

---

# ANALISA PERFORMA MESIN DIESEL DENGAN SISTEM VENTURI SCRUBBER – EGR MENGGUNAKAN BAHAN BAKAR CAMPURAN SOLAR – MINYAK JARAK

**Stefan Mardikus**

Magister Teknik Mesin UNDIP  
Jl. Prof. Sudarto, SH - Tembalang, Semarang  
E-mail: stefanmardikus@gmail.com

## Abstrak

Mesin diesel telah dikenal sebagai jenis motor bakar yang mempunyai efisiensi tinggi. Salah satu keunggulan mesin diesel adalah sistem pembakarannya menggunakan *compression-ignition* sehingga memungkinkan tercapainya tekanan awal yang tinggi sebelum terjadi proses pembakaran. Hal ini menjadikan mesin diesel mempunyai fleksibilitas jenis bahan bakar yang bisa digunakan. Salah satunya adalah minyak nabati (*biofuel*). *Jatropha* telah dikenal sebagai bahan bakar alternatif terbarukan yang menarik yang dihasilkan dari minyak nabati. Oleh karena itu penggunaan *Jatropha* adalah pilihan yang tepat sebagai alternatif bahan bakar untuk mesin diesel dalam menghadapi krisis minyak bumi di dunia. EGR (*Exhaust Gas Recirculation*) pada mesin disel digunakan untuk meningkatkan efisiensi bahan bakar dan menurunkan konsumsi bahan bakar. Cold EGR adalah suatu metode yang digunakan untuk mensirkulasikan gas buang kembali ke intake manifold. Pada penelitian ini, gas buang yang disirkulasikan didinginkan terlebih dahulu dengan menggunakan venturi scrubber. Dalam hal ini, gas buang sebelum masuk kembali ke ruang bakar temperaturnya diturunkan menjadi 60°C, 50°C, 40°C, dan 37°C. Pengujian ini dilakukan dengan beberapa variasi, yaitu variasi beban, rpm, % EGR, temperatur EGR, dan variasi campuran *jatropha* - solar. Dari hasil penelitian ini diperoleh bahwa peningkatan dan penurunan nilai Daya, BMEP, dan  $\phi$  tidak terlihat signifikan dengan adanya Cold EGR. Yang mempengaruhi nilai tersebut adalah peningkatan beban dan rpm. Penggunaan Cold EGR dengan variasi campuran bahan bakar menyebabkan nilai  $m_f$  semakin turun,  $\eta_f$  meningkat dan  $\eta_v$  turun dibandingkan tanpa menggunakan cold EGR.

**Kata kunci:** mesin diesel, Venturi Scrubber - EGR, campuran solar – minyak jarak

## PENDAHULUAN

Penggunaan mesin diesel berkembang pula dalam bidang otomotif, antara lain untuk angkutan berat, traktor, dsb. Salah satu keunggulan mesin diesel adalah 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 *thermal-efficiency* dibandingkan sistem yang lain. Keunggulan yang lain adalah fleksibilitas jenis bahan bakar yang bisa 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.

Disamping keunggulan yang dimiliki, mesin diesel juga memiliki masalah yang berhubungan dengan pencemaran udara yaitu asap serta gas buang khususnya Nitrogen Oxide (NO<sub>x</sub>). Selama beberapa tahun terakhir, perundang-undangan emisi ketat telah dikenakan pada NO<sub>x</sub> dan asap yang dikeluarkan dari mesin diesel. Mesin diesel biasanya ditandai dengan konsumsi bahan bakar rendah dan sangat rendah emisi CO. Namun, emisi NO<sub>x</sub> dari mesin diesel masih tetap tinggi. Oleh karena itu, dalam rangka memenuhi peraturan perundang-undangan lingkungan, jumlah NO<sub>x</sub> yang dilepaskan ke udara harus dikurangi. [Asif Faiz, 1996]

EGR (*Exhaust Gas Recirculation*) merupakan salah satu metode yang dapat mengurangi emisi gas buang sekaligus meningkatkan efisiensi bahan bakar. Prinsip kerja dari EGR adalah dengan mensirkulasikan aliran gas buang kembali ke dalam *engine*. Temperatur gas buang yang akan masuk kembali ke *engine* dapat disesuaikan dengan menempatkan *heater* (*Hot EGR*) atau

