

KARAKTERISTIK EMISI JELAGA MESIN DIESEL MENGGUNAKAN VENTURI SCRUBBER EGR DENGAN BAHAN BAKAR SOLAR

Syaiful*, Arif Budiman

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro Semarang

*Email: Syaiful.undip2011@gmail.com

ABSTRAK

Kondisi alam sekarang sudah sangat memprihatinkan karena pemanasan global yang salah satunya disebabkan oleh hasil pembakaran kendaraan bermotor yang tidak sempurna. Para pakar otomotif dunia terus melakukan inovasi terhadap produk-produknya, agar gas buang menjadi lebih ramah lingkungan. Sekarang ini kendaraan yang ramah lingkungan sudah menjadi trend dunia, termasuk di Indonesia.

Pada penelitian ini digunakan EGR (*Exhaust Gas Recirculation*) yaitu gas buang yang dimasukkan kembali ke intake manifold dan berfungsi menurunkan NO_x dan konsumsi bahan bakar. EGR yang digunakan memakai system pendingin untuk mendinginkan suhu gas buang menggunakan *Venturi Scrubber EGR*. Penelitian ini juga meneliti adanya perbedaan kepekatan gas buang antara mesin diesel yang menggunakan *Venturi Scrubber EGR* dengan mesin diesel standar tanpa penggunaan *Venturi Scrubber EGR*.

Pengujian dilakukan pada mesin isuzu panther indirect injection dengan bahan bakar solar. Dari hasil pengujian dengan penambahan alat berupa EGR diperoleh kenaikan opacity sebesar 120,06 % sehingga asap yang keluar jauh lebih banyak di banding tanpa penggunaan EGR, Akan tetapi penggunaan EGR memberi dampak positif yaitu meningkatnya efisiensi bahan bakar (η_f) sebesar 59,22 % di banding mesin tanpa penggunaan EGR. Semua data di ambil pada EGR 20,9% dengan temperatur T₃ 60⁰C saat putaran 2500 rpm dengan load 100%.

Kata kunci: EGR (*Exhaust Gas Recirculation*), *Venturi scrubber EGR*, opacity, efisiensi bahan bakar

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Kondisi alam sekarang sudah sangat memprihatinkan karena pemanasan global yang disebabkan oleh hasil pembakaran pada motor bakar yang tidak sempurna. Gas yang keluar dari knalpot kendaraan bermotor mengandung unsur – unsur seperti karbon monoksida (CO), oksida sulfur (SO_x) dan oksida nitrogen (Nox) yang berbahaya bagi kesehatan serta dapat merusak lingkungan. Tak heran bila para pakar otomotif dunia terus mencari terobosan dengan melakukan inovasi terhadap produk-produknya, sehingga gas buang menjadi lebih ramah lingkungan. Apalagi kendaraan yang ramah lingkungan akhir-akhir ini menjadi trend dunia, termasuk di Indonesia.

Salah satu polusi dari gas bekas hasil pembakaran yang mengotori lingkungan adalah asap hitam. Gas ini terutama terbentuk karena hasil dari proses pembakaran yang tidak sempurna. Kandungan polusi gas buang dari kendaraan bermotor paling banyak dipengaruhi oleh kesempurnaan proses pembakaran di dalam silinder. Sifat gas buang antara mesin bensin dan diesel pun berbeda. Pada mesin diesel terdapat teknologi peranti tambahan yang menonjol dan diadopsi oleh banyak pabrikan di dunia untuk mengurangi emisi gas buang, antara lain SCR (*Selective Catalytic Reduction*), teknik EGR (*Exhaust Gas Recirculation*) dan DPF (*Diesel Particulate Filter*).

Pada penelitian ini digunakan EGR (*Exhaust Gas Recirculation*) yang menggunakan pendingin

sebagai variasinya atau dinamakan system *Venturi Scrubber EGR*, yaitu pendingin berupa air untuk mendinginkan suhu gas buang yang akan dimasukkan kembali ke ruang pembakaran. Penelitian ini juga meneliti adanya perbedaan kepekatan gas buang antara mesin diesel yang menggunakan *Venturi scrubber EGR* dengan mesin diesel standar tanpa penggunaan *Venturi Scrubber EGR*.

