

# PENGARUH EXHAUST GAS RECIRCULATION (EGR) TERHADAP PERFORMA DAN EMISI JELAGA MESIN DIESEL DIRECT INJECTION

---

Angga Septiyanto<sup>1</sup>, Sonika Maulana<sup>2</sup>, Agus Nugroho<sup>3</sup>, Sudiyono<sup>4</sup>

<sup>1234</sup>Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang  
Email: [anggam@mail.unnes.ac.id](mailto:anggam@mail.unnes.ac.id)

**Abstrak.** Kendaraan bermotor sebagai alat transportasi berbahan bakar minyak (bahan bakar fosil) yang menghasilkan emisi gas buang menjadi salah satu faktor terjadinya pencemaran udara yang berdampak negatif terhadap lingkungan. Bertambahnya jumlah kendaraan bermotor akan diikuti juga dengan peningkatan pencemaran udara yang berasal dari emisi gas buang pada kendaraan bermotor. Salah satu jenis mesin kendaraan bermotor yang banyak digunakan pada truck, bus dan beberapa mobil penumpang adalah mesin diesel karena efisiensi dan daya tahan yang tinggi. Gas buang yang dihasilkan oleh mesin diesel dapat mengakibatkan permasalahan polusi udara yaitu dalam bentuk emisi jelaga dan NO<sub>x</sub>. Hal ini mengakibatkan munculnya beberapa penelitian yang bertujuan untuk menurunkan kadar emisi pada mesin diesel salah satunya menggunakan Exhaust Gas Recirculation (EGR). EGR digunakan untuk menurunkan emisi NO<sub>x</sub> yang dihasilkan dari proses pembakaran, dengan memasukkan kembali sebagian gas buang hasil pembakaran ke dalam intake manifold. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui performa dan emisi jelaga mesin diesel ketika menggunakan exhaust gas recirculation (EGR) untuk mengurangi emisi NO<sub>x</sub> pada mesin diesel direct injection. Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah metode eksperimen dengan menggunakan dinamometer untuk mengukur performa dengan variasi pembebanan 25%, 50%, 75%, 100%. Nilai yang didapat akan dianalisa dan diolah dalam bentuk grafik dengan menggunakan Software Origin Pro 8. Hasil penelitian menunjukkan performa torsi dan daya mengalami kenaikan dengan penggunaan EGR pada mesin diesel direct injection, dengan peningkatan sebesar nilai torsi dan daya masing-masing sebesar 11,16% dan 11,18% pada laju EGR 15,3% dan variasi pembebanan 50%. Sedangkan emisi jelaga yang diindikasikan dengan smoke opacity meningkat dengan penggunaan EGR, dengan peningkatan sebesar 24,02% ketika lajur EGR 16,5% dengan pembebanan 25%.

**Kata Kunci :** Diesel, EGR , emisi.

## PENDAHULUAN

Transportasi menjadi sebuah kebutuhan yang utama bagi masyarakat pada masa sekarang ini. Jenis transportasi yang paling sering digunakan adalah transportasi darat.

Salah satu jenis mesin yang digunakan untuk transportasi darat adalah mesin diesel. Mesin diesel mempunyai beberapa keunggulan yaitu dari segi efisiensi pembakaran yang tinggi, kehandalan mesin yang bagus, fleksibilitas bahan bakar, dan rendahnya konsumsi bahan bakar yang membuat mesin diesel banyak digunakan di beberapa negara (Guo et al. 2011).