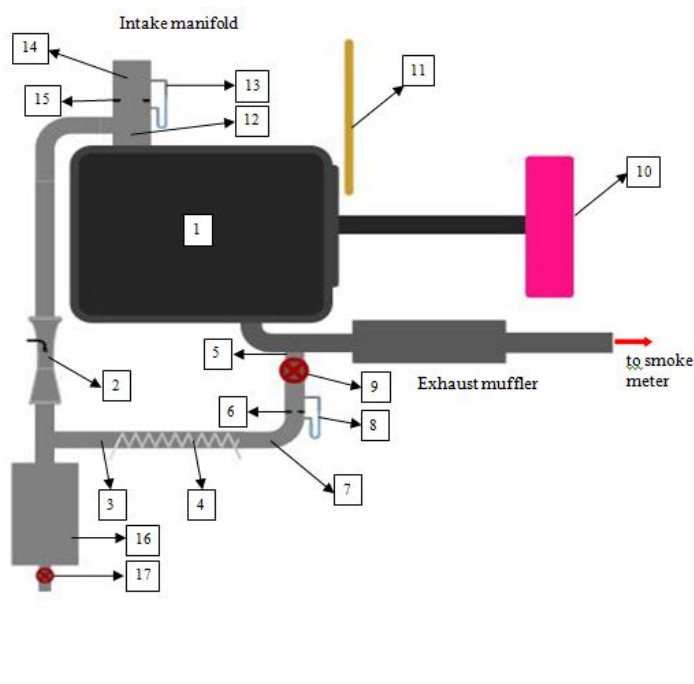
*cooler* (Cold EGR) atau kombinasi keduanya EGR pada sisi *intake manifold*. Penggunaan EGR dapat diterapkan pada mesin diesel maupun mesin bensin.

Meskipun penggunaan EGR dapat mereduksi emisi NO<sub>x</sub> yang dihasilkan dari pembakaran pada mesin diesel, namun dari beberapa penelitian yang telah dilakukan, emisi *soot* (jelaga) masih tetap tinggi. Penggunaan DPF (*diesel particulate filter*) atau SCR (*selective catalytic reduction*) dapat menjadi teknologi yang tepat untuk dipadukan dengan EGR. Namun baik DPF maupun SCR, keduanya bukan merupakan teknologi yang murah untuk masyarakat Indonesia umumnya. Sehingga diperlukan suatu alat yang selain murah dan mekanismenya sederhana, juga dapat mengurangi emisi *soot* dari pembakaran mesin diesel.

Pada penelitian ini digunakan *venturi scrubber* sebagai *cooler* dan *particulate trap* pada EGR. Gas buang yang disirkulasikan kembali ke ruang bakar terlebih dahulu dilewatkan pada venturi untuk dikontakkan dengan *scrub* air sehingga temperatur gas turun dan sebagian jelaga terperangkap. Penelitian ini meneliti pengaruh *Venturi Scrubber* - EGR terhadap performa mesin diesel dengan bahan bakar campuran minyak jarak (*jatropha*) dan solar. Biodiesel telah dikenal sebagai bahan bakar alternatif terbarukan yang menarik meskipun biodiesel dihasilkan dari minyak nabati sangat mahal dibandingkan konvensional diesel. Oleh karena itu, penggunaan biodiesel dari minyak nabati non-pilihan jauh lebih baik. Saat ini *Jatropha biodiesel* (JBD) menerima perhatian sebagai alternatif bahan bakar untuk mesin diesel.[M. Gomaa,2010]

## METODOLOGI PENELITIAN

Pada penelitian ini akan dilakukan variasi campuran bahan bakar solar 90% dan *jatropha* 10%, solar 80% dan *jatropha* 20%, dan solar 70% dan *jatropha* 30%. Setiap variasi campuran bahan bakar akan dilakukan pengujian dengan variasi putaran mesin dari 1300, 1700, 2100 dan 2500 rpm dengan variasi beban 25%, 50%, 75%, dan 100%. Pengujian ini juga akan diberikan EGR dengan variasi bukaan dari 25%, 50%, 75%, dan 100% terhadap variasi penurunan temperatur venturi scrubber dari 60 °C ke 50 °C, 40 °C, 37 °C. Pada pengujian ini dimaksudkan untuk mengetahui pengaruh prestasi mesin diesel seperti daya, torsi, AFR, konsumsi bahan bakar pada kondisi pembebanan, dengan kenaikan suhu udara yang masuk pada *intake manifold* dan kenaikan prosentase *jatropha* pada campuran bahan bakar. Penelitian ini menggunakan mesin diesel 4 silinder, 4 langkah IDI dengan skema alat dan spesifikasi mesin sebagai berikut ;