Tujuan Penulisan

Tujuan penulisan tugas akhir ini adalah:

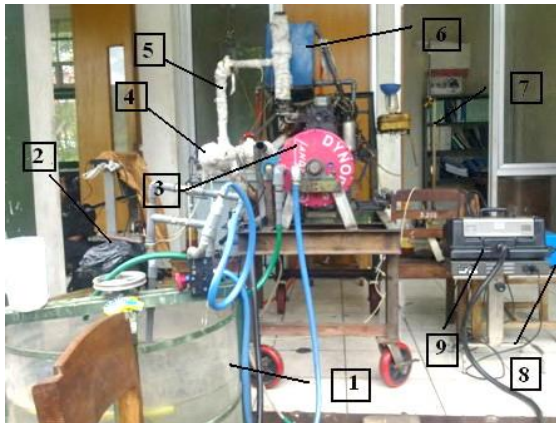
1. Mengetahui pengaruh gas buang dari mesin diesel terhadap Rpm dan Pembebanan setelah menggunakan *Venturi Scrubber EGR*.
2. Mengetahui efisiensi thermal dengan menggunakan *Venturi Scrubber EGR*.

Batasan Masalah

Beberapa batasan masalah yang diambil pada Tugas Akhir ini adalah :

1. Mesin diesel yang yang digunakan adalah mesin diesel swirl, OHV, 2300cc Indirect Injection.
2. Bahan bakar yang digunakan adalah solar.
3. Penelitian hanya meneliti tentang kepekatan gas buang saja tanpa meneliti Nilai NO_x karena keterbatasan alat.

DATA DAN PEMBAHASAN



Gambar 1. mesin uji

Keterangan gambar:

1. Wadah / Tempat Air
2. Pompa Air
3. Dinamometer
4. Heater
5. Venturi Scrubber
6. Penampung Air Radiator
7. Gelas Ukur
8. Alat Uji Gas Buang
9. Smoke Meter

Perhitungan Smoke opacity

Prosentase *opacity* yaitu jumlah kepekatan dari suatu gas buang kendaraan bermotor yang dapat dirumuskan:

$$N = (1 - e^{-KL}) \times 100 \tag{1}$$

dimana: *N* = Prosentase kepekatan asap (%)
K = Kepekatan asap (m⁻¹)
L = Panjang lengan pengukuran (m)

Perhitungan daya

Torsi yang dihasilkan mesin adalah :

$$T = F \times b \tag{2}$$

dimana *F* adalah gaya penyeimbangan yang diberikan yang diberikan dan *b* adalah jarak lengan torsi. Adapun daya yang dihasilkan mesin atau diserap dinamometer adalah hasil perkalian dari torsi dan kecepatan sudut. [rumus 2.3] Setelah melakukan perhitungan daya maka kita dapat mencari nilai tekanan efektif rata-rata (*bmp*) dari kerja mesin tersebut. [rumus 2.5]

Sebelum perhitungan *bmp*, kita harus mengetahui nilai dari *V_d*, yang didapat dari diameter langkah mesin, jumlah silinder.

$$V_d = \frac{4 \times \frac{\pi}{60} \times B^2 \times L}{1000} \tag{3}$$

dalam satuan SI:

- T* = torsi (Nm)
- F* = gaya penyeimbang (N)
- b* = jarak lengan torsi (m)
- n* = putaran kerja (rev/min)
- n_R* = jumlah putaran engkol untuk setiap langkah kerja 2 (untuk siklus 4 langkah)
- bmp* = tekanan efektif rata-rata (kPa)
- V_d* = Volume silinder / displacement volum (dm³)
- B* dan *L* = Diameter langkah (mm)

Konsumsi bahan bakar

Pemakaian bahan bakar solar dihitung berdasarkan waktu pemakaian sebanyak 20 ml. Perhitungan konsumsi bahan bakar untuk:

$$Q = \frac{V}{t} \tag{4}$$

Dalam satuan SI, yaitu:

- Q* = konsumsi bahan bakar (ml/s)
- t* = waktu untuk menghabiskan 20 ml bahan bakar (s)
- v* = volume bahan bakar yang dikonsumsi (ml)

