
ANALISIS EFEK *HOT EGR* TERHADAP PERFORMA DAN EMISI JELAGA PADA MOTOR DIESEL DENGAN MENGGUNAKAN BAHAN BAKAR CAMPURAN BIOSOLAR DAN JATROPHA BIODIESEL

Jhonni Rentas Duling

Magister Teknik Mesin UNDIP
Jl. Prof. Sudarto, SH - Tembalang, Semarang
E-mail: r3ntas@gmail.com

Abstrak

Dalam rangka mencari solusi, krisis energy yang mulai terasa melanda dunia, maka disini akan dicoba untuk mengembangkan sumber energy yang bukan merupakan bahan pangan manusia maupun bahan pakan ternak. Untuk itu penelitian eksperimen ini, bertujuan untuk mengetahui efek Exhaust Gas Recirculation (EGR) type panas, terhadap performa dan emisi jelaga, pada motor diesel Isuzu Panther type C223 yang umum digunakan di Indonesia, dengan menggunakan bahan bakar campuran biosolar dan jatropha biodiesel. Dalam experiment output EGR dapat di tentukan pada temperatur 70°C sampai 100°C. Selain itu, juga diberikan variasi dalam beban, rpm, % EGR dan komposisi campuran bahan bakar. Jatropha biodiesel yang digunakan adalah produksi lokal, sehingga hasil experiment diharapkan dapat diaplikasikan langsung oleh masyarakat. Hasil yang diperoleh, performa campuran biosolar dengan jatropha tidak jauh berbeda dengan performa biosolar murni, seperti yang terlihat pada daya, untuk EGR 10.3 % dengan beban 100% dengan variasi putaran mesin 2100 (rpm) dan temperatur EGR 100°C dan variasi campuran bahan bakar B10D90, B20D80, B30D70 dan Biosolar 100%, mempunyai daya 28,47 kW. Emisi rata-rata terendah diperoleh pada campuran, Biosolar 80% jatropha 20%.

Kata kunci: Hot EGR, performa, jelaga, motor diesel, jatropha.

1. PENDAHULUAN

Cadangan migas Indonesia, dari seluruh sumber yang telah di eksplotasi sekarang, berjumlah sekitar 4.2 miliar barrel atau hanya cukup untuk sekitar 10 tahun kedepan, walaupun masih mempunyai cadangan 55 miliar barrel tapi belum bisa diambil dengan teknologi yang ada sekarang. (Harjono, 2010) Demikian juga keadaan dinegara-negara lain diseluruh dunia, tidak begitu jauh berbeda dengan keadaan Indonesia, jadi krisis energi itu sudah ada didepan mata, dan ini merupakan problem yang harus cepat dicari solusinya.

Sebagai langkahantisipasi menghadapi krisis, maka bidang-bidang stategis yang utama harus diperhatikan seperti transfortasi dan industry. Dari data Badan Pusat Statistik (BPS) Indonesia yang bersumber dari Kepolisian Republik Indonesia diketahui jumlah kendaraan dengan jenis bus dan truck yang menggunakan motor diesel pada tahun 2010 saja, sudah berjumlah 6.937.898 unit, (BPS, 2010) belum lagi ditambah jumlah motor diesel yang digunakan pada bidang industry dan bidang lainnya, ini menunjukkan betapa pentingnya fungsi motor diesel, sehingga harus diberikan perhatian secara khusus.

Agar motor diesel ini dapat terhindar dari krisis, maka harus dilakukan konservasi dan diversifikasi pada bahan bakarnya, dengan cara mencari bahan bakar alternative yaitu biodiesel, biodiesel ini bisa dibuat dari berbagai macam bahan, baik dari bahan pangan maupun bahan non pangan. Tapi agar dapat dikembangkan dengan baik maka harus berasal dari bahan non pangan agar tidak bentrok dengan kebutuhan pangan yang akan menimbulkan masalah dikemudian hari.

Bahan dasar pembuatan biodiesel dari bahan non pangan ini seperti biji bunga matahari, alga, punggamia, biji karet, jatropha (jarak pagar) dan banyak lagi yang lainnya.