### Keterangan:

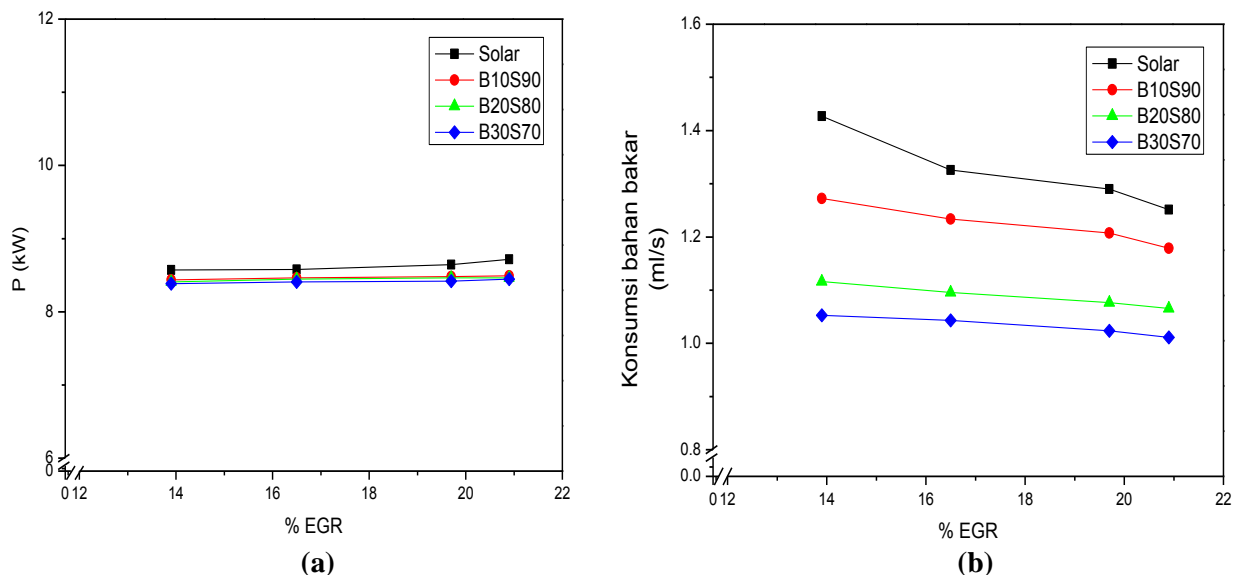
1. Mesin diesel
2. *Venturi scrubber*
3. Termokopel T<sub>3</sub>
4. Heater
5. Termokopel T<sub>1</sub>
6. *EGR orifice*
7. Termokopel T<sub>2</sub>
8. Manometer EGR
9. Katup EGR
10. Dinamometer
11. Buret
12. Termokopel T<sub>4</sub>
13. Manometer intake
14. Termokopel T<sub>5</sub>
15. *Intake orifice*
16. Penampung
17. Katup

Gambar 1. Deskripsi alat uji

Tabel 1. Spesifikasi mesin

Spesifikasi		Uraian
Tipe Mesin		C223, Pendinginan air, 4 langkah sejajar, tipe katup atas
Jumlah silinder - garis tengah x langkah	(mm)	4 - 88 x 92
Isi silinder	(cc)	2.238
Perbandingan kompresi		21:1
Timing injeksi bahan bakar		10°
Tekanan awal injeksi	(kg/cm <sup>2</sup> )	105
Tekanan kompresi	(kg/cm <sup>2</sup> )	31 pada 200 rpm
Panjang x lebar x tinggi	(mm)	741 x 546 x 716

