratio* dengan variasi beban menggunakan bahan bakar D85LPM5J10.



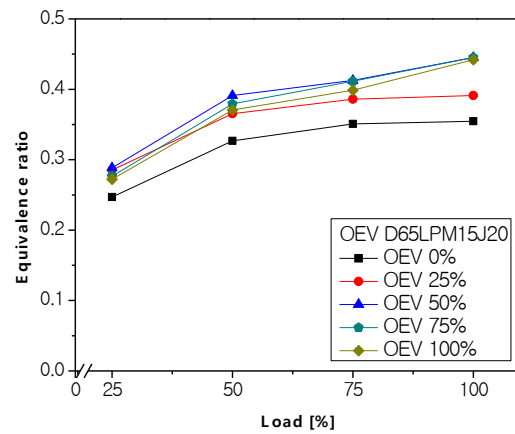
Gambar 4. Pengaruh EGR terhadap *equivalence ratio* dengan variasi beban menggunakan bahan bakar D80LPM10J10.



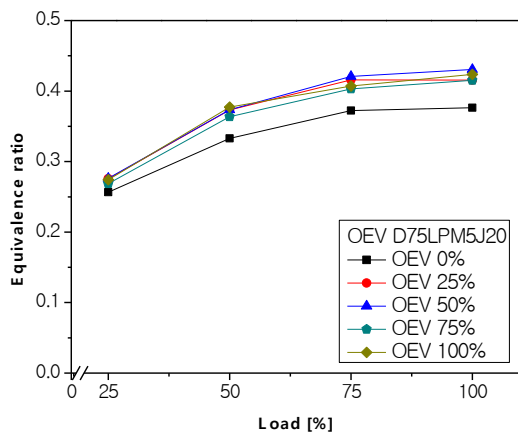
Gambar 7 Pengaruh EGR terhadap *equivalence ratio* dengan variasi beban menggunakan bahan bakar D70LPM10J20.



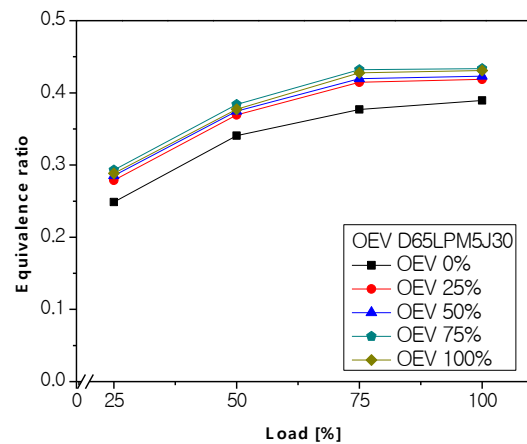
Gambar 5 Pengaruh EGR terhadap *equivalence ratio* dengan variasi beban menggunakan bahan bakar D75LPM15J10.



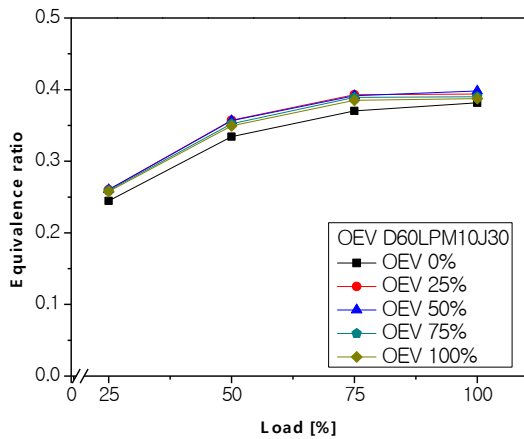
Gambar 8 Pengaruh EGR terhadap *equivalence ratio* dengan variasi beban menggunakan bahan bakar D65LPM15J20.