Mesin diesel selain mempunyai keunggulan juga mempunyai beberapa kelemahan diantaranya berkaitan dengan pencemaran udara yaitu emisi jelaga (*soot*) yang merupakan masalah utama pada motor diesel dan *Nitrogen Oxide* ( $\text{NO}_x$ ). Mesin diesel biasanya dicirikan dengan konsumsi bahan bakar rendah dan penghasil emisi CO yang rendah namun mempunyai emisi  $\text{NO}_x$  yang tinggi. Kandungan emisi gas buang yang berbahaya bagi kesehatan antara lain, HC,  $\text{NO}_x$ , dan CO serta *smoke* hasil pembakaran. Resiko lain adalah *Particulate Matter* (PM) yang mempunyai pengaruh lebih besar bagi manusia dibandingkan pencemar udara lain. Kandungan PM adalah sulfat, nitrat, ammonia, natrium klorida, karbon, debu mineral dan air. *Particulate Matter* terdiri dari campuran yang kompleks antara partikel padat dan cair dari bahan organik dan anorganik yang tersuspensi di udara. Beberapa penelitian menunjukkan, lebih banyak kematian karena  $\text{PM}_{2,5}$  (PM dibawah  $2,5\mu\text{m}$ ) dibandingkan  $\text{PM}_{10}$  (PM dibawah  $10\mu\text{m}$ ). Namun partikel antara  $2,5 - 10 \mu\text{m}$  juga berisiko jika dikaitkan dengan asma dan infeksi saluran pernapasan atas (ISPA) (Kementrian Lingkungan.Hidup, 2012).

Usaha untuk menurunkan kadar emisi gas buang pada mesin diesel DI, dilakukan beberapa penelitian dengan mencampur beberapa macam zat adiktif pada bahan bakar diesel. Selain itu penambahan zat adiktif diharapkan tidak mengurangi performa mesin diesel, tetapi justru dapat meningkatkan performa dari mesin diesel. (Singhyadav et al. 2011) melakukan penelitian dengan menambahkan hidrogen pada intake manifold yang terdapat Exhaust Gas Recirculation (EGR) menghasilkan kadar emisi gas buang yang rendah dan meningkatkan performa mesin diesel, jika dibandingkan dengan pengoperasian mesin diesel tanpa tambahan hidrogen. Beberapa usaha untuk mengurangi kadar emisi mesin diesel sudah dilakukan, akan tetapi akan berpengaruh dengan performa yang dihasilkan dari mesin diesel.

*Exhaust Gas Recirculation* (EGR) salah satu metode yang efektif untuk mengurangi  $\text{NO}_x$  mesin diesel karena rendahnya temperatur pembakaran dan konsentrasi oksigen dari fluida yang bekerja di ruang bakar. Namun ketika  $\text{NO}_x$  berkurang, emisi jelaga meningkat dihasilkan dari rendahnya konsentrasi oksigen (Zheng et al. 2004). Metode EGR dibagi menjadi dua, yang pertama *Hot EGR* dimana sebagian gas buang disirkulasikan kembali tanpa didinginkan sehingga menyebabkan peningkatan suhu pada *intake*. Yang kedua *Cold EGR* dimana sebagian gas buang yang disirkulasikan didinginkan dengan menggunakan heat exchanger yang menyebabkan penurunan suhu intake (Niranjan et al. n.d.).

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui performa dan emisi mesin yang dihasilkan dari penggunaan EGR pada mesin diesel injeksi langsung.

## METODE

Penelitian dilakukan pada mesin diesel 4 silinder jenis injeksi langsung dengan spesifikasi pada Tabel 1. Pengujian dilakukan dengan penambahan EGR dengan variasi EGR rate 12,8%, 14,1%, 15,3% dan 16,5% pada putaran mesin 2000 rpm.

**Tabel.1 Spesifikasi Mesin Diesel**

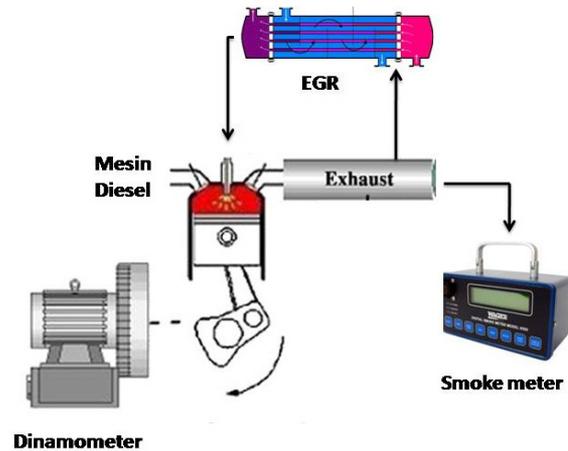
	<b>Isuzu 4JB1</b>
<b>Model of engine type</b>	<b>4 cylinder, 4 cycle, OHV, vertical in-line, direct injection</b>
<b>Cylinder number</b>	4
<b>Cylinder bore</b>	93 mm
<b>Cylinder stroke</b>	102 mm
<b>Compression ratio</b>	18,2 : 1
<b>Compression pressure</b>	31 kg/cm <sup>2</sup>
<b>Total cylinder volume</b>	2771 cc
<b>Maximum power</b>	52,2 kW at 3000 rpm
<b>Maximum torque</b>	178,96 Nm at 2000 rpm