A. Konsumsi Udara

Pemakaian udara untuk pembakaran diukur dari kecepatan udara yang melewati orifice meter dirumuskan :

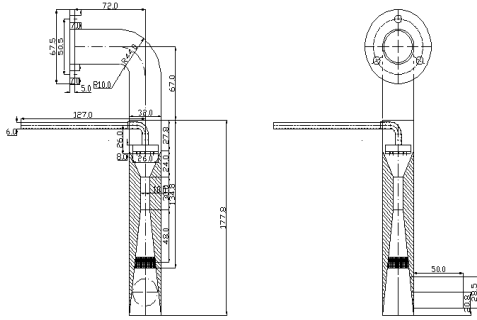
$$\dot{m} = \frac{YC_d A_2}{\sqrt{1-\beta^4}} \sqrt{2\rho(P_1 - P_2)} \tag{5}$$

dimana dalam kaitanya dengan orifice meter, yaitu:
C_d = (*discharge coefficient*)

Untuk nilai *C_d* ASME merekomendasikan persamaan:

$$C_d = 0,5959 + 0,0312 \beta^{2,1} - 0,184 \beta^8 + 91,71 \beta^{2,5} Re_1^{-0,75} + \frac{0,09 \beta^4}{1 - \beta^4} F_1 - 0,0337 \beta^3 F_2$$

- D₂* = diameter orifice 2
- D₁* = diameter orifice 2
- ρ_a* = massa jenis udara (tergantung dari temperatur udara *exhaust* dan temperatur udara masuk saluran *intake manifold*)
- P₁-P₂* = beda tekanan pada *orifice* meter
- Y* = faktor ekspansi



Gambar 2. Disain Venturi Scrubber yang digunakan pada Cold EGR

Pada penelitian ini dibutuhkan sebuah Venturi Scrubber yang dapat berfungsi untuk mendinginkan udara yang bergerak di dalam pipa exhaust yang akan dimasukan ke dalam intake, oleh sebab itu Venturi Scrubber ini didesain agar sesuai dengan hasil yang diinginkan.

Pendingin pada pengujian menggunakan fluida berupa air untuk mendinginkan udara panas gas buang yang mengalir. Pada intinya udara akan masuk ke HE atau Heat Exchanger yang berisi poros media dan nozzle. Adapun fungsi poros media tersebut sebagai filter gas buang, sedangkan fungsi dari nozzle sebagai pendingin gas buang yang akan masuk ke intake manifold dengan sistem pendinginan kontak langsung (Direct contact). Fluida air akan mengalir berlawanan (counter flow) dengan arah fluida gas tersebut di dinding dalam pipa Venturi Scrubber yang berisi gas buang, sehingga fluida air dapat menyerap panas saat terjadi direct contact antara gas buang dan fluida air yang keluar melalui nozzle dalam bentuk pengkabutan. Variasi suhu pendinginan gas buang yaitu 37 °C, 40 °C, 50 °C, 60 °C. Sedangkan debit pendinginan ditetapkan konstan sebesar 10 ml/s.

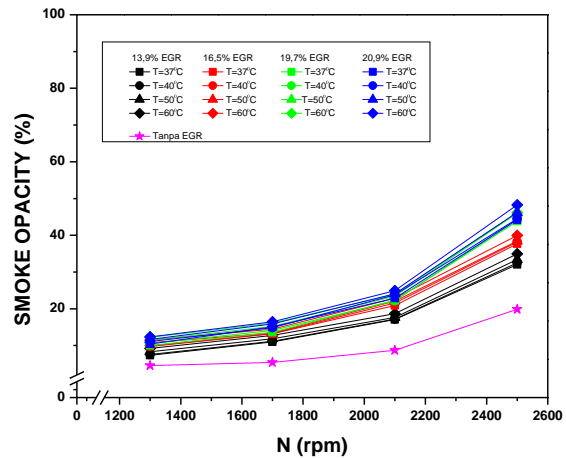
DATA DAN ANALISA HASIL PENGUJIAN

Pada bab ini akan diuraikan data hasil pengamatan dan pengujian di laboratorium terhadap gas buang mesin diesel menggunakan Venturi Scrubber EGR dengan bahan bakar solar. Meliputi prosentase opacity (N) terhadap N (rpm), prosentase opacity (N) terhadap Load (%), efisiensi bahan bakar (η_f) terhadap N (rpm), efisiensi bahan bakar (η_f) terhadap Load (%), dan perbandingan Venturi Scrubber EGR dan No EGR terhadap prosentase opacity (N), N (rpm), Load (%) dan efisiensi bahan bakar (η_f).

