

ANALISIS PERFORMA MOTOR DIESEL FOUR STROKE DENGAN PENAMBAHAN EGR (EXHAUST GAS RECIRCULATING) DAN DPF (DIESEL PARTICULATE FILTER)

Alif Mauladani ^{1*}, Edi Haryono, S.T., M.T. ², Muhammad Shah, S.T.,
M.T. ³

Program Studi D-IV Teknik Permesinan Kapal, Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri
Surabaya, Indonesia^{1*}

Program Studi D-IV Teknik Permesinan, Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya,
Indonesia²

Program Studi D-IV Teknik Permesinan Kapal, Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri
Surabaya, Indonesia³

Email: alifmauladani26@student.ppns.ac.id ^{1*};

Abstract- *With the increasing demand for transportation modes, especially the use of diesel engines, air pollution is on the rise. Technology is needed to solve this problem. Exhaust Gas Recirculation (EGR) and Diesel Particulate Filter (DPF) are technologies used to reduce emissions and improve engine performance. This study will combine EGR and DPF. EGR valve type is gate valve and DPF filter material made of glasswool with a density of 20 mm. EGR and DPF technology will be applied to a four-stroke diesel engine to analyze engine performance, CO emissions, and PM produced. The study's variations include EGR valve opening percentages of 20%, 35%, and 50%, with engine speeds of 1000 rpm, 1200 rpm, 1300 rpm, and 1400 rpm, and load variations of 2000 watts, 3000 watts, and 4000 watts. Emission test results show that CO and PM increase with increasing EGR valve opening. Performance test results show that use of 20% EGR and DPF can improve power, torque, and GSFC, but use of 35% and 50% EGR with DPF will worsen power, torque, and GSFC. Therefore, use of 20% EGR and DPF is more recommended because it produces better emissions and performance than variation of 35% and 50% EGR with DPF.*

Keyword: *Diesel Particulate Filter, Exhaust Gas Recirculation, Motor Diesel Four Stroke*

1. PENDAHULUAN

Pada era sekarang kebutuhan mode transportasi semakin meningkat, baik transportasi laut, darat, dan udara. Sebagian transportasi tersebut menggunakan mode penggerak mesin diesel. Mode penggerak diesel ini banyak dipilih karena memiliki efisiensi termal yang tinggi dibandingkan jenis penggerak lainnya, selain itu mesin diesel juga dapat memberikan torsi dan power yang tinggi terhadap daya yang dihasilkan.

Perkembangan teknologi mesin diesel saat ini sudah banyak berkembang, dengan adanya berbagai tambahan variasi alat yang dapat meningkatkan efisiensi mesin, dan sudah mengarah pada teknologi yang berbasis ramah lingkungan, yang mana tujuannya adalah untuk mereduksi gas buang agar lebih ramah lingkungan. Beberapa teknologi tersebut seperti *Exhaust Gas Recirculating* (EGR), *Selective Catalytic Reduction* (SCR), *Amonia Scrubber*, *Diesel Particulate Filter* (DPF), *Direct Water Injection* (DWI), dll. [1]

Exhaust Gas Recirculation (EGR) merupakan sistem yang digunakan untuk mereduksi gas buang. Cara kerja EGR adalah dengan memanfaatkan gas buang yang disirkulasikan kedalam ruang bakar yang dialirkan melalui *intake manifold*. Pencampuran gas buang dan udara akan menjadi *inert* gas sehingga menurunkan temperatur pembakaran adiabatik dan mengurangi reaksi oksigen terhadap nitrogen sehingga pembentukan Nox dapat dikurangi.