Dari bahan biodiesel, yang bukan termasuk bahan pangan diatas, jatropha adalah yang paling menarik, dari penelitian sebelumnya diketahui, jatropha mempunyai kelebihan, seperti bisa tumbuh dengan baik pada tanah yang kurang subur, dan kelebihanannya bila dibandingkan dengan bahan bakar motor diesel konvensional (solar), adalah tidak mengandung belerang atau zat aromatic, mengandung oksigen sampai kadar 10%, hal ini tentunya sangat menguntungkan untuk bahan bakar karena akan membuat, zat hidro karbon pada bahan bakar dapat lebih banyak terbakar dan

menghasilkan energy panas. Dalam hal pembakaran, konsumsi bahan bakar, output daya dan torsi pada motor, relatif tidak terpengaruh oleh jatropa biodiesel ini. (M. Gomaa, 2011)

Kekurangannya jika dibandingkan bahan bakar diesel hanya mempunyai nilai emisi NOx (*nitrogen oxides*) yang lebih tinggi. (M. Gomaa, 2011)

Dari penelitian sebelumnya, diketahui masalah ini dapat diatasi, dengan beberapa metode yang telah ada, diantaranya memperlambat timing penyemprotan bahan bakar, sayangnya, cara ini malah mengakibatkan borosnya bahan bakar, sebesar 10 - 15%. Kemudian bisa juga dengan mensirkulasi exhaust gas kembali ke dalam ruang bakar atau dikenal dengan metode EGR. (Agrawal, 2003)

Dengan metode EGR ini, penurunan emisi NOx, bisa dilakukan dengan dua cara, baik dengan cara dingin, yaitu dengan melakukan pendinginan pada exhaust gas yang disalurkan kembali keruang bakar maupun cara panas yaitu dengan menyalurkan exhaust gas keruang bakar dengan tanpa melakukan pendingin atau diberi tambahan pemanas, agar output EGR dapat ditentukan pada suhu tertentu, kedua cara ini sama-sama bisa menurunkan temperature ruang bakar, hingga dibawah suhu 2000⁰K, sehingga emisi NOx tidak bisa terbentuk.

Sayangnya lagi, bila temperature ruang bakar,berada pada 2000⁰K atau turun dibawah suhu itu, hal ini akan memicu terbentuknya emisi jelaga (soot).

EGR memang akan mengakibatkan berbagai efek pada motor diesel, khususnya efek hot EGR, terhadap performa dan emisi motor diesel belum betul-betul diketahui, sehingga dilaporkan hasilnya masih bisa positif atau negatif (Alain Maiboom, 2007).

Oleh karena itu, tujuan dari penelitian ini adalah, mencoba lebih dalam menggali tentang efek dari hot EGR terhadap performa dan emisi jelaga pada motor diesel dengan menggunakan bahan bakar campuran biodiesel jatropa dan biosolar, agar dapat diketahui, pada campuran dan perlakuan seperti apa, campuran ini, dapat digunakan dengan baik, sebagai bahan bakar pada motor diesel.

1.1. Efek terhadap performa

Perhitungan performa dilakukan dengan parameter dibawah ini :

1. Daya Pengereman
2. Tekanan Efektif Rata-Rata
3. Konsumsi Bahan Bakar Spesifik
4. Perbandingan Udara Bahan Bakar (Air/Fuel Ratio)
5. Effisiensi Volumetris
6. Effisiensi Konsumsi Bahan Bakar

1.2. Efek terhadap emisi

Parameter emisi adalah opacity yang dihitung dari data density asap hasil pengukuran

$$N(\%) = 100 * (1 - e^{-kL}) \quad \dots\dots\dots(1)$$

(SAE, 2006)

Dimana :

- N(%)** = Opacity dalam %
k = Density asap (m⁻¹)
L = Panjang efektif path optic (m)

2. METODOLOGI PENELITIAN

Metode yang digunakan, dalam penelitian ini adalah metode experiment, dengan detail sebagai berikut :

1) Material Penelitian

Nilai kalori bahan bakar yang digunakan:

Tabel 1. Nilai kalori bahan bakar

No.	Nama campuran bahan bakar	Kalori/g
1.	Biosolar 100 %	10801.2
2.	Campuran biosolar 90% jatropa10%	10588.0
3.	Campuran biosolar 80% jatropa 20%	10368.2
4.	Campuran biosolar 70% jatropa 30%	10133.1

(Lab.Thermofluid Teknik Mesin UNDIP)

Komposisi campuran bahan bakar :

- D100 (Biosolar 100%)
- B10D90 (Campuran biosolar 90% jatropa10%)
- B20D80 (Campuran biosolar 80% jatropa 20%)
- B30D70 (Campuran biosolar 70% jatropa 30%)

