

ANALISIS PERFORMA MOTOR DIESEL *FOUR STROKE* TERHADAP DESAIN *HONEYCOMB DIESEL PARTICULATE* *FILTER* BERBAHAN GALVANUM

Pixko Al Amin ^{1*}, Muhammad Shah, S.T., M.T. ², Edi Haryono, 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 Kapal, 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: pixkoal@student.ppns.ac.id;

Abstract - The combustion process in diesel engines can produce particulate matter (PM) which can pollute the air, pose environmental and health risks if not managed properly using a filtering system. To reduce PM emissions in diesel engines, diesel particulate filter (DPF) technology was created, located in the exhaust manifold which has a function to capture particles through filter devices in the system. This research will use the experimental method of making tools and initial testing which will be carried out on the Jiangdong diesel engine with the ZH1115N type with the STC-5 generator. DPF technology uses a honeycomb filter pattern with a mesh variation of 10 mm, 20mm and 30 mm made of galvanized with a reference to diesel engine performance tests using rotation speeds of 1000 RPM, 1200 RPM, 1300 RPM and 1400 RPM with loading variations of 2000 watts, 3000 watts, and 4000 watts. The test results show that the use of DPF can capture PM 4-16 grams, the average power value has increased by 3,37%-10,90% and torque by 3,45%-11,45% compared to diesel engine without DPF. The disadvantage of using DPF is the level of fuel consumption, by using DPF the average value of generator specific fuel consumption (GSFC) in diesel engines has increased in honeycomb patterns of 10 mm, 20 mm and 30 mm by 2,26%-5,89% with the comparison of diesel engines without using the DPF system.

Keyword: Diesel Four-Stroke Engine, Diesel Particulate Filter, Glasswool Filter, Honeycomb Mesh, Power Deviation

1. PENDAHULUAN

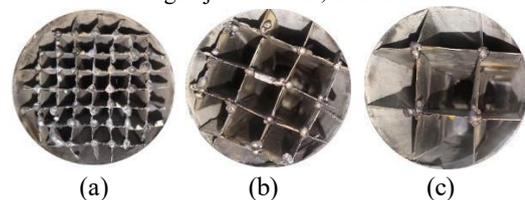
Perkembangan teknologi motor diesel saat ini sudah banyak berkembang, dengan adanya berbagai tambahan variasi alat yang dapat meningkatkan efisiensi mesin, dan sudah mengarah pada teknologi yang berbasis ramah lingkungan. Beberapa teknologi tersebut seperti *Exhaust Gas Recirculating* (EGR), *Selective Catalytic Reduction* (SCR), *Amonia Scrubber*, *Diesel Particulate Filter* (DPF), *Diret Water Injection* (DWI), dll.

Diesel Particulate Filter adalah alat yang digunakan untuk mereduksi efek negatif dari gas buang motor diesel, alat ini dipasang pada bagian *exhaust*. Fungsi penggunaan DPF ini untuk menangkap partikel melalui perangkat filter yang ada di dalam sistem.

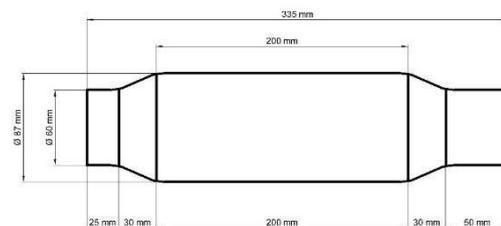
Pada eksperimen kali ini digunakan teknologi DPF, agar dapat dianalisis pengaruh variasi kerapatan pola *honeycomb* pada DPF maka perlu dilakukan pengujian pada mesin diesel untuk menganalisis performa motor diesel. Analisis performa dilakukan untuk mengetahui perbandingan nilai power, torsi, dan *generator specific fuel consumption* (GSFC) yang dihasilkan dari tiap-tiap variasi pola kerapatan.

2. METODOLOGI

Pada penelitian ini akan dilakukan pengaplikasian sistem DPF pada mesin diesel *four-stroke* yang ada di bengkel reparasi Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya yang telah ditambahkan sistem-sistem DPF (*diesel particulate filter*) dengan ketiga variasi kerapatan *honeycomb* divariasikan dengan jarak 10mm, 20mm dan 30mm.