Selain dapat mengurangi NOx, sistem EGR juga dapat mengurangi CO. Hal ini dikarenakan saat katup EGR dibuka sebagian gas buang mengalir ke *intake manifold*, hal ini mengurangi konsentrasi dari bahan bakar sehingga CO dapat berkurang. Dapat dikatakan, penggunaan EGR dapat membuat kondisi campuran menjadi kurus sehingga dapat menurunkan gas CO. [2]

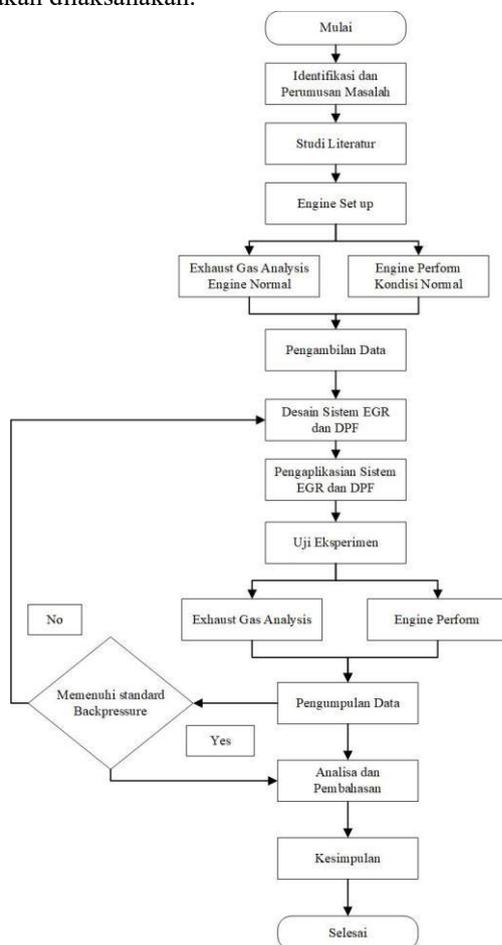
Diesel Particulate Filter adalah alat yang digunakan untuk mereduksi emisi gas buang dari mesin yang berupa *particulate matter*, alat ini dipasang pada bagian *exhaust* mesin.

Fungsi penggunaan DPF ini untuk menangkap partikel melalui perangkat filter yang ada di dalam sistem, selain dapat mengurangi emisi penggunaan DPF juga dapat mengurangi kebisingan pada mesin. [3]

Pada penelitian kali ini, sistem EGR dan DPF dirancang dan diterapkan pada mesin diesel empat langkah, untuk mengetahui hasil emisi CO, PM, dan performa yang dihasilkan setelah penggunaan teknologi EGR dan DPF.

2. METODOLOGI

Sistem Exhaust Gas Recirculation (EGR) dan Diesel Particulate Filter (DPF) akan diaplikasikan pada mesin diesel 4-langkah yang ada di bengkel reparasi Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya. Berikut alur eksperimen yang akan dilaksanakan.



2.1 Tempat & Waktu Pelaksanaan

1. Pembuatan sistem EGR dan DPF serta pengujian emisi dan performa motor diesel dilakukan di Bengkel Reparasi Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya.
2. Waktu penelitian ini dimulai dari bulan januari 2021 dan dilanjutkan selama 5 bulan kedepan setelah seminar proposal

2.2 Variabel Penelitian

- Daya, Torsi, dan GSFC motor diesel.
- Waktu yang diperlukan untuk mengkonsumsi 25 ml bahan bakar
- Beban lampu 2000 watt. 3000 watt. Dan 4000 watt.
- Kecepatan putar 1000 rpm. 1200 rpm, 13000 rpm, dan 1400 rpm.
- Persentase bukaan katup EGR 20%, 35%, dan 75%.

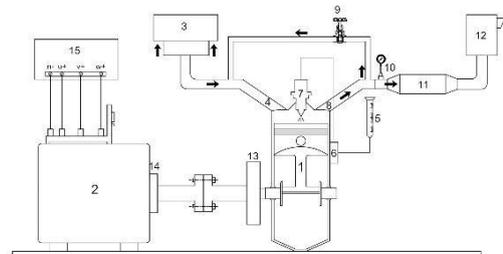
2.3 Spesifikasi Motor Diesel & Generator