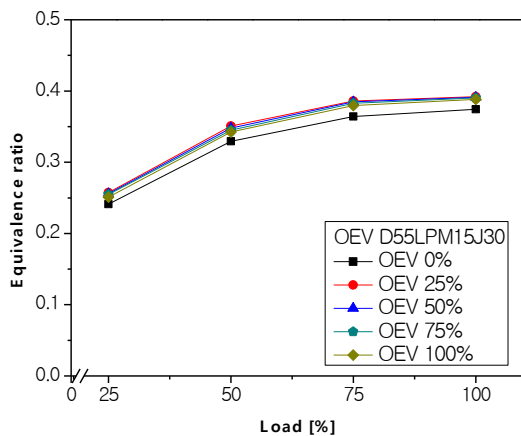
Gambar 6 Pengaruh EGR terhadap *equivalence ratio* dengan variasi beban menggunakan bahan bakar D75LPM5J20.



Gambar 9 Pengaruh EGR terhadap *equivalence ratio* dengan variasi beban menggunakan bahan bakar D65LPM5J30.



Gambar 10 Pengaruh EGR terhadap *equivalence ratio* dengan variasi beban menggunakan bahan bakar D60LPM10J30.



Gambar 11. Pengaruh EGR terhadap *equivalence ratio* dengan variasi beban menggunakan bahan bakar D55LPM15J30.

Gambar 2 s/d Gambar 11 menunjukkan nilai *equivalence ratio* meningkat dengan meningkatnya beban. Nilai *equivalence ratio* meningkat ketika menggunakan EGR dikarenakan berkurangnya jumlah udara segar di dalam ruang bakar akibat dari sebagian gas buang yang disirkulasikan ke dalam ruang bakar sehingga mengurangi jumlah oksigen yang diperlukan di dalam ruang bakar [Agarwal et al., 2011].

Pada Gambar 2 untuk bahan bakar D100 dengan penambahan EGR *equivalence ratio* cenderung naik. Nilai *equivalence ratio* tertinggi terjadi pada katub (OEV) 75%. Kenaikan nilai *equivalence ratio* katub (OEV) 75% pada beban 100% sebesar 11.92% dibandingkan dengan tanpa EGR.

Begitupun dengan penambahan jatropha 10%, nilai *equivalence ratio* meningkat ketika menggunakan EGR dibandingkan tanpa

EGR. Pada bahan bakar D85LPM5J10 Gambar 3 nilai *equivalence ratio* tertinggi terjadi pada katub (OEV) 100% pada beban 100% sebesar 14.28%. Demikian pula Gambar 4 untuk bahan bakar D80LPM10J10 dengan penambahan EGR *equivalence ratio* cenderung meningkat. Nilai *equivalence ratio* tertinggi terjadi pada katub (OEV) 100% pada beban 100% sebesar 14.91% dibandingkan tanpa EGR. Sama halnya untuk bahan bakar D75LPM15J10 tampak Gambar 5 dengan penggunaan EGR *equivalence ratio* cenderung naik dibandingkan tanpa EGR. Nilai *equivalence ratio* tertinggi terjadi pada katub (OEV) 100% pada beban 100% sebesar 16.9%.

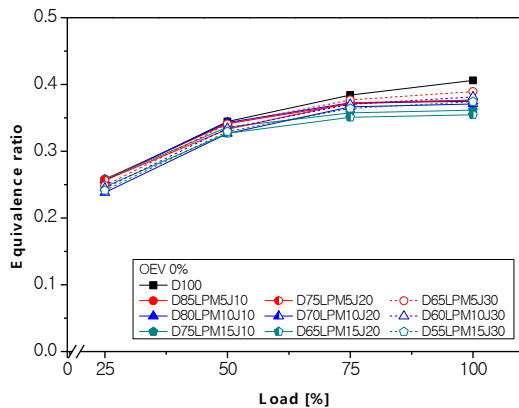
Demikian juga dengan penambahan jatropha 20%, ketika penggunaan EGR nilai *equivalence ratio* cenderung meningkat dibandingkan tanpa EGR untuk bahan bakar D75LPM5J20 terlihat pada Gambar 6. Nilai *equivalence ratio* tertinggi terjadi pada katub (OEV) 50% pada beban 100% sebesar 12.56%. Sama juga Gambar 7 untuk bahan bakar D70LPM10J20 dengan penambahan EGR *equivalence ratio* cenderung naik. Nilai *equivalence ratio* tertinggi terjadi pada katub (OEV) 75% pada beban 100% sebesar 13.66%, dan juga Gambar 8 untuk bahan bakar D65LPM15J20 dengan penambahan EGR *equivalence ratio* meningkat juga. Nilai *equivalence ratio* tertinggi terjadi pada katub (OEV) 75%. Kenaikan nilai *equivalence ratio* katub (OEV) 75% dibandingkan tanpa EGR pada beban 100% sebesar 20.36%.