Data Hasil Pengujian Untuk Prosentase smoke opacity (%) terhadap putaran (rpm)

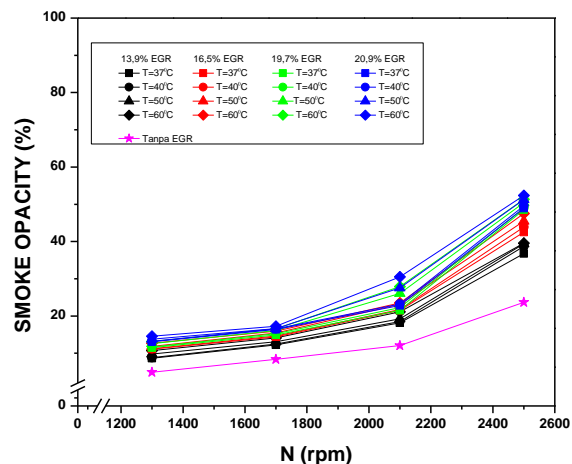
Pada gambar 4.1 sampai dengan gambar 4.4 adalah grafik hubungan antara Smoke Opacity (%) dan N (rpm) divariasikan pada % EGR, yaitu 0%, 13,9%, 16,5%, 19,7%, dan 20,9%, variasi beban 25%, 50%, 75%, dan 100%, dan variasi putaran mesin 1300 rpm, 1700 rpm, 2100 rpm, dan 2500 rpm. Pada pengujian ini digunakan Venturi Scrubber untuk menurunkan temperatur EGR menjadi 37°C, 40°C, 50°C, 60°C, sebelum masuk ke intake manifold. Dari semua grafik

hampir semuanya menunjukkan bahwa penggunaan EGR sangat mempengaruhi opacity dari mesin diesel. Semakin tinggi EGR maka akan tinggi juga smoke opacitynya, begitu pula untuk temperature, rpm dan load yang berbanding lurus juga terhadap EGR. Kenaikan opacity ini di sebabkan karena udara yang masuk ke intake manifold tidak hanya O₂ tetapi bercampur dengan gas hasil dari sisa pembakaran seperti SO, NO dan CO. akibat pencampuran dari berbagai gas buang tersebut sehingga pembakaran di dalam ruang bakar menjadi tidak sempurna yang menyebabkan gas buang / jelaga terbentuk. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada grafik hasil percobaan di bawah ini:



Gambar 3. Grafik hubungan antara Smoke Opacity (%) dan N (rpm) variasi Load 25% dengan %EGR pada temperatur T₃ 37°C, 40°C, 50°C, 60°C.

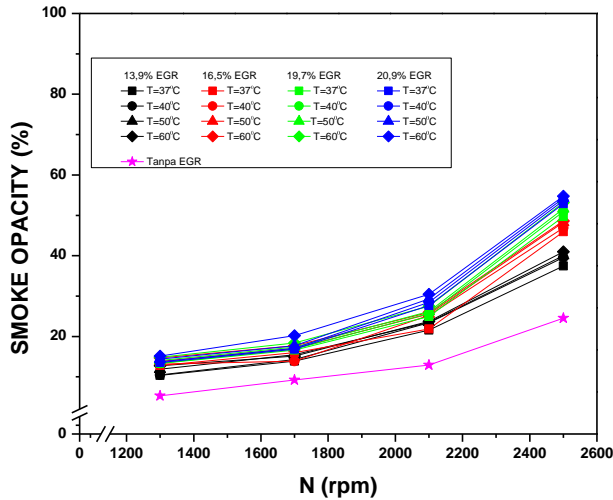
Dari grafik Gambar 3 terlihat untuk variasi 20,9% EGR dengan Load sebesar 25%, dibandingkan dengan No EGR saat T₃ 60°C pada putaran 2500 rpm terjadi kenaikan smoke opacity sebesar 142,65%. Di dapat dari rumus persamaan (3.1).