Tabel 2. 1. Spesifikasi *Engine* & Generator

<i>Engine</i>	
<i>Type</i>	Jiangdong ZH1115N
Jumlah Piston	1
Daya Max (HP/RPM)	24/2200
Diameter x Langkah (mm)	115 x 115
Vol. Langkah	1195
Sistem Pendinginan	Hopper
Sistem Start	Engkol & Stater Motor
Sistem Pembakaran	Injeksi Langsung
<i>Generator</i>	
<i>Type</i>	STC-5
Tegangan	380/660 V
Arus	5,5 A
Frekuensi	50 Hz
<i>Phase</i>	3 Phase
<i>Speed</i>	1500 rpm
<i>Excit volt</i>	82 V
<i>Excit current</i>	3,6 A

2.4 Skema Sistem EGR dan DPF

Pada penelitian ini katup EGR yang digunakan adalah jenis gate valve dengan ukuran 25,4 mm, valve ini dipakai karena mudah didapatkan di pasaran dan harganya yang ekonomis. Untuk mengalirkan gas buang yang keluar dari exhaust manifold digunakan pipa yang nantinya akan terhubung ke intake manifold. Untuk memudahkan pemahaman sistem ini, dilakukanlah penggambaran sistem seperti pada gambar 2.2



Gambar 2. 1. Skema EGR dan DPF

Keterangan:

- | | |
|----------------------|----------------------|
| 1. Jiangdong ZH1115N | 9. EGR Valve |
| 2. Generator | 10. Pressure Gauge |
| 3. Air Filter | 11. DPF |
| 4. Intake Manifold | 12. Muffler |
| 5. Gelas Ukur | 13. Flywheel |
| 6. Fuel Pump | 14. Poros Generator |
| 7. Injector | 15. Panel Pembebanan |
| 8. Exhaust Manifold | |

Pada gambar 2.2 udara segar masuk ke ruang bakar melalui *intake manifold*, *exhaust* gas yang keluar dari ruang bakar disirkulasikan sebagian menuju intake manifold melalui pipa sistem EGR yang telah dibuat, udara yang disirkulasikan akan bercampur dengan udara segar yang masuk, udara yang tidak disirkulasikan akan menuju DPF dan dikeluarkan melalui *exhaust manifold*.

Jalur sistem EGR didesain menggunakan pipa besi berdiameter 25,4 mm. Pipa memiliki spesifikasi tahan terhadap tekanan dan temperatur tinggi karena fluida yang dialirkan adalah fluida gas buang. Sistem DPF dirancang dengan panjang 200 mm dan ber-diameter 76,2 mm. Filternya menggunakan material glasswool dengan kerapatan sebesar 20 mm, material ini dipilih karena selain dapat mengurangi emisi gas buang, juga karena material ini dapat mengurangi kebisingan pada knalpot motor diesel. Desain ini dirancang untuk mudah dibongkar pasang sehingga nantinya dapat mempermudah proses perawatan filter.

2.5 Prosedur Pengujian

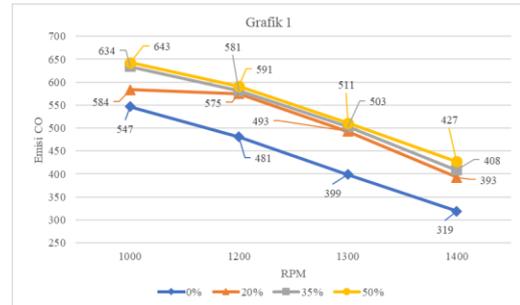
Pada tahap ini dilakukanlah pengujian motor diesel yang sudah dipasang sistem EGR dan DPF. Dalam uji eksperimen ini dilakukan pengambilan data dengan variasi bukaan gate valve sebesar 20%, 35%, dan 50%. Tujuan dilakukannya pengujian yaitu untuk mengetahui emisi CO, PM, performa motor diesel, dan konsumsi bahan bakar. Emisi PM diukur pada putaran mesin 1300 RPM dan beban 3000 watt. Adapun prosedur pengujiannya sebagai berikut:

1. Siapkan bahan bakar sebanyak 25 ml untuk 1 kali pengujian.
2. Siapkan peralatan pengujian seperti CO analyzer, Taco meter, dll.
3. Berikan pembebanan pada motor diesel sesuai variasi beban yang digunakan yaitu 2000 watt, 3000 watt, dan 4000 watt.
4. Nyalakan motor diesel
5. Naikan RPM sesuai variasi yang digunakan yaitu 1000 RPM, 1200 rpm, 1300 rpm dan 1400 rpm.
6. Buka katup EGR sesuai dengan variasi bukaan yaitu 20%, 35%, dan 50%.
7. Ukur nilai *backpressure*, jika nilainya dibawah standart, maka penelitian dilanjutkan.