Sama halnya jatropha 30% nilai *equivalence ratio* meningkat ketika menggunakan EGR dibandingkan tanpa EGR. Tampak pada Gambar 9 untuk bahan bakar D65LPM5J30 nilai *equivalence ratio* tertinggi terjadi pada katub (OEV) 75% pada beban penuh sebesar 10.19%. Seperti juga bahan bakar D60LPM10J30 Gambar 10 nilai *equivalence ratio* tertinggi terjadi pada katub (OEV) 50% untuk beban penuh sebesar 4.19%, begitupun bahan bakar D55LPM15J30 terlihat pada Gambar 11 nilai *equivalence ratio* tertinggi terjadi pada beban penuh katub (OEV) 25% sebesar 4.55%.

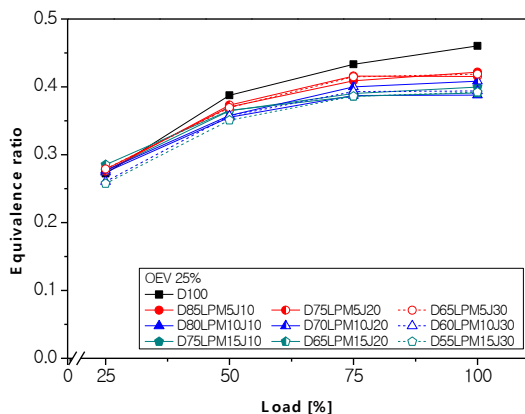
b. Pengaruh Variasi Campuran Bahan Bakar Terhadap Equivalence Ratio

Pengujian ini dilakukan untuk menge-

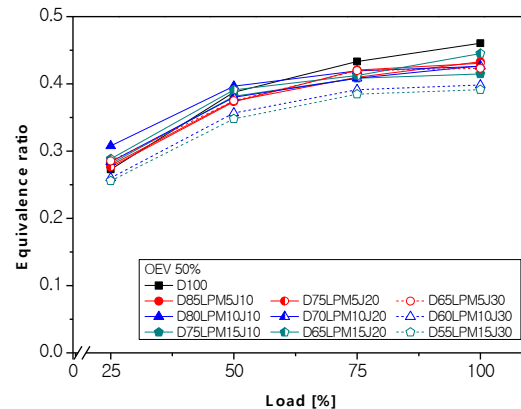
tahui pengaruh bahan bakar terhadap *equivalence ratio* dengan variasi campuran bahan bakar yaitu D85LPM5J10, D80LPM10J10, D75LPM15J10, D75LPM5J20, D70LPM10J20, D65LPM15J20, D65LPM5J30, D60LPM10J30 dan D55LPM15J30. Hasil pengujian dari masing-masing bahan bakar tersebut dibandingkan dengan D100 untuk mendapatkan nilai maksimum dan minimum dari perubahan *equivalence ratio*. Sedangkan untuk memperoleh nilai *equivalence ratio* maksimum, didapatkan dengan membandingkan nilai *equivalence ratio* yang dihasilkan dari masing-masing bahan bakar. Hasil pengujian pengaruh bahan bakar terhadap *equivalence ratio* ditunjukkan pada Gambar 12 s/d Gambar 16.