Gambar 4. Grafik hubungan antara Smoke Opacity (%) dan N (rpm) variasi Load 50% dengan % EGR pada temperatur T₃ 37°C, 40°C, 50°C, 60°C.

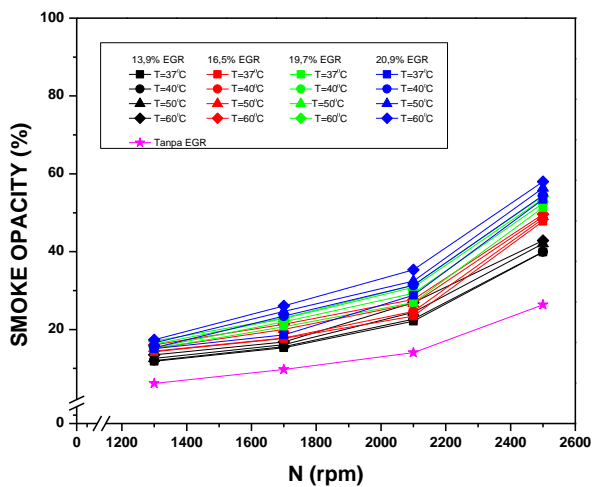
Dari grafik Gambar 4 terlihat untuk variasi 20,9 % EGR dengan load sebesar 50%, dibandingkan

dengan *No EGR* saat T_3 60°C pada putaran 2500 rpm terjadi kenaikan *smoke opacity* sebesar 121,36%. Di dapat dari rumus persamaan (3.1).



Gambar 5. Grafik hubungan antara Smoke Opacity (%) dan N (rpm) variasi Load 75% dengan % EGR pada temperatur T_3 37°C , 40°C , 50°C , 60°C .

Dari grafik Gambar 5 terlihat untuk variasi 20,9% EGR dengan *load* sebesar 75%, dibandingkan dengan *No EGR* saat T_3 60°C pada putaran 2500 rpm terjadi kenaikan *smoke opacity* sebesar 123,32%. Di dapat dari rumus persamaan (3.1).



Gambar 6. Grafik hubungan antara Smoke Opacity (%) dan N (rpm) variasi Load 100% dengan % EGR pada temperatur T_3 37°C , 40°C , 50°C , 60°C .

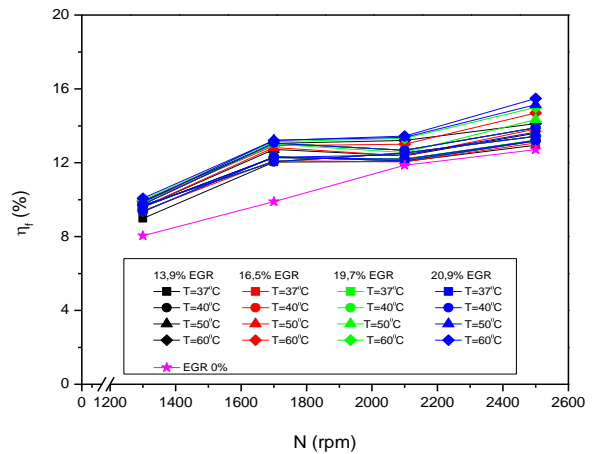
Dari grafik Gambar 6 terlihat untuk variasi 20,9% EGR dengan *load* sebesar 100%, dibandingkan dengan *No EGR* saat T_3 60°C pada putaran 2500 rpm terjadi kenaikan *smoke opacity* sebesar 120,06%. Di dapat dari rumus persamaan (3.1).