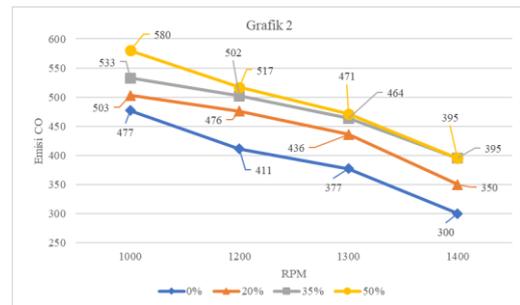
8. Lakukan pengukuran emisi CO dengan CO analyzer dan catat hasilnya.
9. Catat data pengujian yang lain seperti tegangan, arus, dan waktu bahan bakar habis.
10. Matikan motor ketika bahan bakar habis.
11. Bongkar DPF dari motor dan lakukan penimbangan untuk mengetahui jumlah *particulate matter*.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

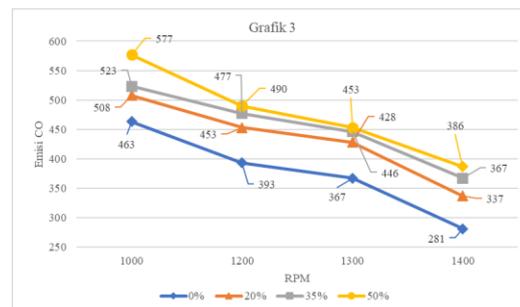
3.1 Hasil Uji Emisi CO dan PM



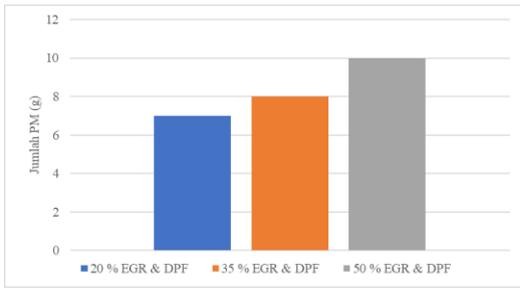
Gambar 3. 1. Grafik Emisi CO pada beban 2000 w



Gambar 3. 2. Grafik Emisi CO pada beban 3000 w



Gambar 3. 3. Grafik Emisi CO pada beban 4000 w

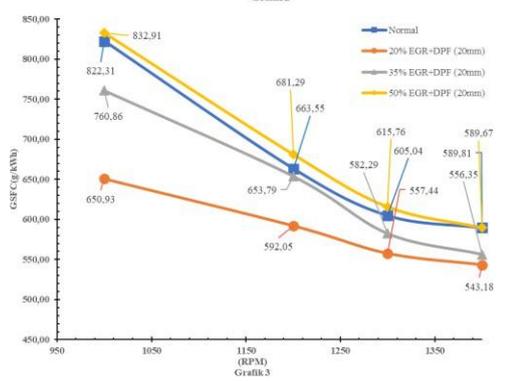
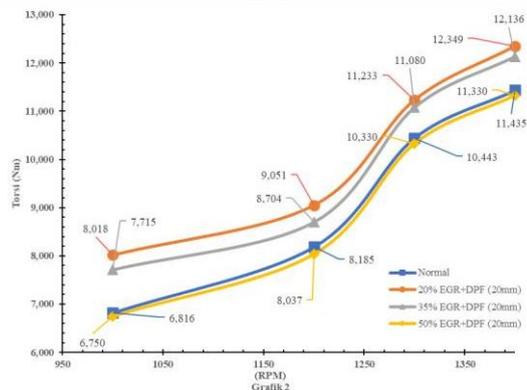
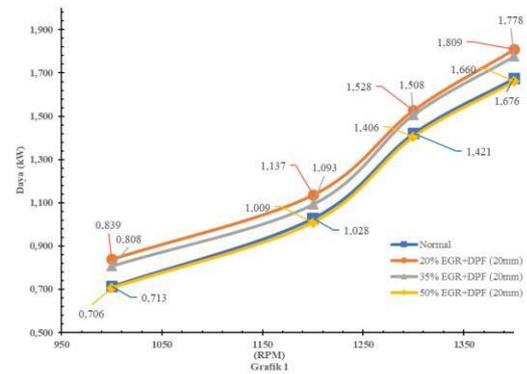