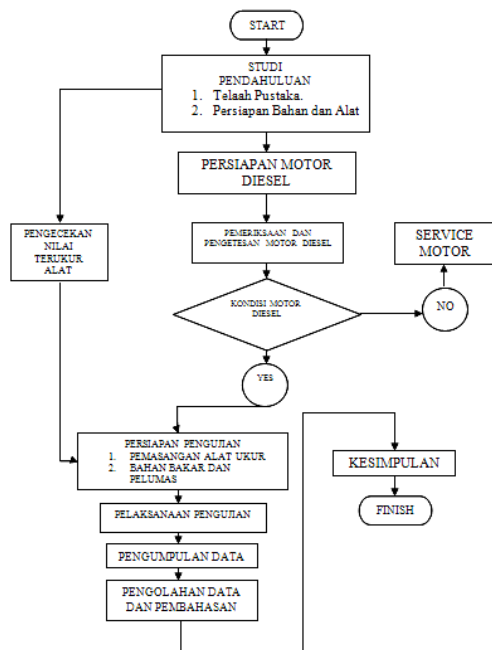
2) Peralatan Penelitian

1. Motor diesel 4 silinder Isuzu panther, dipasang EGR panas dan dingin dilengkapi pemanas dan pendingin (heat exchanger shell and tube counter flow), spesifikasi motor diesel :
 - Type Motor : Diesel, swirt, OHV, C 233
 - Jumlah silinder : 4 buah segaris (inline)
 - Diameter langkah : 85 x 98 mm
 - Volume silinder : 2238 cc
 - Daya maksimum : 52,4 / 3000 (HP/rpm).
 - Torsi maksimum : 142,4/2250 (N.m/rpm).
 - Tekanan kompresi : 21 : 1
2. Alat ukur temperatur thermocopel dipasang pada exhause, pada intake manifold, pada ouput EGR dan pada intake manifold setelah output EGR.
3. Alat pengukur tekanan manometer dengan plat orifis pada intake dan pada input EGR.
4. Alat pengukur daya dynamometer merek dynamite Land&Sea
5. Alat pengukur emisi Stargas 898 dan Smokemeter OTC 495
6. Tachometer
7. Stopwatch

3) Variabel Penelitian

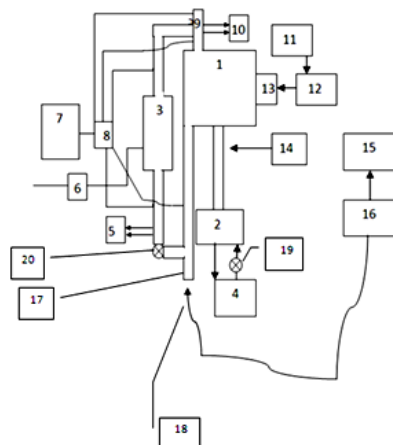
1. Variabel bebas yaitu :
 - o Campuran bahan bakar D100; D90B10; D80B20; D70B30.
 - o Katup input EGR : Bukaan 0.25 ;0.50; 0.75; 1(penuh).
 - o Beban : bukaan katup : 0.25 ;0.50; 0.75; 1(penuh).
 - o Temperatur heater : non heater; 70⁰,80⁰,90⁰,100⁰ Celsius.
 - o Putaran motor diesel : 1300 rpm; 1700rpm; 2100rpm; 2500 rpm.
2. Variabel terikat yaitu :
 - o Tekanan manometer intekmanifol
 - o Tekanan manometer input EGR
 - o Volume minyak 20 ml
 - o Waktu per 20 ml bahan bakar
 - o Temperatur exhause.
 - o Temperatur input EGR
 - o Temperatur output EGR
 - o Temperatur intek manifold
 - o Temperatur ruangan
 - o Temperatur motor diesel
 - o Opacity

4) Diagram Alir Pengujian dan Setup Experimen



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

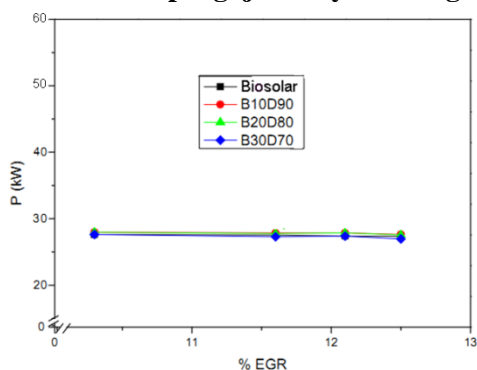
- | | |
|---------------------------------|------------------------------|
| 1. Motor Diesel | 11. Tanki bahan bakar |
| 2. Dynamometer | 12. Gelas ukur |
| 3. EGR | 13. Pompa bahan bakar |
| 4. Pompa Dynamometer | 14. Tachometer |
| 5. Manometer input EGR | 15. Start gas |
| 6. Seklar heater | 16. Smoke analyser |
| 7. Computer | 17. Exhause |
| 8. Central contactor termokopel | 18. Slang input gas analyser |
| 9. Intake manifold | |
| 10. Manometer intake manifold | |