Bahan bakar yang digunakan pada penelitian ini adalah biosolar (D) Untuk mengetahui pembebanan sebuah mesin menggunakan alat dynamoter. Jenis dynamometer yang digunakan dalam penelitian ini adalah dynamometer absorpsi jenis hidraulik dengan fluida air dengan spesifikasi pada Tabel .2.

**Tabel 2. Spesifikasi Dynamometer**

<b>No</b>	<b>Uraian</b>	<b>Keterangan</b>
1	Merk	DYNOmite Land and Sea
2	Hp	15 to 800 (standart - single rotor)
3	Hp option	1 to over10.000
4	Torque option	2 to over 5.000 lb-ft
5	RPM	1.000 to over 10.000(standart)- optional absorbers to over 20.000

Kepekatan asap yang dihasilkan oleh mesin diesel diukur menggunakan gas analyzer Stargass 898 dan Smoke meter OTC 495 untuk mengukur emisi gas buang dari mesin diesel. Pengolahan data akan dilakukan dengan bantuan *software* MS Excel 2007 dan *software* Origin Pro 8, serta hasilnya akan ditampilkan dalam bentuk grafik. Susunan alat uji disusun sesuai dengan Gambar 1.



Gambar1 Experimental Set Up

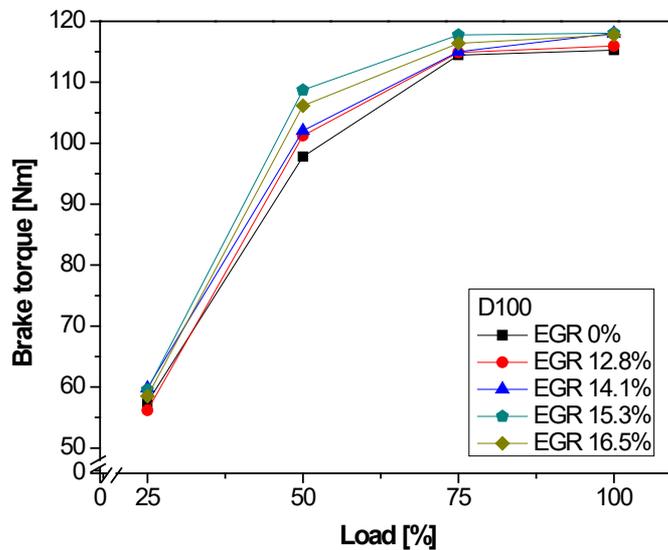
## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Pengaruh EGR terhadap *Brake Torque*

Pengujian dilakukan pada putaran mesin 2000 rpm dengan pembebanan 25% sampai 100% dari beban maksimum yang bisa dicapai dengan interval pembebanan 25%. Data brake torque didapatkan dengan memvariasikan laju EGR dan beban sehingga dapat diketahui pengaruh EGR terhadap brake torque.

Pengaruh EGR terhadap brake torque dapat diketahui dengan memvariasikan laju EGR dari 0% - 16,5% pada beban yang sama. Hasil pengujian dari masing-masing laju EGR dibandingkan dengan hasil pengujian terhadap mesin tanpa EGR (EGR 0%) sehingga diperoleh nilai perubahan torsi tertinggi. Sedangkan untuk memperoleh nilai torsi dilakukan perbandingan pada tiap hasil pengujian masing-masing laju EGR.