Kesimpulan yang dapat di ambil dari grafik gambar 3 sampai gambar 6 diatas adalah semakin tinggi *EGR* dan rpm maka jelaga yang di dihasilkan akan besar. Dari grafik diatas menunjukkan nilai *opacity* terbesar di capai pada putaran 2500 rpm pada *Load*

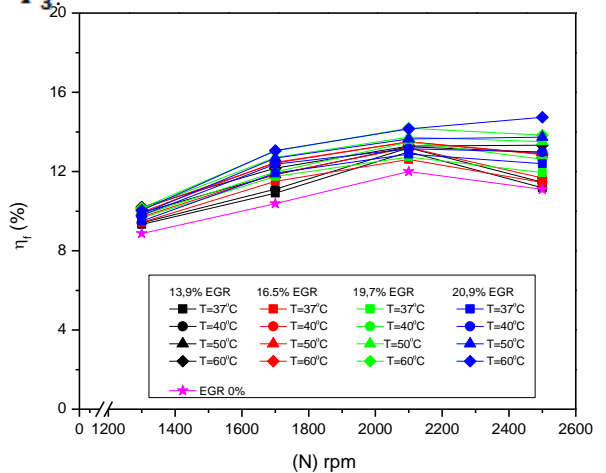
100% saat temperature T_3 60°C . Hal ini disebabkan semakin tinggi buakan *load* yang diberikan maka kebutuhan bahan bakarnya meningkat dan suplai udara untuk pembakaran semakin besar pula, sedangkan udara yang masuk tidak hanya gas O_2 saja tapi bercampur dengan gas-gas hasil pembuangan yang menyebabkan gas O_2 tidak terbakar sempurna dan menyebabkan jelaga.

Data Hasil Pengujian Untuk Efisiensi Bahan Bakar (η_f)

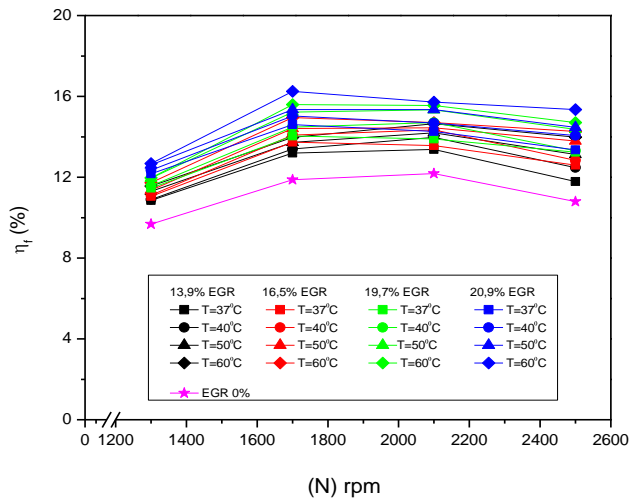
Dalam pengujian ini, pengukuran divariasikan pada % EGR yaitu 13,9%, 16,5%, 19,7%, dan 20,9% dengan variasi beban 25%, 50%, 75%, dan 100%. Pada pengujian ini digunakan *venturi scrubber* untuk menurunkan temperatur EGR menjadi 37°C , 40°C , 50°C , 60°C , sebelum masuk ke *intake manifold*. Hal ini bertujuan untuk mengetahui seberapa besar η_f yang dihasilkan dari mesin diesel saat tanpa EGR dibandingkan menggunakan *venturi scrubber EGR*. Tabel data pengujian terlampir dalam laporan. Berikut adalah grafik hasil pengukuran.



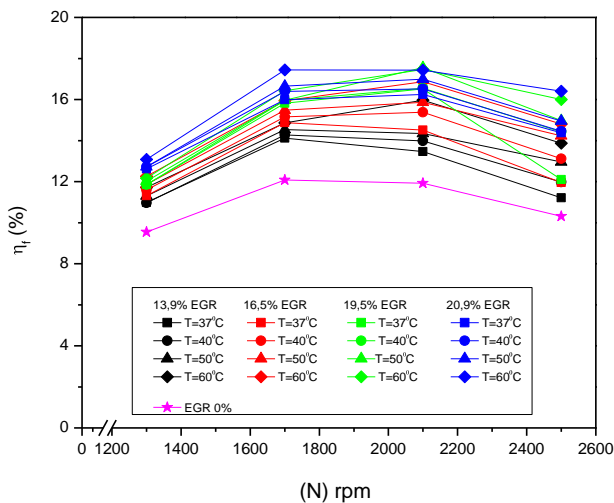
Gambar 7. Grafik hubungan antara η_f dan N (rpm) pada variasi load 25%, % EGR dan variasi temperatur T_3 .