Gambar 2. Setup Experiment

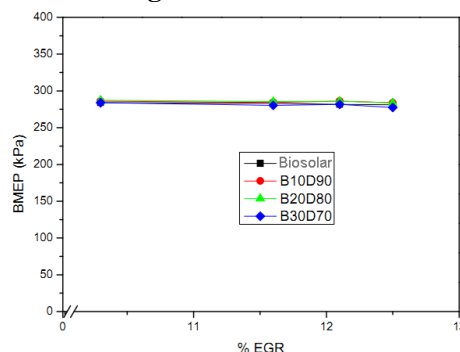
3. Hasil dan Pembahasan

1. Data hasil pengujian daya dari tiga campuran biodiesel dengan biosolar



Gambar 3.

Grafik hubungan Daya dan variasi EGR



Gambar 4.

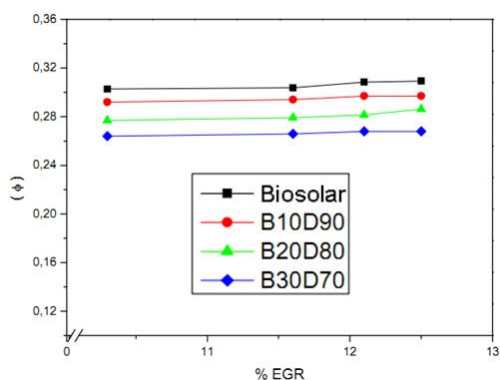
Grafik hubungan BMEP dan variasi EGR

Pada gambar 3 menunjukkan grafik hubungan P dengan variasi EGR untuk beban 100% dengan variasi putaran mesin 2100 (rpm) dan temperatur EGR 100°C dengan variasi campuran bahan bakar B10D90, B20D80, B30% D70 dan Biosolar 100%. Dari grafik terlihat bahwa kenaikan campuran bahan bakar tidak terlalu berpengaruh dengan daya yang dihasilkan, hasil daya untuk kenaikan EGR dari 0%-12,5% hampir sama. Untuk campuran 30% terlihat performanya mulai menurun pada putaran tinggi dikarenakan daya bakarnya menurun sehingga berpengaruh pada daya motor. Daya menurun pada EGR 12,5% dengan menggunakan campuran bahan bakar 30%, dikarenakan ignition delay semakin panjang maka tekanan P akan mengalami penurunan dan hal ini juga berpengaruh pada penurunan daya.

2. Data hasil pengujian BMEP dari tiga campuran biodiesel dengan biosolar.

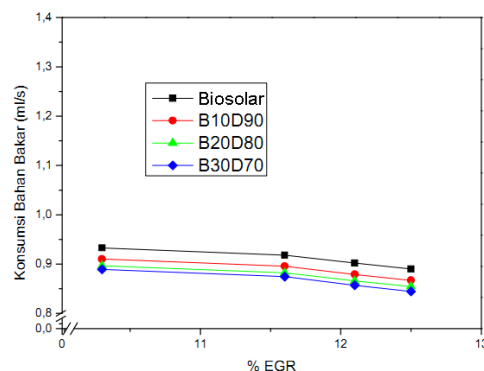
Pada gambar 4. menunjukkan grafik hubungan BMEP dengan variasi EGR untuk beban 100% dengan variasi putaran mesin 2100 (rpm) dan temperatur EGR 100°C dengan variasi campuran bahan bakar B10D90, B20D80, B30D70 dan Biosolar 100%. Dari grafik terlihat bahwa kenaikan campuran bahan bakar tidak terlalu berpengaruh dengan daya yang dihasilkan, hasil daya untuk kenaikan EGR dari 0%-12,5% hampir sama. Untuk campuran yang 30% terlihat performanya mulai menurun pada putaran tinggi dikarenakan daya bakarnya menurun sehingga berpengaruh pada daya mesin. Daya menurun pada EGR 12,5% dengan menggunakan campuran bahan bakar 30%, dikarenakan ignition delay semakin panjang maka BMEP tekanan akan mengalami penurunan dan hal ini juga berpengaruh pada penurunan daya.