Hasil pengujian pada Gambar 2 menunjukkan bahwa semakin besar laju EGR, torsi yang dihasilkan semakin meningkat. Pada pembebanan 50% dengan laju EGR 15,3 % mengalami peningkatan nilai torsi paling besar dibandingkan tanpa menggunakan EGR (EGR 0%) yaitu sebesar 11,16%. Sedangkan untuk nilai torsi tertinggi sebesar 118,07 Nm terjadi ketika beban 100% dengan laju EGR 15,3%.



**Gambar.2. Pengaruh EGR terhadap *brake torque* dengan variasi beban**

Gambar 2 menunjukkan bahwa meningkatnya beban mengakibatkan nilai torsi mengalami peningkatan. Nilai torsi juga mengalami peningkatan dengan adanya EGR. Hal ini disebabkan karena adanya EGR akan meningkatkan proses pembakaran akibat naiknya temperature udara masukan, hal ini ditambah lagi bahwa EGR mempunyai tekanan yang sedikit lebih tinggi daripada tekanan atmosfer sehingga akan mengurangi rugi pompa (*pumping losses*) (V Pradeep, 2007).

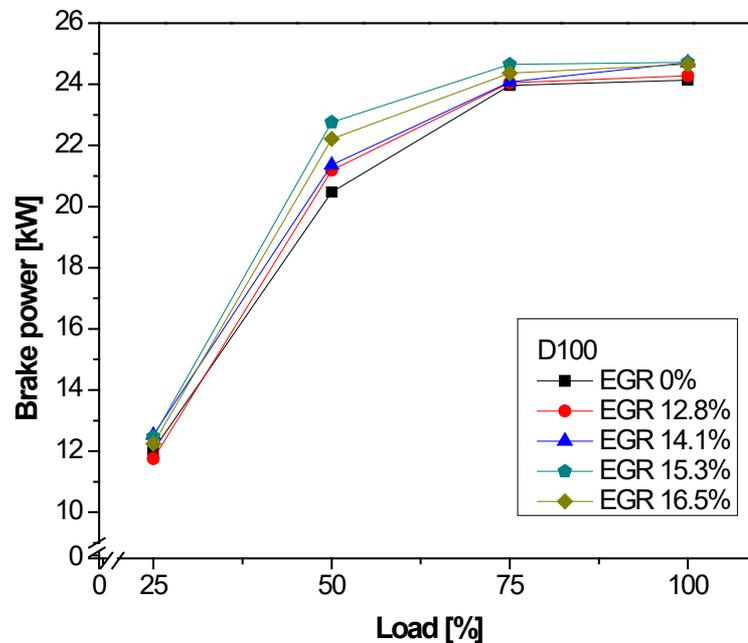
### **Pengaruh EGR terhadap *Brake Power***

Pengambilan data dilakukan dengan pembebanan 25% sampai 100% dengan interval pembebanan 25% pada putaran konstan 2000 rpm. Pengujian brake power ini dilakukan dengan menggunakan variasi laju EGR dan beban. Hal ini dilakukan dalam rangka untuk mengetahui pengaruh laju EGR terhadap brake power.

Pengujian dilakukan dengan laju EGR 0% - 16,5%, hal ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh laju EGR terhadap brake power. Hasil pengujian dari masing-masing EGR dibandingkan dengan hasil pengujian tanpa menggunakan EGR (laju EGR 0%) untuk mengetahui perubahan maksimum dari brake power. Sedangkan nilai daya maksimum didapatkan dengan cara membandingkan nilai daya dari masing-masing laju EGR. Gambar.3 menunjukkan hasil pengujian pengaruh EGR terhadap brake power.

Hasil pengujian ditunjukkan pada Gambar 3. Nilai daya semakin meningkat dengan semakin besarnya EGR. Peningkatan nilai daya tertinggi terjadi pada laju EGR 15,3% dengan pembebanan 50% yaitu sebesar 11,18% dibandingkan tanpa menggunakan EGR (EGR 0%).