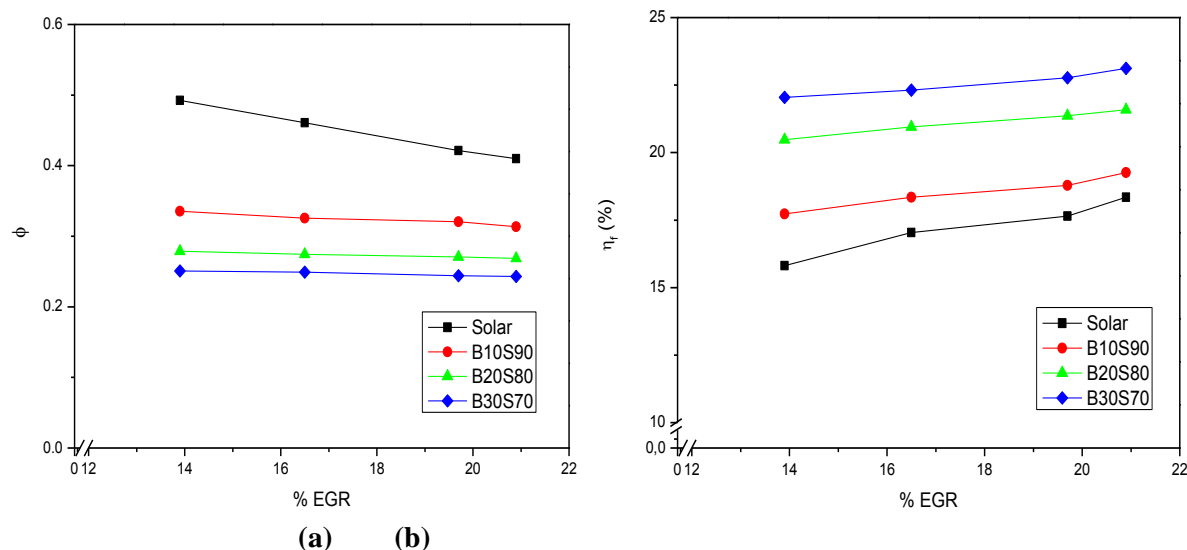
## HASIL DAN PEMBAHASAN



Gambar 2. a. menunjukkan hubungan antara daya (P) dan % EGR dan b. menunjukkan hubungan antara konsumsi bahan bakar dan % EGR untuk variasi campuran bahan bakar Solar, B10S90, B20S80, dan B30S70 pada 2500 rpm, beban 100%, dan temperatur EGR 60°C.

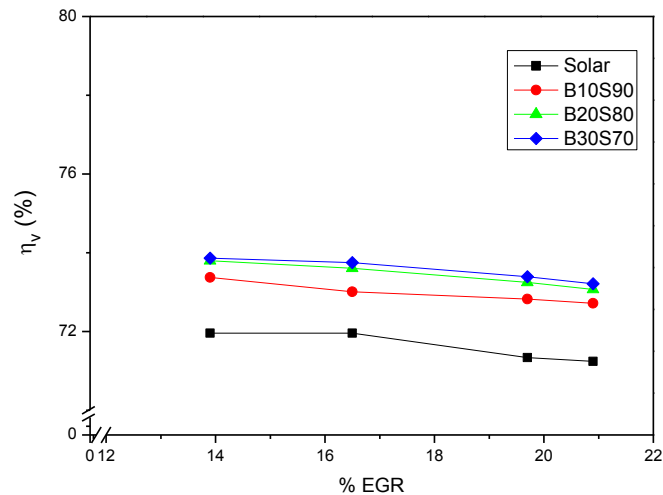
Pada gambar 2.a, terlihat bahwa kenaikan campuran bahan bakar sedikit berpengaruh terhadap daya yang dihasilkan. Semakin tinggi campuran biodiesel dalam solar, daya yang dihasilkan semakin turun. Hal ini dikarenakan densitas bahan bakar semakin naik, sedangkan  $Q_{HV}$  semakin menurun sehingga *ignition delay* semakin panjang yang mengakibatkan daya menurun. Pada variasi 20,9% EGR, penurunan nilai daya untuk bahan bakar B10S90, B20S80, dan B30S70 terhadap solar berturut-turut adalah sebesar 2,62%, 2,93%, dan 3,13%. Dari hasil tersebut, dapat disimpulkan bahwa pemakaian biodiesel (*jatropha*) sebanyak 30% sebagai campuran bahan bakar diesel masih layak untuk digunakan. Pada gambar 2.b, terlihat bahwa kenaikan % EGR berpengaruh pada nilai hasil perhitungan konsumsi bahan bakar. Konsumsi bahan bakar dipengaruhi oleh peningkatan temperatur EGR, N (rpm) dan T (Nm). Semakin tinggi EGR dan temperatur EGR maka nilai konsumsi bahan bakar semakin kecil. Dari grafik di atas terlihat bahwa konsumsi bahan bakar yang dibutuhkan oleh B30S70 lebih kecil dari B20S80, B10S90, dan solar murni. Peningkatan konsumsi bahan bakar dipengaruhi oleh besarnya campuran karena semakin besar campuran maka viskositas dan densitasnya juga semakin meningkat. Peningkatan viskositas akan menyebabkan penguapan di ruang bakar semakin rendah. Sedangkan peningkatan densitas