3. Data Hasil Pengujian ϕ ($FAR_{aktual}/FAR_{stokiometri}$)



Gambar 5.

Grafik hubungan ϕ dan variasi EGR.



Gambar 6.

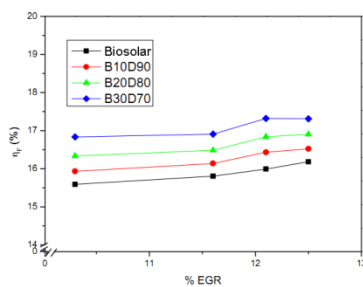
Grafik hubungan Konsumsi dan variasi EGR.

Pada gambar 5. menunjukkan grafik hubungan ϕ dengan variasi EGR untuk beban 100% dengan variasi putaran mesin 2100 (rpm) dan temperatur EGR 100⁰ C dengan variasi campuran bahan bakar B10D90,B20D80,B30D70 dan Biosolar 100%. Dari grafik terlihat bahwa kenaikan EGR berpengaruh terhadap hasil perhitungan nilai ϕ . Nilai konsumsi bahan bakar berbanding lurus dengan % EGR dan temperatur EGR, serta berbanding terbalik dengan nilai rpm dan torsi. Sedangkan nilai \dot{m}_a berbanding terbalik dengan %EGR

4. Data Hasil Pengujian Konsumsi Bahan Bakar.

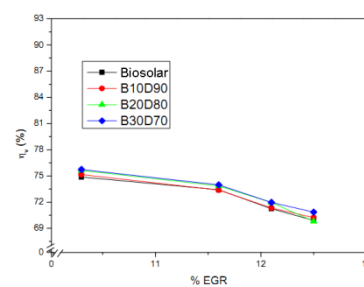
Pada gambar 6 menunjukkan grafik hubungan konsumsi bahan bakar dengan variasi EGR untuk beban 100% dan variasi putaran motor 2100 (rpm) dan temperatur EGR 100⁰C dengan variasi campuran bahan bakar B10D90,B20D80,B30D70 dan Biosolar 100%. Dari grafik terlihat bahwa kenaikan % EGR berpengaruh pada nilai 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 campuran bahan bakar 30% lebih sedikit dibandingkan dengan campuran bahan bakar 20%,10% dan biosolar murni. Peningkatan konsumsi bahan bakar dipengaruhi oleh besarnya campuran karena semakin besar campuran maka viskositasnya juga semakin meningkat. Hal ini akan menyebabkan penguapan di ruang bakar akan rendah. Sehingga dapat di simpulkan semakin banyak campuran bahan bakar jatropa dengan biosolar maka konsumsi bahan bakar semakin irit.

5. Data Hasil Pengujian Efisiensi Bahan Bakar (η_f)



Gambar 7.

Grafik hubungan η_f dan variasi EGR



Gambar 8.

Grafik hubungan η_v dan variasi EGR

Pada gambar 7. Menunjukkan grafik hubungan η_f dengan variasi EGR untuk beban 100% dengan variasi putaran mesin 2100 (rpm) dan temperatur EGR 100⁰ C serta variasi campuran bahan bakar B10D90,B20D80,B30D70 dan Biosolar 100%. Dari grafik terlihat bahwa kenaikan % EGR berpengaruh pada hasil perhitungan η_f . Untuk bahan bakar biosolar nilai (QHV = 45,214 Mj/kg) paling kecil dibandingkan dengan nilai QHV pada campuran 10%,20% dan 30% , dan nilai QHV yang paling tinggi adalah pada campuran 30% yaitu 42,147 Mj/kg. Semakin kecil nilai QHV maka nilai η_f akan semakin besar.