Sedangkan nilai *brake power* tertinggi terjadi ketika diaplikasikan EGR 15,3% saat pembebanan 100% sebesar 24.72 kW.



**Gambar 3. Pengaruh EGR terhadap *brake power* dengan variasi beban**

Pada Gambar 3 menunjukkan bahwa semakin meningkatnya beban nilai daya juga mengalami peningkatan. Adanya EGR juga mengakibatkan nilai *brake power* meningkat, hal ini disebabkan karena adanya EGR akan meningkatkan proses pembakaran akibat naiknya temperature udara masukan, hal ini ditambah lagi bahwa EGR mempunyai tekanan yang sedikit lebih tinggi daripada tekanan atmosfer sehingga akan mengurangi rugi pompa (*pumping losses*) (V Pradeep, 2007).

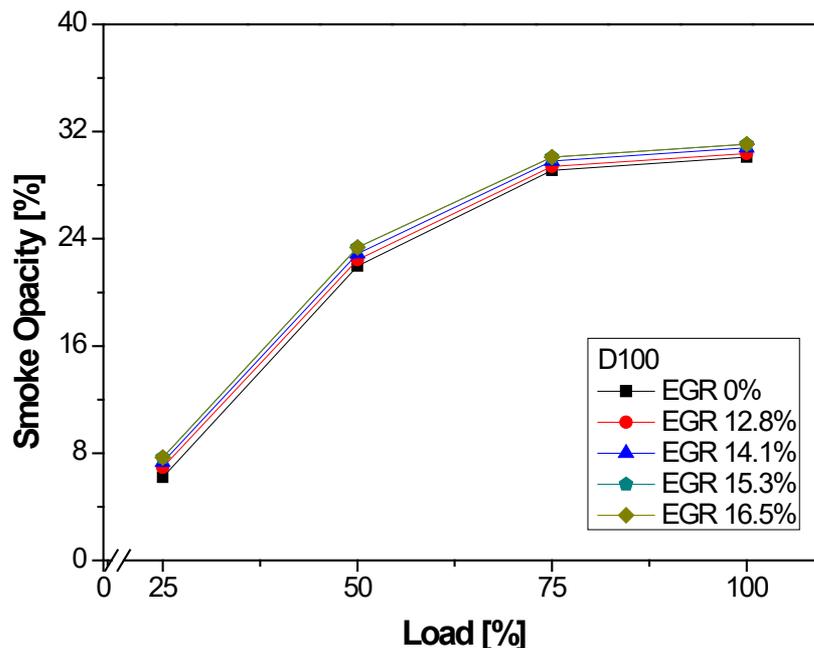
### **Pengaruh EGR terhadap *Smoke Opacity***

Pengambilan data *smoke opacity* dilakukan dengan menggunakan variasi EGR dan beban untuk mengetahui pengaruh EGR dan komposisi bahan bakar terhadap *smoke opacity*. Pengujian dilakukan dengan interval pembebanan 25% dari beban 25% sampai beban 100% yang bisa dicapai pada putaran konstan 2000 rpm

Pengujian untuk mengetahui pengaruh EGR terhadap *smoke opacity* dilakukan dengan laju EGR 0% sampai 16,5%. Hasil pengujian dari tiap EGR dibandingkan dengan hasil pengujian tanpa menggunakan EGR (EGR 0%) untuk mendapatkan nilai perubahan terendah dan tertinggi dari *smoke opacity*. Sedangkan nilai *smoke opacity* terendah didapatkan dengan membandingkan

nilai *smoke opacity* yang dihasilkan dari variasi laju EGR. Hasil pengujian pengaruh EGR terhadap *smoke opacity* ditunjukkan pada Gambar 4.