akan menyebabkan tekanan *fuel injector* menurun sehingga laju aliran bahan bakar yang masuk ke ruang bakar juga menurun. Penurunan tekanan tersebutlah yang menyebabkan *ignition delay* semakin panjang sehingga mempengaruhi daya yang dihasilkan. Dari gambar 2.b, dapat disimpulkan bahwa semakin tinggi campuran biodiesel dalam solar, maka konsumsi bahan bakar menjadi semakin rendah. Pada variasi 20,9% EGR, penurunan nilai konsumsi bahan bakar untuk bahan bakar B10S90, B20S80, dan B30S70 terhadap solar berturut-turut adalah sebesar 5,79%, 14,85%, dan 19,21%.



Gambar 3. a. menunjukkan hubungan antara  $\phi$  dan % EGR dan b. menunjukkan hubungan antara  $\eta_f$  (%) dan % EGR untuk variasi campuran bahan bakar Solar, B10S90, B20S80, dan B30S70 pada 2500 rpm, beban 100%, dan temperatur EGR 60°C.

Pada gambar 3.a. terlihat bahwa kenaikan % EGR berpengaruh dengan hasil perhitungan nilai  $\phi$ . Semakin besar % EGR, nilai  $\phi$  semakin kecil. Hal ini disebabkan karena nilai konsumsi bahan bakar dan nilai  $\dot{m}_a$  berbanding terbalik dengan % EGR. Semakin besar % EGR, konsumsi bahan bakar dan udara luar yang masuk semakin kecil, digantikan dengan gas buang yang masuk. Pada bahan bakar solar, penurunan konsumsi bahan bakar lebih besar daripada prosentase penurunan udara pembakaran sehingga nilai  $\phi$  cenderung mengalami penurunan. Sedangkan pada bahan bakar campuran minyak jarak - solar, penurunan konsumsi bahan bakar cenderung sebanding dengan penurunan udara pembakaran sehingga variasi % EGR tidak memberikan efek yang signifikan terhadap penurunan nilai  $\phi$ . Pada variasi 20,9% EGR, penurunan nilai  $\phi$  untuk bahan bakar B10S90, B20S80, dan B30S70 terhadap bahan bakar solar berturut-turut adalah sebesar 23,46%, 34,42%, dan 40,69%. Pada gambar 3.b, terlihat bahwa kenaikan % EGR berpengaruh pada hasil perhitungan  $\eta_f$ . Berdasarkan persamaan 2.10,  $\eta_f$  berbanding terbalik dengan nilai hasil perhitungan konsumsi bahan bakar dan harga kalori bahan bakar ( $Q_{HV}$ ), dan berbanding lurus dengan daya. Untuk bahan bakar solar nilai  $Q_{HV}$  (45,214 MJ/kg) paling besar dibandingkan dengan nilai  $Q_{HV}$  pada B10S90, B20S80, dan B30S70. Nilai  $Q_{HV}$  yang paling rendah adalah pada B30S70 yaitu 42,147 MJ/kg. Semakin kecil nilai  $Q_{HV}$  maka nilai  $\eta_f$  akan semakin besar. Sedangkan pengaruh daya tidak terlalu signifikan karena penurunan daya sebagai efek dari kenaikan prosentase campuran biodiesel relatif kecil. Nilai  $\eta_f$  dari gambar di atas terlihat terlalu kecil untuk kapasitas mesin diesel dalam pengujian. Hal tersebut terjadi karena pembebanan yang diberikan pada mesin cukup kecil sehingga *brake power* yang dihasilkan masih jauh dari harga maksimalnya. Meskipun demikian, dari gambar di atas dapat disimpulkan bahwa semakin tinggi campuran biodiesel dalam solar, maka  $\eta_f$  menjadi semakin tinggi pula. Pada variasi 20,9% EGR, kenaikan nilai  $\eta_f$  untuk bahan bakar B10S90, B20S80, dan B30S70 terhadap solar berturut-turut adalah sebesar 4,97%, 17,67%, dan 26,05%.