Gambar 1. Pola kerapatan 10mm (a), Pola kerapatan 20mm (b) dan Pola kerapatan 30mm (c)



Gambar 2. Dimensional DPF

2.1 Variabel Penelitian

1. Variabel Terikat
 - a) Daya dan Torsi yang dihasilkan pada unjuk kerja *four-stroke diesel engine*.
 - b) *Generator specific fuel consumption* (GSFC) yang dibutuhkan pada unjuk kerja *four-stroke diesel engine*.
 - c) Waktu yang diperlukan untuk menghabiskan 25 ml bahan bakar (Tf)
2. Variabel Bebas
 - a) Beban simulator (Lampu 2000 watt, 3000 watt, dan 4000 watt)
 - b) Frekuensi putaran mesin (1000 RPM, 1200 RPM, 1400 RPM)
 - c) Variasi pola kerapatan *honeycomb* DPF (10 mm, 20 mm, 30 mm).

2.2 Spesifikasi Mesin Diesel dan Generator

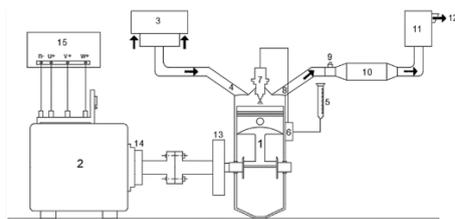
Pada penelitian ini menggunakan mesin diesel pada bengkel reparasi Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya dengan spesifikasi berikut :

Type	Jiangdong ZH115N
Jumlah Piston	1 <i>cylinder</i> (horizontal)
Daya Maksimum (HP/RPM)	24/2200
Diameter x Langkah Piston (mm)	115 x 115
Volume Langkah (ltr)	1195
Sistem Pendinginan	Hopper
Sistem Start	Elektrik/Engkol
Sistem Pembakaran	Injeksi Langsung

Type STC-5	
Daya	5 KW
Tegangan	380 Volt
Arus	5,5 Ampere
Frequency	50 Hz
Phase	3 Phase
RPM	1500

2.3 Skema Sistem DPF

Pada penelitian ini menggunakan DPF dengan tipe *honeycomb* dan material dari DPF menggunakan galvanum dengan tebal 0,3 mm serta menggunakan *glasswool* sebagai filter. DPF ini nantinya akan terkoneksi diantara *exhaust manifold* dan *muffler* pada motor diesel. Untuk selengkapnya dapat dilihat pada gambar di bawah ini.



Gambar 3. Skema DPF

Keterangan:

1. Motor diesel Jiangdong ZH115N
2. Generator STC-5
3. *Air intake filter*
4. *Intake manifold*
5. *Fuel oil bureta*
6. *Fuel pump*
7. *Fuel injector*
8. *Exhaust manifold*
9. *Pressure gauge mounting*
10. *Diesel Particulate Filter* (DPF)
11. *Muffler*
12. *Exhaust gas escape*
13. *Engine flywheel*
14. *Generator flywheel*
15. Panel pembebanan

Pada gambar 3 titik 2 merupakan *intake manifold* di mana udara segar masuk ke dalam motor diesel untuk proses pembakaran, pada titik 6 merupakan bagian *exhaust manifold* di mana udara telah bercampur dengan gas hasil pembakaran dan mengandung *particulate*, pada titik 8 merupakan bagian DPF yang mana nantinya *particulate* akan terperangkap dan mengendap pada dinding-dinding DPF *honeycomb*, dan pada titik 10 udara yang mengalir diharapkan dalam penelitian kali ini telah mengandung lebih sedikit *particulate* dibandingkan dengan udara saat berada pada titik 6 3.

2.4 Prosedur Pengujian Performa

Setelah DPF yang dipasang mampu mengurangi kadar *partikulat* yang dihasilkan oleh motor diesel. Langkah selanjutnya yaitu pengujian terhadap motor diesel. Adapun proses pengujiannya sebagai berikut:

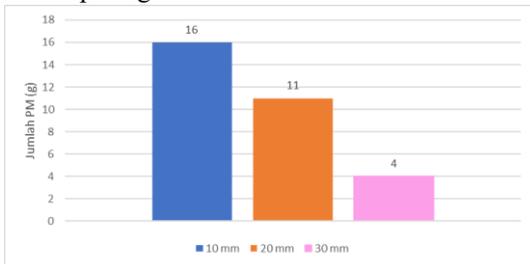
1. Memasang DPF pada motor diesel.
2. Mempersiapkan bahan bakar sebesar 25 ml untuk 1 kali pengujian.
3. Mempersiapkan peralatan pengujian seperti *Tacho* meter, dll.
4. Memberikan pembebanan pada mesin diesel sesuai dengan variasi beban yang digunakan yaitu 2000 watt, 3000 watt, dan 4000 watt.
5. Menyalakan motor diesel.
6. Menaikkan putaran motor sesuai dengan variasi putaran mesin yang digunakan yaitu 1000 RPM ,1200 RPM , 1300 RPM, 1400 RPM.
7. Menggunakan *stop watch* untuk mengukur waktu yang digunakan dalam menghabiskan 25 ml bahan bakar.
8. Mencatat hasil pengujian
9. Mematikan motor diesel setelah pengujian selesai.

10. Melakukan proses pengujian yang sama pada variasi kerapatan yang lainnya.

1. HASIL DAN PEMBAHASAN

1.1 Hasil Pengujian PM dengan menggunakan DPF

Sebelum melakukan pengujian dilakukan penimbangan massa dari filter DPF terlebih dahulu untuk mendapatkan nilai patokan awal massa dari filter DPF. Setelah dilakukan penimbangan massa selanjutnya dilakukan pengujian untuk mendapatkan nilai *partikulat* yang terperangkap pada DPF. Setelah dilakukan penimbangan massa dari DPF dapat diketahui nilai massa dari DPF sebelum dan sesudah digunakan pada motor sehingga didapatkan nilai *partikulat* yang terperangkap. Hasil dari nilai *partikulat* yang terperangkap di dalam DPF dapat dilihat pada grafik di bawah ini.

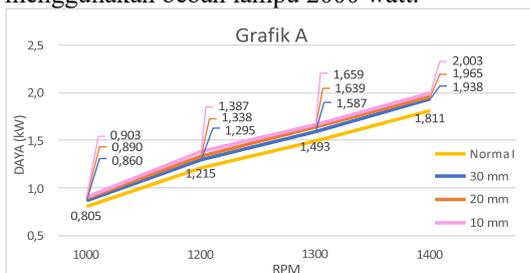


Gambar 4. Emisi PM

Grafik tersebut terlihat bahwa penggunaan DPF dapat menangkap *particulate matter*, hal ini sangat dipengaruhi oleh tingkat kerapatan dari variasi pola *honeycomb diesel particulate filter* terbukti dari hasil penyaringan material PM yang dilakukan variasi 30 mm hanya menyaring sebesar 4 gram dan variasi 20 mm hanya dapat menyaring 11 gram *particulate matter* sedangkan pada variasi 10 mm dapat menyaring *particulate matter* sebesar 16 gram.

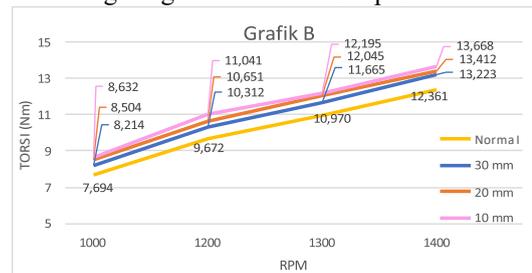
1.2 Perbandingan Daya, Torsi dan GSFC Pada Beban 2000 Watt

Setelah dilakukan pengujian pada motor diesel dihasilkan daya, torsi, dan GSFC dengan menggunakan beban lampu 2000 watt.



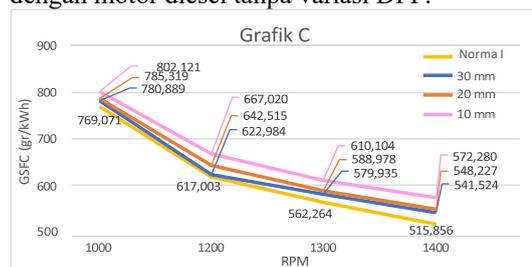
Gambar 5. Grafik Daya Terhadap RPM Pada Beban 2000 Watt