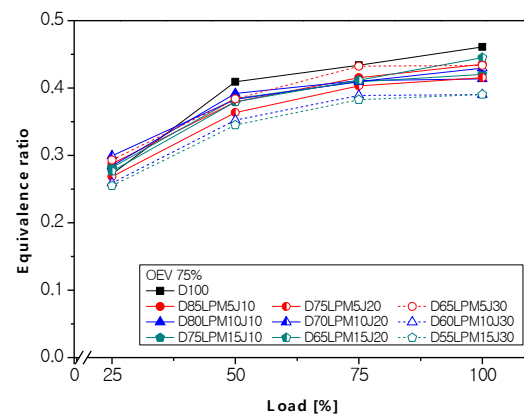
Gambar 12 Pengaruh campuran bahan bakar terhadap *equivalence ratio* dengan variasi beban menggunakan bukaan katub (OEV) 0%.



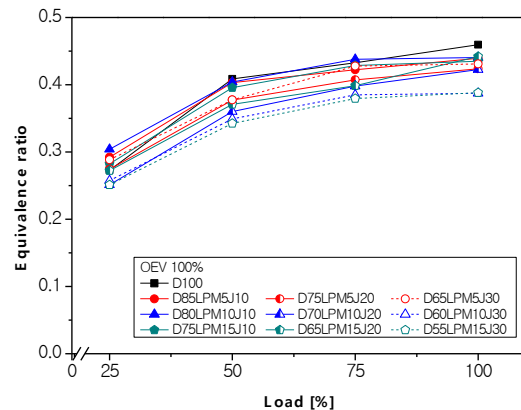
Gambar 13 Pengaruh campuran bahan bakar terhadap *equivalence ratio* dengan variasi beban menggunakan bukaan katub (OEV) 25%.



Gambar 14 Pengaruh campuran bahan bakar terhadap *equivalence ratio* dengan variasi beban menggunakan bukaan katub (OEV) 50%.



Gambar 15 Pengaruh campuran bahan bakar terhadap *equivalence ratio* dengan variasi beban menggunakan bukaan katub (OEV) 75%.



Gambar 16 Pengaruh campuran bahan bakar terhadap *equivalence ratio* dengan variasi beban menggunakan bukaan katub (OEV) 100%.

Tampak pada Gambar 12 s/d Gambar 16 menunjukkan nilai *equivalence ratio* meningkat dengan meningkatnya beban. Nilai *equivalence ratio* menurun ketika menggunakan campuran bahan bakar diesel, metanol kadar rendah dan jatropa. Hal ini disebabkan metanol kadar rendah dan jatropa mem-

punyai $(AFR)_{stoic}$ lebih rendah dibandingkan dengan diesel murni, serta metanol kadar rendah memiliki konsentrasi O_2 yang tinggi mengakibatkan miskin akan bahan bakar [Zhu et al., 2010]. Nilai *equivalence ratio* meningkat dikarenakan densitas *jatropha* yang lebih tinggi menyebabkan lebih banyak bahan bakar yang dilepaskan pompa injeksi untuk satu gerakan piston yang sama [Chauhan et al., 2012]. Tingginya konsumsi bahan bakar, maka aliran masa bahan bakar campuran menjadi meningkat mengakibatkan nilai $(F/A)_{actual}$ meningkat, sehingga meningkatkan nilai *equivalence ratio*.

Gambar 12 menunjukkan pengaruh campuran bahan bakar terhadap *equivalence ratio* dengan katub (OEV) 0% cenderung turun. Nilai *equivalence ratio* tertinggi terjadi pada bahan bakar D100. Penurunan nilai *equivalence ratio* pada campuran bahan bakar D65LPM15J20 dibanding D100 pada beban 100% sebesar 12.7%. Begitupun dengan katub (OEV) 25%. Ketika menggunakan campuran bahan bakar, nilai *equivalence ratio* meningkat. Nilai *equivalence ratio* tertinggi terjadi pada bahan bakar D100. Penurunan nilai *equivalence ratio* pada campuran bahan bakar D80LPM10J10 dibanding D100 pada beban 100% sebesar 15.71%. Kenaikan nilai *equivalence ratio* pada campuran bahan bakar D65LPM15J20 pada beban 25% sebesar 4.52%. Sama juga Gambar 14 menunjukkan pengaruh campuran bahan bakar terhadap *equivalence ratio* dengan katub (OEV) 50% cenderung turun. Nilai *equivalence ratio* tertinggi terjadi pada bahan bakar D100. Penurunan nilai *equivalence ratio* pada campuran bahan bakar D55LPM15J30 dibanding D100 pada beban 100% sebesar 15%. Kenaikan nilai *equivalence ratio* pada campuran bahan bakar D80LPM10J10 pada beban 25% sebesar 11.4%.