Gambar 4. Menunjukkan hubungan antara  $\eta_v$  (%) dan % EGR untuk variasi campuran bahan bakar Solar, B10S90, B20S80, dan B30S70 pada 2500 rpm, beban 100%, dan temperatur EGR 60°C.

Dari gambar 4, terlihat bahwa kenaikan % EGR berpengaruh pada hasil perhitungan  $\eta_v$ . Semakin tinggi % EGR, maka nilai  $\eta_v$  semakin kecil karena sebagian udara luar yang masuk ke *intake manifold* digantikan oleh gas buang dari EGR. Peningkatan campuran biodiesel juga mempengaruhi nilai  $\eta_v$  yang dihasilkan. Semakin tinggi prosentase campuran biodiesel, maka  $\dot{m}_a$  semakin meningkat sehingga  $\eta_v$  juga semakin meningkat. Hal ini dikarenakan semakin banyak campuran bahan bakar, maka semakin banyak dibutuhkan udara untuk pembakaran. Pada variasi 20,9% EGR, kenaikan nilai  $\eta_v$  untuk bahan bakar B10S90, B20S80, dan B30S70 terhadap solar berturut-turut adalah sebesar 2,07%, 2,57%, dan 2,76%.

## KESIMPULAN

Dari penelitian pengaruh *Venturi Scrubber - EGR (Exhaust Gas Recirculation)* dan variasi campuran bahan bakar *jatropha* - solar terhadap performa mesin diesel, dapat diambil kesimpulan:

1. Nilai daya dipengaruhi oleh beban dan rpm, semakin meningkat nilai beban dan rpm, maka daya yang dihasilkan juga semakin besar, begitu juga sebaliknya. Penggunaan *Venturi Scrubber - EGR* tidak memberikan pengaruh yang signifikan terhadap perubahan daya, sedangkan semakin banyak campuran *jatropha* dalam solar, maka daya yang dihasilkan semakin turun. Pada variasi pembebanan 100%, 20,9% EGR, temperatur EGR 60°C, dan putaran 2500 rpm, penurunan nilai daya untuk bahan bakar B10S90, B20S80, dan B30S70 terhadap solar berturut-turut adalah sebesar 2,62%, 2,93%, dan 3,13%.
2. Nilai BMEP dipengaruhi oleh torsi dan rpm, dimana torsi dipengaruhi oleh beban. Beban didapatkan dari bukaan katub beban dan putaran mesin. Penggunaan *Venturi Scrubber - EGR* tidak memberikan pengaruh yang signifikan terhadap perubahan BMEP, sedangkan semakin banyak campuran *jatropha* dalam solar, maka BMEP yang dihasilkan semakin turun. Pada variasi pembebanan 100%, 20,9% EGR, temperatur EGR 60°C, dan putaran 2500 rpm, penurunan nilai BMEP untuk bahan bakar B10S90, B20S80, dan B30S70 terhadap solar berturut-turut adalah sebesar 2,62%, 2,93%, dan 3,13%.
3. Konsumsi Bahan Bakar meningkat dengan meningkatnya beban dan putaran mesin, dan menurun dengan semakin meningkatnya % EGR dan campuran minyak jarak dalam solar. Pada variasi pembebanan 100%, 20,9% EGR, temperatur EGR 60°C, dan putaran 2500 rpm, penurunan nilai konsumsi bahan bakar untuk bahan bakar B10S90, B20S80, dan B30S70 terhadap solar berturut-turut adalah sebesar 5,79%, 14,85%, dan 19,21%.
4. Nilai  $\phi$  meningkat dengan meningkatnya beban dan putaran mesin, dan menurun dengan semakin meningkatnya % EGR dan campuran minyak jarak dalam solar. Pada variasi pembebanan 100%, 20,9% EGR, temperatur EGR 60°C, dan putaran 2500 rpm, penurunan nilai  $\phi$  untuk bahan bakar B10S90, B20S80, dan B30S70 terhadap bahan bakar solar berturut-turut adalah sebesar 23,46%, 34,42%, dan 40,69%.

