

KAJI EKSPERIMENTAL COLD DAN *HOT EGR* DENGAN BAHAN BAKAR CAMPURAN BIODIESEL TERHADAP EFISIENSI THERMAL MESIN DIESEL

Eka Darmana

Jurusan Teknik, Akademi Pelayaran Niaga Indonesia
Jl. Pawiyatan Luhur II/17, Bendan Dhuwur, Semarang.
Email: ekadarmana@yahoo.com

Abstrak

Cadangan bahan bakar fosil semakin menipis akibat pemakaian mesin berbahan bakar fosil semakin meluas. Diperlukan alternatif bahan bakar yang dapat diperbarui, salah satunya adalah biodiesel yang berasal dari minyak jarak (*jatropha*). Pemakaian *jatropha* sebagai bahan bakar mesin diesel tetap menghasilkan emisi Nox, maka diperlukan adanya sistem yang mereduksi Nox, salah satunya dengan mensirkulasikan gas buang (*EGR*) kedalam dilinder. Bahan bakar *jatropha* dengan sistem *EGR* juga mempengaruhi efisiensi dari mesin diesel, maka diperlukan banyak kajian. Dalam kajian ini dilakukan eksperimen untuk mengetahui *brake thermal efficiency* mesin diesel ketika menggunakan bahan bakar campuran *jatropha* dengan di pasang *cold* maupun *Hot EGR*. Eksperimen dilakukan pada mesin diesel dengan memvariasi beban pada putaran konstan 2000 rpm. Masing-masing variasi beban diuji dengan memvariasi laju *EGR* untuk bahan bakar diesel fuel (*D100*) dan campuran *jatropha* 30% (*D70J30*). Hasil kajian menunjukkan bahwa *BSFC* paling rendah 0,21 kg/kWh ketika dioperasikan dengan bahan bakar campuran *jatropha* terdapat pada laju *Cold EGR* 14,1 % pada beban diatas 50%. *Brake thermal efficiency* mengalami kenaikan mencapai 40,5% ketika dioperasikan dengan *Cold EGR* menggunakan bahan bakar campuran *jatropha* 30% (*D70J30*). Laju *EGR* yang optimal pada angka 14,1%.

Kata kunci: *cold* dan *Hot EGR*, *jatropha*, *brake thermal efficiency*, *BSFC*

1. Pendahuluan

Efek dari pemakaian mesin diesel di berbagai bidang, baik transportasi (kapal, bus, truk, kendaraan pribadi) maupun industri telah menaikkan kebutuhan bahan bakar yang berasal dari fosil dan tidak dapat diperbarui dalam waktu pendek. Hal ini akan berdampak pada cadangan bahan bakar fosil tersebut semakin menipis. Data dari ditjen migas menunjukkan bahwa tahun demi tahun produksi bahan bakar minyak mengalami penurunan sementara konsumsi bahan bakar minyak mengalami kenaikan yang signifikan. Pemerintah telah mengambil kebijakan untuk mengantisipasi kemungkinan krisis energi yang akan melanda Indonesia yaitu dengan mengeluarkan peraturan presiden republik indonesia nomor 5 tahun 2006 tentang kebijakan energi nasional. Peraturan ini menjadi pegangan untuk mencari solusi dalam mengatasi kemungkinan krisis energi yang akan melanda Indonesia. Salah satu solusi untuk menghadapi krisis energy tersebut adalah dengan menggalakkan pemakaian

bahan bakar yang dapat diperbarui. Salah satu bahan bakar untuk mesin diesel yang dapat diperbarui adalah biodiesel dari tanaman jarak (*jatropha*). *Jatropha* dapat menjadi alternatif pengganti bahan bakar diesel dan menghasilkan efisiensi yang lebih besar dibandingkan *diesel fuel* akan tetapi memiliki kekurangan yang signifikan yaitu memicu terbentuknya Nox (Gomaa M., 2011).

Tidak dipungkiri bahwa penyakit mesin diesel adalah terbentuknya asap tebal maupun terbentuknya nilai Nox. Perkembangan teknologi memungkinkan untuk mengurangi nilai Nox yang diproduksi oleh mesin diesel. Salah satu tehnik efektif untuk mengurangi emisi gas buang yang diproduksi oleh mesin diesel adalah mengembalikan sebagian kecil gas buang ke dalam silinder atau *exhaust gas recirculation* (*EGR*) (Rajan K., 2009). Perkembangan ilmu dan pengetahuan membagi sistem *EGR* berdasarkan temperaturnya menjadi dua yaitu *Hot EGR* dan *Cold EGR*.