Gambar 3. 4. Grafik Emisi PM

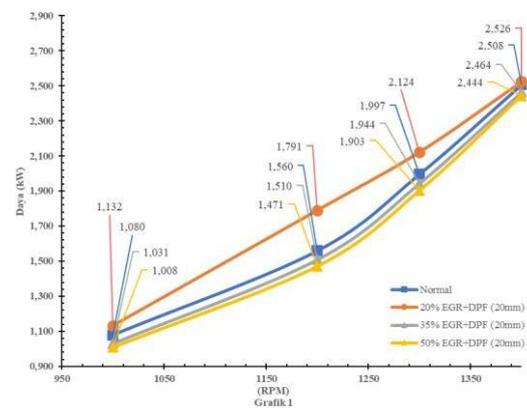
Dari hasil penelitian dapat dilihat pada gambar grafik 3.1 – 3.3, pada grafik tersebut terlihat secara signifikan bahwa penggunaan EGR dan DPF dapat meningkatkan emisi CO pada motor diesel, hal ini sejalan dengan penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh [4] yang mengatakan kenaikan CO disebabkan karena gas buang dari sistem EGR yang disirkulasikan keruang bakar dapat mempengaruhi konsentrasi oksigen yang masuk ke ruang bakar motor. Jika dibandingkan dengan motor diesel normal, penggunaan 20% EGR dan DPF, menaikkan CO rata-rata sebesar 60 ppm pada tiap bebannya, pada penggunaan 35% EGR dan DPF menaikkan CO rata-rata sebesar 85 ppm dan penggunaan 50% EGR dan DPF menaikkan CO rata-rata sebesar 102 ppm. Pada grafik 4.2-4.3 diatas juga dapat diamati bahwa semakin meningkatnya putaran motor hasil emisi CO yang dihasilkan mengalami penurunan, hal ini disebabkan karena putaran motor akan menaikkan turbulensi pada ruang bakar, dan demikian akan terbentuk campuran yang lebih homogen.

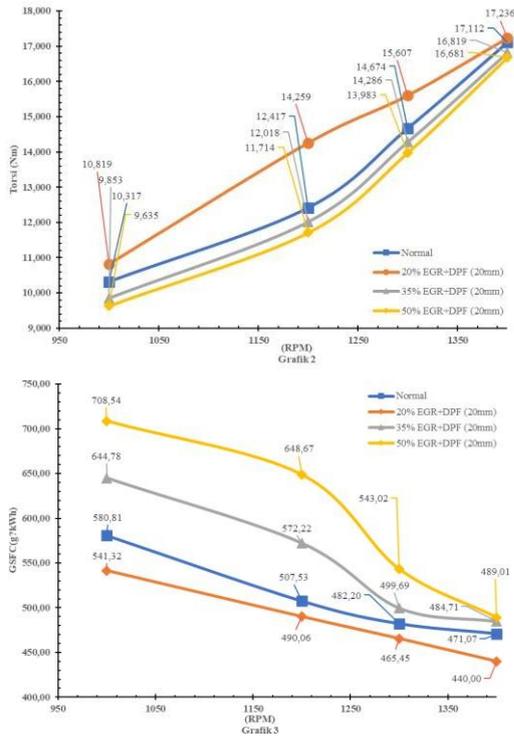
Dapat dilihat pada gambar grafik 3.4, terlihat bahwa semakin besar bukaan katup EGR semakin banyak PM yang terperangkap dalam sistem DPF, hal ini disebabkan karena gas buang yang disirkulasikan kembali ke ruang bakar membawa sejumlah kecil partikulat yang dapat mengkontaminasi ruang bakar. Pembentukan PM juga dipengaruhi oleh kandungan sulfur yang ada pada bahan bakar. dimana bahan bakar yang dipakai dalam penelitian ini adalah dextrite, yang mempunyai kandungan sulfur sebesar 1200 PPM. [5]