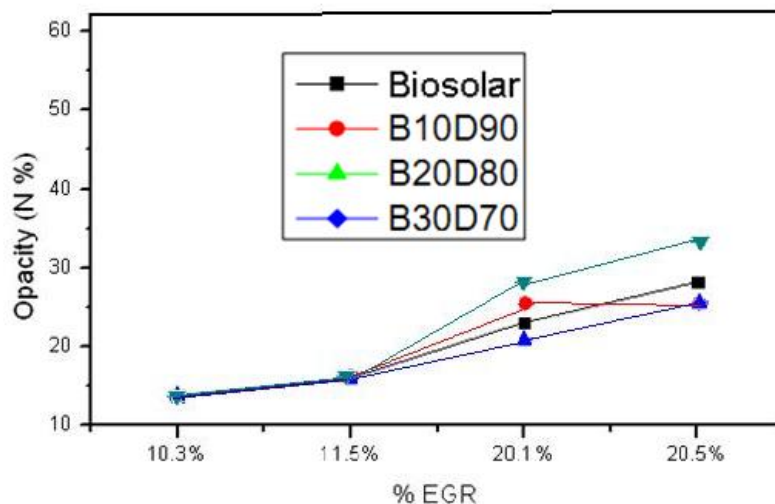
6. Data Hasil Pengujian Efisiensi Volumetrik (η_v).

Pada gambar 8. menunjukkan grafik hubungan η_v dengan variasi EGR untuk beban 100% dengan variasi putaran mesin 2100 (rpm) dan temperatur EGR 100⁰C dan variasi campuran bahan bakar B10D90,B20D80,B30D70 dan Biosolar 100%. Dari grafik terlihat bahwa kenaikan %EGR berpengaruh pada hasil perhitungan η_v . Untuk penggunaan jatropa yang semakin tinggi akan berbanding lurus dengan laju aliran massa udara sehingga η_v semakin meningkat. Hal ini dikarenakan semakin banyak campuran bahan bakar maka semakin banyak dibutuhkan udara untuk pembakaran.

7. Data Hasil Pengujian Opacity.

Pada gambar 9. menunjukkan grafik hubungan η_v dengan variasi EGR untuk beban 100% dengan variasi putaran mesin 2100 (rpm) dan temperatur EGR 100⁰C dan variasi campuran bahan

bakar B10D90, B20D80, B30D70 dan Biosolar 100%. Dari grafik terlihat bahwa kenaikan % EGR dan tingginya kadar campuran berpengaruh pada opacity gas exhaust, terutama pada tingkat EGR tinggi, nilai opacity rata-rata rendah dari biosolar adalah campuran B20 D80.



Gambar 9. Grafik hubungan opacity dengan variasi EGR

4. KESIMPULAN

1. Dari segi performa campuran biosolar dan jatropha biodiesel masih layak digunakan untuk bahan bakar diesel, seperti yang terlihat pada grafik 3, daya untuk EGR 10.3 % dengan beban 100% dengan variasi putaran mesin 2100 (rpm) dan temperatur EGR 100°C dan variasi campuran bahan bakar B10D90, B20D80, B30%D70 dan Biosolar 100%, mempunyai daya 28,47 kW.
2. Dari segi emisi campuran 20% jatropha dan 80% biodiesel, mempunyai emisi rata-rata dibawah biosolar.

DAFTAR PUSTAKA

- Agrawal, Avinash Kumar, Singh, Srivastava, 2003 “*Effect of EGR on exhaust gas temperature exhaust opacity in compression ignition engines*”, Environmental engineering and management, India Institut of Teknology.
- Badan pusat statistic, 2010, “*Perkembangan Jumlah Kendaraan Bermotor Menurut Jenis tahun 1987-2010*”.
- Harjono, Yulvianus, 2010 “*Cadangan minyak Indonesia tinggal 10 tahun*”, *Koran Kompas*, 1(2), 5-5.
- M. Gomaa, AJ Alimin, KA. Kamarudin, 2010, “*Trade-off between NOx Soot and EGR rate for an IDI diesel engine fuelled with JB5*”, World Academy of Science Engineering and Technology.
- M. Gomaa, AJ Alimin, KA. Kamarudin, 2011, “*The effect of EGR rates on NOx and smoke emissions of an IDI diesel engine fuelled with Jatropha biodiesel blends*”, International Journal of Energy and Environment (IJEE), Volume 2, Issue 3.
- Society of Automotive Engineers SAE J1667 Recommended Practice, 2006, “*Snap Acceleration Smoke Test Procedure for Heavy Duty Powered Vehincls*”, Society of Automotive Engineers Inc.
- Alain Maiboom, Xavier Tauzia, Jean-Franc-ois He´ tet, 2007, “*Experimental study of various effects of exhaust gas recirculation (EGR) on combustion and emissions of an automotive direct injection diesel engine*” UMR 6598 CNRS, Ecole Centrale de Nantes, BP 92101, 44321 Nantes Cedex 3, France.