5. Nilai  $\eta_f$  meningkat dengan meningkatnya beban, putaran mesin, % EGR, dan campuran minyak jarak dalam solar. Pada variasi pembebanan 100%, 20,9% EGR, temperatur EGR 60°C, dan putaran 2500 rpm, kenaikan nilai  $\eta_f$  untuk bahan bakar B10S90, B20S80, dan B30S70 terhadap solar berturut-turut adalah sebesar 4,97%, 17,67%, dan 26,05%.
6. Efisiensi volumetrik meningkat dengan meningkatnya beban dan dan campuran minyak jarak dalam solar, dan menurun dengan semakin meningkatnya putaran mesin dan % EGR. Pada variasi pembebanan 100%, 20,9% EGR, temperatur EGR 60°C, dan putaran 2500 rpm, kenaikan nilai  $\eta_v$  untuk bahan bakar B10S90, B20S80, dan B30S70 terhadap solar berturut-turut adalah sebesar 2,07%, 2,57%, dan 2,76%.

#### DAFTAR NOTASI/ISTILAH

Simbol	Keterangan
BMEP	Tekanan efektif rata-rata pengereman
$\dot{m}_a$	Massa jenis udara
$\dot{m}_f$	Massa jenis bahan bakar
$Q_{HV}$	Harga panas dari bahan bakar
$\eta_f$	Efisiensi bahan bakar
$\eta_v$	Efisiensi volumetric
$\phi$	Rasio ekuivalen

#### DAFTAR PUSTAKA

- Asif Faiz, Walsh Michael P, Weaver Christopher S. 1996. "Air Pollution From Motor Vehicles, Standards and Technologies for Controlling Emissions", The World Bank Washington, D.C, USA.
- M. Gomaa, A.J. Alimin, K.A. Kamarudin. 2010. "Trade-off between NO<sub>x</sub>, Soot and EGR rates foran IDI diesel engine fuelled with JB5". Engineering and Technolog, World Academy Of Science.
- Priambodo, Ir. Bambang. 1995. "Operasi dan Pemeliharaan Mesin Diesel", Jakarta: Erlangga.
- Heywood, John B.L. 1988. "Internal Combustion Engine Fundamentals", McGraw-Hill, Inc, United States of America,
- Tobias Husberg, Savo Ggirja, Ingemar Denbratt. 2004. "Visualitation of EGR Influence on Diesel Combustion With Long Ignition Delay In a Heavy-Duty Enggine", Chalmers University of Technology, SAE International,
- Avinash Kumar Agrawal, Shrawan Kumar Singh, Shailendra Sinha, Mritunjay Kumar Shukla. 2003. "Effect of Egr on the Exhaust Gas Temperature And Exhaust", Indian Institute of Technology, Kanpur, India.
- Holman, J.P. 1986. "Heat Transfer", McGraw-Hill Book Co, Singapore.
- Cengel, Yunus A. 2006. "Thermodynamics An Engineering Approach", 5th 1ed, McGraw-Hill.
- Perry, Robert H. and Green, Don W. 1984. "Perry's Chemical Engineers' Handbook (Sixth Edition ed.)", McGraw Hill, ISBN 0-07-049479-7,.
- Fox, Robert W dan Alan T. Mc Donald. 1994. *Introduction to Fluid Mechanics, fourth edition, SI Version*, John Wiley & Sons, Inc, Canada.
- Rajan. K, K.R. Senthil Kumar. 2009. *The Effect of Exhaust Gas Recirculation (EGR) on the Performance and Emission Characteristics of Diesel Engine with Sunflower Oil Methyl Ester*, International Journal of Chemical Engineering Research, Volume 1, Number 1, pp. 31–39.