3.2 Hasil Uji Performa

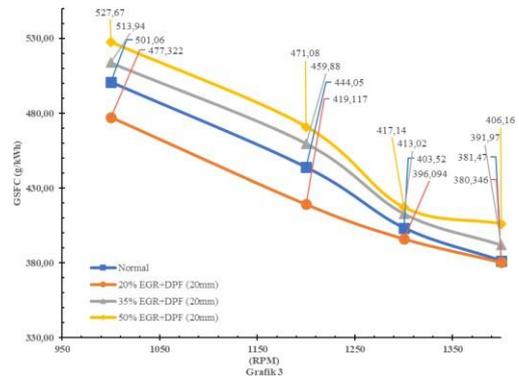
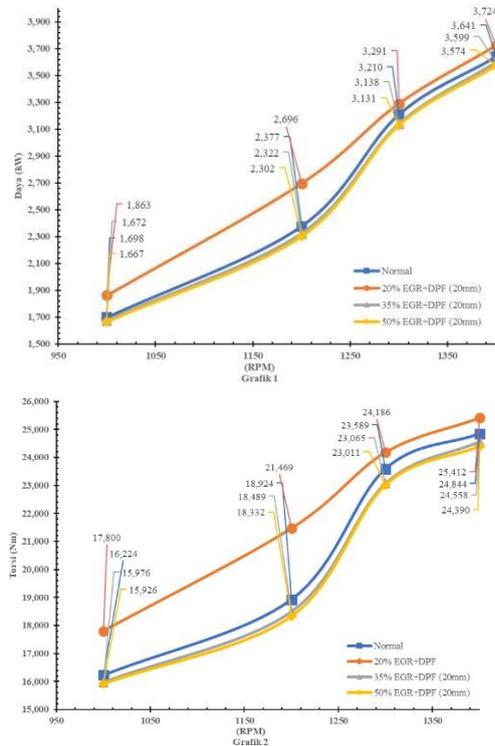


Gambar 3. 5. Grafik performa pada beban 2000 W, (grafik 1) daya vs RPM, (grafik 2) torsi vs RPM, (grafik 3) GSFC vs RPM





Gambar 3. 6. Grafik performa pada beban 3000 W, (grafik 1) daya vs RPM, (grafik 2) torsi vs RPM, (grafik 3) GSFC vs RPM



Gambar 3. 7. Grafik performa pada beban 4000 W, (grafik 1) daya vs RPM, (grafik 2) torsi vs RPM, (grafik 3) GSFC vs RPM

Dapat diamati pada gambar grafik 35-37 Penggunaan 20% EGR dan DPF daya motor naik, dengan kenaikan rata-rata sebesar 0,129 kW, diikuti dengan kenaikan torsi sebesar 1,038 Nm dan menurunnya nilai GSFC dengan nilai perunan rata-rata sebesar 41,529 gr/kWh. Hal ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh [6] yang mengatakan kenaikan daya, torsi dan menurunnya nilai GSFC ini disebabkan karena gas buang yang dimasukan sebagian ke ruang bakar akan meningkatkan proses pembakaran akibat naiknya temperatur, selain itu juga dikarenakan EGR memiliki tekanan yang lebih sedikit daripada tekanan atmosfer sehingga akan mengurangi rugi pompa (*pumping losses*).