Penggunaan sistem *EGR* telah terbukti mengurangi permasalahan tentang NOx yang

ditimbulkan oleh mesin diesel, akan tetapi masih sangat diperlukan pengkajian efek dari penggunaan EGR terhadap performa mesin diesel dengan menggunakan campuran jatropha sebagai bahan bakar. Maka dalam kajian ini digunakan *Hot EGR* dan *Cold EGR* untuk mengetahui performa dari mesin diesel apabila menggunakan bahan bakar campuran jatropha dan *diesel fuel*.

2. Exhaust Gas Recirculation (EGR)

Exhaust gas recirculation (EGR) merupakan suatu tehnik yang mencirkulasikan sebagian kecil gas buang kedalam silinder bercampur dengan udara pembakaran. Tehnik EGR telah teruji dapat mengurangi emisi gas buang terutama Nitrogen oksida (NOx). Rajan dan Senthil Kumar (2009), menyimpulkan bahwa EGR dapat mengurangi kadar emisi NOx, karena terdapat muatan air pada udara masukan, sehingga menurunkan suhu pembakaran. Suhu pembakaran yang rendah akan menyebabkan pembentukan jelaga yang meningkat. Sehingga pemakaian EGR akan membentuk *trade-off* antara penurunan emisi NOx dan peningkatan emisi jelaga, CO dan HC. Saat ini EGR diklasifikasikan menjadi dua yaitu EGR yang dijaga suhunya agar tetap tinggi (*Hot EGR*) dan EGR yang dilewatkan pendinginan di heat exchanger (*Cold EGR*). Adanya *Hot EGR* mengakibatkan naiknya temperatur udara bilas yang masuk kedalam ruang bakar sementara *Cold EGR* mengakibatkan menurunnya temperatur udara bilas yang masuk kedalam ruang bakar dan akan mempengaruhi pembakaran didalamnya. Niranjana L. (2006) menyatakan bahwa sistem cold EGR lebih efektif dibandingkan dengan hot EGR dalam mereduksi emisi NOx. Hauntalas D. T. dkk. (2008) juga menyatakan bahwa penurunan temperatur EGR berdampak positif terhadap BSFC dan *soot*. Jumlah exhaust gas recirculation yang masuk ke dalam ruang bakar dapat dihitung berdasarkan persamaan berikut:

$$\%EGR = \frac{\dot{m}_{EGR}}{\dot{m}_i} \times 100\% \quad (\text{Heywood, 1988})$$

Dimana :

\dot{m}_{EGR} = laju aliran massa gas yang sirkulasikan ke silinder

\dot{m}_i = laju aliran massa udara total yang masuk ke silinder

3. Metode Eksperimen

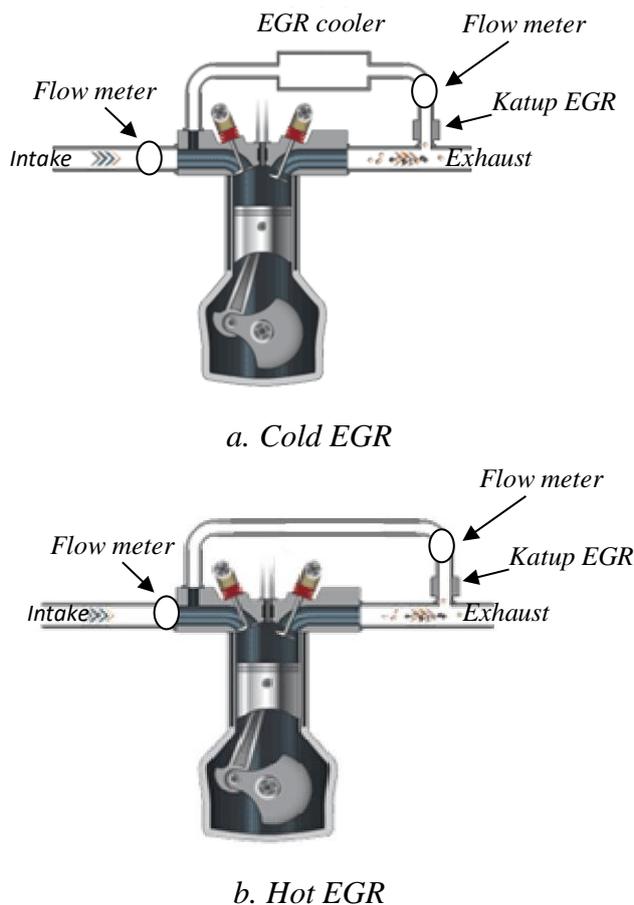
Spesifikasi mesin diesel yang digunakan untuk eksperimen sebagaimana ditunjukkan pada tabel 1. Skema peralatan eksperimen ditunjukkan pada gambar 1. Pengujian dilakukan pada putaran yang konstan yaitu 2000 rpm dengan pembebanan 25%, 50%, 75% dan 100%. Dari masing masing variasi pembebanan diambil data dengan memvariasi laju aliran EGR dan variasi bahan bakar. Variasi bahan bakar yang diuji adalah *diesel fuel* dan campuran jatropha 30%. Spesifikasi bahan bakar ditunjukkan pada gambar 2.