Gambar 4. mempresentasikan pengaruh EGR terhadap *smoke opacity* pada mesin diesel dengan bahan bakar biosolar. Peningkatan EGR menyebabkan *smoke opacity* meningkat. Peningkatan *smoke opacity* tertinggi terjadi ketika laju EGR 16,5% pada beban 25% yaitu sebesar 24.02% dibandingkan dengan tanpa EGR. Nilai *smoke opacity* terendah terjadi ketika tanpa EGR dengan beban 25% yaitu sebesar 6,20%. Sedangkan ketika menggunakan EGR, nilai terendah adalah 6,95% terjadi ketika laju EGR 12,8% dengan beban 25%. Nilai *smoke opacity* tertinggi diperoleh ketika beban penuh dengan laju EGR 16,5% sebesar 31.06%. Ketika tanpa menggunakan EGR nilai *smoke opacity* tertinggi sebesar 30.09% yaitu pada saat beban 100%.



**Gambar 4. Pengaruh EGR terhadap *smoke opacity* dengan variasi beban**

Berdasarkan Gambar 4, *smoke opacity* meningkat sebanding dengan meningkatnya beban. Peningkatan *smoke opacity* karena beban juga terjadi pada penelitian Cenk Sayin (2010) dan Chauman (2012). *Smoke opacity* meningkat dengan pemakaian EGR karena adanya EGR mengurangi konsentrasi oksigen di ruang bakar sehingga menurunkan oksidasi karbon yang mengakibatkan meningkatnya *smoke opacity* (Syaiful, 2013). Meningkatnya *smoke opacity* akibat adanya EGR ini juga dialami oleh Agarwal (2011) dan Husain (2012).

## SIMPULAN

Penggunaan EGR akan menghasilkan kenaikan nilai torsi seiring dengan meningkatnya persentase EGR. Dengan peningkatan torsi paling tinggi diperoleh pada pembebanan 50% dengan laju EGR 15,3% yaitu sebesar 11,16%. Selain itu nilai daya juga mengalami peningkatan dengan penggunaan EGR pada mesin diesel. Peningkatan nilai daya tertinggi terjadi pada laju EGR 15,3% dengan pembebanan 50% yaitu sebesar 11.18% dibandingkan tanpa menggunakan EGR (EGR 0%). Sedangkan emisi jelaga yang diindikasikan dengan *smoke opacity* meningkat dengan meningkatnya persentase EGR. Peningkatan *smoke opacity* tertinggi terjadi ketika laju EGR 16,5% pada beban 25% yaitu sebesar 24.02% dibandingkan dengan tanpa EGR

## DAFTAR PUSTAKA

- Guo, Z. et al., 2011. Combustion and emission characteristics of blends of diesel fuel and methanol-to-diesel. *Fuel*, 90(3),1305–1308.
- Heywood, J.B., 1988. *Internal Combustion Engine Fundamentals*, New York: McGraw-Hill, Inc.
- Hussain, J. et al., 2012. Effect of Exhaust Gas Recirculation ( EGR ) on Performance and Emission of a Compression Ignition Engine with Staged Combustion ( Insertion of Unburned Hydrocarbon), 2(6): 285–292.
- Niranjana, L., Thomas, S. & Sajith, V., 2015. *Experimental investigation on the effects of cold and hot EGR using diesel and bio-diesel as Fuel*. [https://www.researchgate.net/publication/266073698\\_Experimental\\_investigation\\_on\\_the\\_effects\\_of\\_cold\\_and\\_hot\\_EGR\\_using\\_diesel\\_and\\_bio-diesel\\_as\\_Fuel](https://www.researchgate.net/publication/266073698_Experimental_investigation_on_the_effects_of_cold_and_hot_EGR_using_diesel_and_bio-diesel_as_Fuel)
- Singhyadav, V., Soni, S.L. & Sharma, D., 2011. “Performance and emission studies of direct injection C . I . engine in dual fuel mode ( hydrogen-diesel ) with EGR”. *International Journal of Hydrogen Energy*, 37(4): 3807–3817.
- Zheng, M., Reader, G.T. & Hawley, J.G., 2004. Diesel engine exhaust gas recirculation — a review on advanced and novel concepts. , 45: 883–900.
- Zhu, L. et al., 2010. “Science of the Total Environment Emissions characteristics of a diesel engine operating on biodiesel and biodiesel blended with ethanol and methanol”. *Science of the Total Environment*, The, 408(4):914–921.