Saat penggunaan 35% EGR dan DPF, daya yang dihasilkan naik pada beban 2000 watt, dengan kenaikan rata-rata sebesar 0,087 kW, namun pada saat beban 3000 dan 4000 watt, daya-nya menurun dengan penurunan rata-rata sebesar 0,049 kW. Diikuti dengan kenaikan torsi pada beban 2000 watt, dengan kenaikan rata-rata sebesar 0,689 Nm, namun pada saat beban 3000 dan 4000 watt torsi-nya menurun dengan penurunan rata-rata sebesar 0,380 Nm. Sedangkan nilai GSFC-nya mengalami penurunan pada beban 2000 watt dengan penurunan rata-rata sebesar 28,849, namun pada saat beban 3000 dan 4000 watt GSFC-nya naik, dengan kenaikan rata-rata sebesar 26,065 gr/kWh.

Saat penggunaan 50% EGR dan DPF daya motor turun, dengan penurunan rata-rata sebesar 0,052 kW, diikuti dengan penurunan torsi rata-rata sebesar 0,405 Nm dan naiknya nilai GSFC dengan nilai kenaikan rata-rata sebesar 39,877 gr/kWh. Penurunan daya, torsi dan meningkatnya nilai GSFC ini disebabkan karena gas buang yang bersifat inert terlalu banyak yang masuk ke ruang bakar, sehingga mengurangi

konsentrasi oksigen. [1]

Dari hasil analisa diatas menandakan bahwa penggunaan EGR dan DPF dapat meningkatkan daya, torsi dan menurunkan nilai GSFC namun hanya pada batasan 20% EGR dan DPF. Namun saat variasi 35%, 50% EGR dan DPF, dapat menurunkan nilai daya, torsi, dan meningkatkan GSFC.

4. KESIMPULAN

Kesimpulan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Penggunaan EGR dan DPF dapat meningkatkan emisi CO (*Carbon Monoxide*). Dengan peningkatan emisi CO tertinggi pada variasi 50% EGR dan DPF (20 mm), peningkatan terendah pada variasi 20% EGR dan DPF. Emisi PM tertinggi pada variasi 50% EGR dan DPF (20mm) dan terendah pada variasi 20% EGR dan DPF (20 mm).
2. Penggunaan 20% EGR dan DPF (20 mm) dapat meningkatkan daya dan torsi, sedangkan variasi 35% dan 50% EGR dengan DPF (20mm) menyebabkan penurunan daya dan torsi.
3. Penggunaan 20% EGR dan DPF (20 mm) mengakibatkan penurunan GSFC, sementara variasi 35% dan 50% EGR dengan DPF (20 mm) menyebabkan kenaikan GSFC.

5. DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. M. Yasin, "ANALISIS PEMBAKARAN DAN NO_x MOTOR DIESEL," 2017.
- [2] I. W. Sugita, C. Setyawan, and A. U. Dewi, "Pengaruh Pemasangan Exhaust Gas Recirculation Terhadap Emisi Gas Buang Honda Supra X 100," *J. Asimetrik J. Ilm. Rekayasa Inov.*, vol. 3, pp. 123–130, 2021, doi: 10.35814/asiimetrik.v3i2.1958.
- [3] M. A. Kurniawan, A. E. Fahmadi, Y. Oktopianto, and S. Shofiah, "Teknologi Diesel Particulate Filter Sebagai Upaya Mengurangi Emisi Gas Buang Dan Kebisingan Mesin Diesel Kendaraan Niaga," *J. Keselam. Transp. Jalan (Indonesian J. Road Safety)*, vol. 8, no. 2, pp. 116–125, 2021, doi: 10.46447/ktj.v8i2.350.
- [4] A. Syarifuddin, J. T. Mesin, F. Teknik, and U. Diponegoro, "PENGARUH METHANOL KADAR TINGGI TERHADAP PERFORMA DAN EMISI GAS BUANG MESIN BENSIN

DENGAN SISTEM EGR," no. November, 2015.

- [5] Agung Sudrajad, "G-Tech : Jurnal Teknologi Terapan," vol. 8, no. 2, pp. 1059–1068, 2024.
- [6] A. Septiyanto, S. Maulana, A. Nugroho, A. Septiyanto, S. Maulana, and A. Nugroho, "Pengaruh exhaust gas recirculation (EGR) terhadap performa dan mmisi jelaga mesin diesel direct injection," *Saintekno J. Sains dan Tekno.*, vol. 15, no. 2, pp. 129–136, 2017.