Sama halnya Gambar 15 menunjukkan pengaruh campuran bahan bakar terhadap *equivalence ratio* dengan katub (OEV) 75% cenderung turun. Nilai *equivalence ratio* tertinggi terjadi pada bahan bakar D100. Penurunan nilai *equivalence ratio* pada campuran bahan bakar D55LPM15J30 dibanding D100 pada beban 100% sebesar 15.33%. Kenaikan nilai *equivalence ratio* pada campuran bahan bakar D70LPM10J20

pada beban 25% sebesar 9.07%, dan juga Gambar 16 menunjukkan pengaruh campuran bahan bakar terhadap *equivalence ratio* dengan katub (OEV) 100% cenderung turun. Nilai *equivalence ratio* tertinggi terjadi pada bahan bakar D100. Penurunan nilai *equivalence ratio* pada campuran bahan bakar D55LPM15J30 dibanding D100 pada beban 100% sebesar 15.54%. Kenaikan nilai *equivalence ratio* pada campuran bahan bakar D80LPM10J10 pada beban 25% sebesar 10.23%.

4. KESIMPULAN

Meningkatkan nilai *equivalence ratio* diikuti peningkatan EGR. Nilai *equivalence ratio* cenderung menurun ketika menggunakan campuran bahan bakar dibandingkan D100. Ada beberapa campuran bahan bakar terjadi peningkatan nilai *equivalence ratio* dibandingkan D100 untuk D65LPM15J20 dan D80LPM10J10 pada beban rendah (25%) sebesar 4.52% dan 11.4%.

DAFTAR NOTASI/ISTILAH

SINGKATAN	Nama
A/F	Air Fuel Ratio
CO	Carbonmonoksida
D85LPM5J10	Diesel 85% LPM 5% Jatropha 10%
D80LPM10J10	Diesel 80% LPM 10% Jatropha 10%
D75LPM15J10	Diesel 75% LPM 15% Jatropha 10%
D75LPM5J20	Diesel 75% LPM 5% Jatropha 20%
D70LPM10J20	Diesel 70% LPM 10% Jatropha 20%
D75LPM15J20	Diesel 75% LPM 15% Jatropha 20%
D65LPM5J30	Diesel 65% LPM 5% Jatropha 30%
D60LPM10J30	Diesel 60% LPM 10% Jatropha 30%
D55LPM15J30	Diesel 55% LPM 15% Jatropha 30%
EGR	Exhaust Gas Recirculation
F/R	Fuel Air Ratio
HC	Hydrocarbon
LPM	Low Purity Metanol
OEV	Opening EGR Valve
PM	Particular Matter
rpm	radius per minute

LAMBANG	Nama	Satuan
\dot{m}	Laju aliran massa	[kg s ⁻¹]
N	Putaran mesin	[rpm]
Φ	Rasio ekuivalensi	[-]

DAFTAR PUSTAKA

Agarwal D, Singh S.K, Agarwal A.K, 2011, "Effect of Exhaust Gas Recirculation (EGR) on performance, deposits and durability of constant speed com-

- pression ignition engine,” Elsevier, 88, pp. 2900-2907.*
- 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.
- 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.
- Chauhan B.S, Kumar N, Muk H, 2012, ”*A study on the performance and emission of a diesel engine fueled with jatropha biodiesel oil and its blends,*” Elsevier, 37, pp. 616-622.
- Heywood, John B.L, 1988, ”*Internal Combustion Engine Fundamentals*”, McGraw-Hill, Inc, United States of America.
- 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.
- Senthil Kumar, A. Ramesh, B. Nagalingham, 2003, ”*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.
- Vinod Singh Yadav, ”*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.
- 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.