Tabel 1. Spesifikasi mesin uji

Tipe Motor	<i>Diesel 4 silinder direct injection</i>
Diameter/stroke	93 mm/102 mm
Torsi maks.	179/2000 (N.m/rpm)
Daya maks.	52/3000 (kW/rpm)
Rasio kompresi	18,2 : 1

Tabel 2. Spesifikasi bahan bakar (Darmana Eka, 2017)

Karakteristik	D100	Jatropha
Angka Setana	48,0	41,8
Nilai Kalor (MJ/kg)	45,21	37,97
Viscositas pada Suhu 40°C (mm ² /s)	2,5	3,67
<i>Density</i> pada temperatur 15°C (gr/cm ³)	0,84	0,918
Titik Nyala (°C)	60,0	198,0
Kadar Air (% v)	0,05	3,16



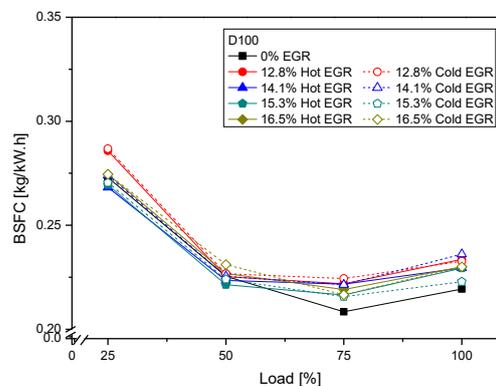
Gambar 1. Skema peralatan eksperimen

4. Hasil Dan Pembahasan

4.1 Pengaruh EGR terhadap BSFC.

Gambar 2 menunjukkan hubungan antara jumlah laju EGR terhadap BSFC pada berbagai variasi pembebanan dengan menggunakan *diesel fuel*. Sedangkan gambar 3 menunjukkan hubungan antara jumlah laju EGR terhadap BSFC ada berbagai variasi pembebanan dengan menggunakan campuran jatropa 30%. Dari Hasil pengujian menunjukkan bahwa pada berbagai tingkat pembebanan, terjadi peningkatan BSFC yang signifikan di berbagai tingkat laju EGR. Ketika menggunakan bahan bakar *diesel fuel* (D100) peningkatan BSFC terjadi seiring di tambahkan EGR kedalam silinder. Peningkatan BSFC semakin tampak pada beban di atas 50%. Dari masing-masing variasi laju EGR (12,8% - 16,5%) terlihat BSFC *Cold EGR* cenderung lebih tinggi dibandingkan *Hot EGR*. Hal ini kemungkinan adanya carbon dioksida yang bercampur dengan udara bilas

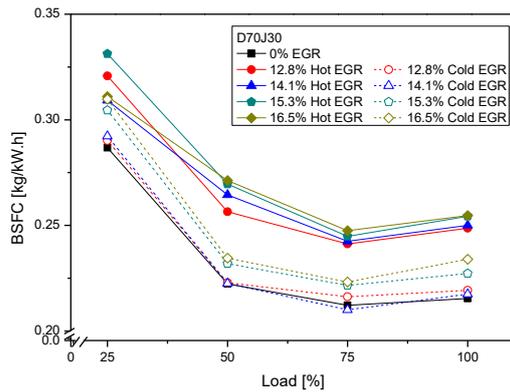
yang merupakan bawaan dari EGR. Sehingga menjadikan pembakaran yang kurang sempurna, dengan kata lain untuk mengangkat beban yang sama maka butuh bahan bakar yang lebih ketika dipasang sistem EGR (Rajan K. dan Senthil Kumar, 2009).