Gambar 8. Grafik hubungan antara η_f dan N (rpm) pada variasi load 50%, % EGR dan variasi temperatur T_3 .



Gambar 9. Grafik hubungan antara η_f dan N (rpm) pada variasi load 75%, % EGR dan variasi temperatur T_3 .



Gambar 10. Grafik hubungan antara η_f dan N (rpm) pada variasi load 100%, % EGR dan variasi temperatur T_3 .

KESIMPULAN

Dari penelitian pengaruh Venturi scrubber EGR (exhaust gas recirculation) terhadap performa mesin, dapat diambil kesimpulan:

1. Smoock Opacity (%)
Untuk prosentase kenaikan hasil nilai smoke opacity 0% EGR dibandingkan dengan 13,9-20,9% EGR pada temperatur T_3 37⁰C pada putaran 2500 rpm dengan load 100% mengalami kenaikan dari 122.48, 106.80, 115.53, dan 102.65, jadi semakin besar EGR semakin besar juga opacitynya.
2. Nilai Efisiensi kerja mesin (η_f)
 η_f tergantung dari BSFC dan Q_{HV} . Nilai η_f berbanding terbalik dengan nilai BSFC, semakin kecil nilai BSFC maka semakin besar nilai η_f . Dan semakin besar % EGR maka semakin kecil nilai BSFC maka semakin besar % EGR, maka nilai η_f akan semakin besar pula. Q_{HV} sendiri merupakan

konstanta yang telah diukur dengan menggunakan alat BOM kalorimeter. Untuk prosentase kenaikan hasil perhitungan nilai η_f 0% EGR dibandingkan dengan 13,9-20,9% EGR pada temperatur T_3 37⁰C saat putaran 2500 rpm dengan load 100% mengalami kenaikan sebesar 8.74, 16.01, 38.93, dan 39.51, jadi semakin besar EGR semakin tinggi nilai efisiensinya.

3. Penggunaan Venturi scrubber EGR sangat berpengaruh pada opacity, tapi disisi lain penggunaan venturi scrubber EGR juga sangat menguntungkan karena pemakaian bahan bakar jauh lebih irit di bandingkan dengan yang tanpa penggunaan EGR.

DAFTAR PUSTAKA

1. Avinash Kumar Agrawal, Shrawan Kumar Singh, Shailendra Sinha, Mritunjay Kumar Shukla, "Effect of EGR on the Exhaust Gas Temperature And Exhaust", Indian Institute of Technology, Kanpur, India, 2003.
2. Priambodo, Ir. Bambang, "Operasi dan Pemeliharaan Mesin Diesel", Jakarta: Erlangga, 1995.
3. Heywood, John B.L, "Internal Combustion Engine Fundamentals", McGraw-Hill, Inc, United States of America, 1988.
4. Reddy, Dr. Akepati, "Scrubbing System" Deptt. Analytical Services TCIRD, Thapar Tehcnology Campus Patiala (PUNJAB) 147 004
5. Arismunandar, Wiranto, "Motor Diesel Putaran Tinggi", Jakarta: PT Pradnya Paramita, 1983.
6. Soenarta, Nakula & Shoici Purnama, "Motor Serba Guna", Jakarta: PT Pradya Paramita, 1995.
7. library/bahanbakar/2002/php.(ASTM.1991).
8. Nan Li-Shou."An Efficient Venturi Scrubber System to Remove Submicron Particles in Exhaust Gas" Industrial Technology Research Institute Hsincu, Taiwan, Republic of China.
9. Perry, Robert H. and Green, Don W, Perry's Chemical Engineers' Handbook (Sixth Edition ed.), McGraw Hill, ISBN 0-07-049479-7, 1984.
10. Changel, "Thermodynamics An Engineering Approach, 5th ed", McGraw-Hill.
11. <http://www.lmnoeng.com/Flow/OrificeGas.htm>.
12. http://en.wikipedia.org/wiki/Exhaust_gas_recirculation.
13. http://www.sae.org/Society_of_Automotive_Engineers_J1667_Recommended_Practice, 1996.
14. <http://www.informaworld.com/terms-and-conditions-of-access.pdf>