Gambar 2. Grafik hubungan laju EGR terhadap BSFC berbagai beban Menggunakan bahan bakar *diesel fuel*

Hal serupa terjadi ketika *diesel fuel* di campur dengan jatropa 30% (D70J30). Terjadi peningkatan BSFC yang signifikan ketika menggunakan sistem *Hot EGR* maupun *Cold EGR* di semua semua variasi pembebanan. Peningkatan BSFC *Hot EGR* lebih tinggi dibandingkan dengan sistem *Cold EGR*. Hal ini kemungkinan pengaruh dari density udara bilas lebih kecil ketika menggunakan *Hot EGR* dibandingkan dengan menggunakan *Cold EGR*. Efeknya masa udara yang masuk ke dalam silinder lebih sedikit dan mengurangi kesempurnaan pembakaran. Sehingga untuk bertahan pada daya ataupun beban yang sama dibutuhkan bahan bakar yang lebih banyak.

Peningkatan BSFC juga terlihat ketika dioperasikan dengan bahan bakar yang berbeda. Penggunaan bahan bakar campuran jatropa berpotensi menaikkan BSFC dibandingkan menggunakan bahan bakar *diesel fuel* pada pada tingkat laju EGR yang sama. Peningkatan BSFC tersebut bisa terlihat pada semua pembebanan.

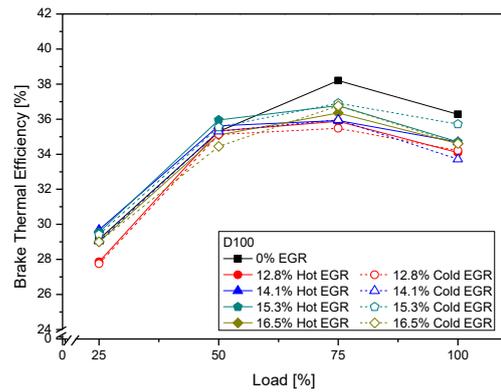


Gambar 3. Grafik hubungan laju EGR terhadap BSFC berbagai beban menggunakan bahan bakar campuran diesel fuel dengan jatropha 30%

Hal ini kemungkinan dikarenakan nilai kalor jatropha lebih kecil dibandingkan nilai kalor *diesel fuel* sehingga membutuhkan bahan bakar yang lebih banyak untuk mempertahankan beban yang sama. Ditunjukkan pada gambar 2 dan gambar 3 bahwa penggunaan *Cold EGR* menunjukkan BSFC yang lebih kecil dibandingkan *Hot EGR*. Dan pada hasil pengujian menunjukkan bahwa laju EGR yang paling optimal berkisar 14,1 %

4.2 Pengaruh EGR terhadap brake thermal efficiency

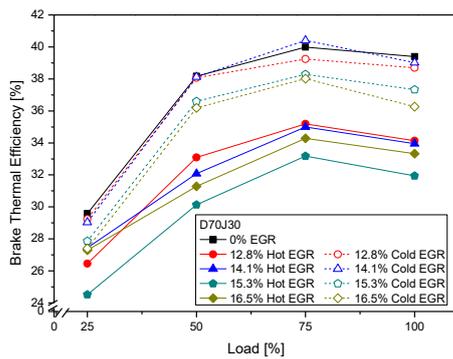
Brake thermal efficiency (BTE) meningkat seiring dengan meningkatnya beban ketika di pasang sistem EGR dengan menggunakan bahan bakar *diesel fuel* (D100). BTE optimal terletak pada beban 75%. Akan tetapi jika dibandingkan dengan non EGR terdapat penurunan BTE terutama pada beban diatas 50% sbagaimana yang diunjukkan pada gambar 4. Penurunan ini dapat disebabkan oleh kandungan oksigen pada udara bilas yang berkurang digantikan oleh gas buang yang disirkulasikan, sehingga pembakaran kurang sempurna (Anivash K. dkk., 2004). Penggunaan cold dan *Hot EGR* pada bahan bakar *diesel fuel* menunjukkan tendensi yang sama, BTE tertinggi terdapat pada laju EGR 15,3%.



Gambar 4. Grafik hubungan laju EGR terhadap BTE berbagai beban menggunakan bahan bakar diesel fuel

Pada gambar 5 Menunjukkan hubungan laju EGR dengan BTE menggunakan bahan bakar campuran jatropha 30% (D70J30). Dari grafik tersebut terlihat bahwa BTE meningkat seiring dengan meningkatnya beban mesin dan puncak BTE terletak pada beban 75%. Sementara itu BTE mengalami penurunan dengan digunakannya sistem EGR. Ini dapat disebabkan oleh kandungan oksigen pada udara bilas berkurang karena sebagian digantikan oleh gas buang yang disirkulasikan kembali ke dalam silinder. Penggunaan *Hot EGR* ternyata sangat signifikan menurunkan BTE, hal ini mungkin dikarenakan menurunnya density dari udara bilas karena bercampur dengan sebagian gas buang yang masih bersuhu tinggi. Efek dari density yang rendah menyebabkan masa udara yang masuk ke dalam silinder berkurang sehingga pembakaran kurang sempurna dan menurunkan BTE.

Penggunaan *Hot EGR* menggunakan variasi bahan bakar D100 dan D70J30 menunjukkan adanya penurunan BTE bahan bakar D70J30 jika dibandingkan dengan bahan bakar D100. BTE meningkat signifikan ketika dipasang dengan sistem *Cold EGR*. BTE menggunakan bahan bakar *diesel fuel* mampu mencapai 36% pada laju EGR 15% dan beban 75%.



Gambar 5. Grafik hubungan laju EGR terhadap BTE berbagai beban menggunakan bahan bakar campuran diesel fuel dengan jatropha 30%

Sementara itu, ketika menggunakan bahan bakar campuran jatropha peningkatan BTE mampu mencapai 40,5% pada laju EGR 14,1% dan beban 75% sebagaimana terlihat pada gambar 4 dan gambar 5. Hal ini dapat terjadi disebabkan density udara bilas meningkat efek dari pendinginan EGR sehingga masa udara bilas yang masuk ke dalam silinder lebih besar dan pembakaran lebih sempurna.

5. Kesimpulan

Berdasarkan hasil dan pembahasan diatas, eksperimental tentang pengaruh cold dan Hot EGR menggunakan bahan bakar diesel fuel dan campuran jatropha terhadap efisiensi thermal mesin diesel dapat disimpulkan antara lain sebagai berikut: a) BSFC pada mesin diesel berbahan bakar diesel fuel lebih kecil dibanding menggunakan bahan bakar campuran jatropha 30% dengan sistem Hot EGR maupun Cold EGR kecuali pada laju Cold EGR 14,1% pada beban diatas 50%. Pada laju Cold EGR tersebut menunjukkan BSFC yang paling kecil yaitu sekitar 0,21 kg/kWh. b) Brake thermal efficiency mesin diesel berbahan bakar campuran jatropha mengalami peningkatan yang signifikan ketika di pasang sistem Cold EGR dibanding dengan Hot EGR. Peningkatan brake thermal efficiency tersebut mencapai 40,5%.

Penggunaan bahan bakar diesel fuel dan campuran jatropha dengan sistem Hot EGR hanya mampu sekitar 35%. Sehingga dapat disimpulkan bahwa penggunaan sistem Cold EGR lebih efektif dibanding Hot EGR pada mesin diesel berbahan bakar campuran jatropha.

6. Daftar Pustaka

- Darmana Eka, 2017, *Studi Eksperimental EGT dan Smoke Opacity Pada Mesin Diesel Menggunakan Bahan Bakar Campuran Jatropha Dengan Sistem Cold EGR*, Eksergi, Vol.13, pp. 32 - 39.
- Gomaa, M., Alimin, A.J., Kamarudin, K.A., 2011, *The effect of EGR rates on NOx and smoke emissions of an IDI diesel engine fuelled with Jatropha biodiesel blends*, International Energy and Environment Foundation, vol. 2, pp. 477 – 49.
- Hauntalas, D.T., Mavropoulos, G.C., Binder, K.B., 2008, *Effect of exhaust gas recirculation (EGR) temperature for various EGR rates on heavy duty DI diesel engine performance and emissions*, Energy, vol. 33, pp. 272-286.
- Heywood, John B.L., 1988, *Internal Combustion Engine Fundamentals*, McGraw-Hill Inc., New York.
- Niranjana, L., Thomas, S., Sajith, V., 2006, *Experimental investigation on the effects of cold and hot EGR using diesel and biodiesel as Fuel*, international Conference on Energy and Environment, Universiti Tenaga Nasional, Malaysia.
- Peraturan Presiden Republik Indonesia Nomor 5., Tahun 2006, Tentang Kebijakan Energi Nasional.
- Pradeep, V., Sharma, R.P., 2007, *Use of hot EGR for NOx control in a compression ignition engine fuelled with biodiesel from jatropha oil*, Renewable Energy, vol. 32, pp. 1132-1154.
- Rajan, K., 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. Vol. 1, pp. 31–39.