Pada beban ini nilai daya rata-rata yang dihasilkan oleh motor diesel sebelum menggunakan DPF sebesar 1,331 kW. Setelah adanya penambahan DPF dengan pola kerapatan *honeycomb* 10 mm nilai daya rata-rata pada beban ini meningkat 11,8% dibanding dengan motor diesel tanpa variasi DPF, disusul oleh DPF dengan pola kerapatan *honeycomb* 20 mm nilai daya rata-rata pada beban ini meningkat 9,54% dibanding dengan motor diesel tanpa variasi DPF dan kenaikan nilai daya terendah pada DPF dengan pola kerapatan *honeycomb* 30 mm nilai daya rata-rata pada beban ini meningkat 6,68% dibanding dengan motor diesel tanpa variasi DPF.



Gambar 6. Grafik GSFC Terhadap RPM Pada Beban 2000 Watt

Pada beban ini nilai rata-rata torsi yang dihasilkan oleh motor diesel sebelum menggunakan DPF sebesar 10,174 Nm. Setelah adanya penambahan DPF dengan pola kerapatan *honeycomb* 10 mm nilai torsi rata-rata pada beban ini meningkat 11,89% dibanding dengan motor diesel tanpa variasi DPF, disusul oleh DPF dengan pola kerapatan *honeycomb* 20 mm nilai torsi rata-rata pada beban ini meningkat 9,62% dibanding dengan motor diesel tanpa variasi DPF dan kenaikan nilai torsi terendah pada DPF dengan pola kerapatan *honeycomb* 30 mm nilai torsi rata-rata pada beban ini meningkat 6,68% dibanding dengan motor diesel tanpa variasi DPF.



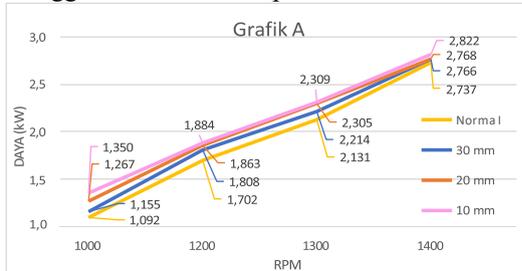
Gambar 7. Grafik GSFC Terhadap RPM Pada Beban 2000 Watt

Pada beban ini nilai rata-rata GSFC yang dihasilkan oleh motor diesel sebelum menggunakan DPF sebesar 616,049 gr/kWh. Setelah adanya penambahan DPF dengan pola kerapatan *honeycomb* 10 mm nilai GSFC rata-rata pada beban ini meningkat 7,6% dibanding dengan motor diesel tanpa variasi DPF, disusul oleh DPF dengan pola kerapatan *honeycomb* 20 mm nilai GSFC rata-rata pada beban ini meningkat 4,09% dibanding dengan motor diesel tanpa variasi DPF dan kenaikan nilai GSFC terendah pada DPF dengan pola kerapatan

honeycomb 30 mm nilai GSFC rata-rata pada beban ini meningkat 2,48% dibanding dengan motor diesel tanpa variasi DPF.

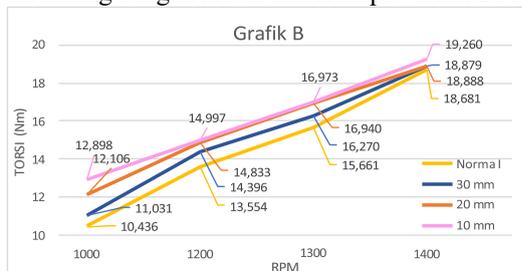
1.3 Perbandingan Daya, Torsi dan GSFC Pada Beban 3000 Watt

Setelah dilakukan pengujian pada motor diesel dihasilkan daya, torsi, dan GSFC dengan menggunakan beban lampu 3000 watt.



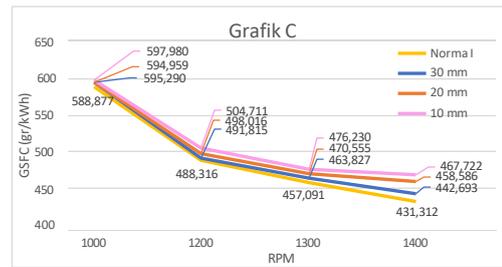
Gambar 8. Grafik Daya Terhadap RPM Pada Beban 3000 Watt

Pada beban ini nilai daya rata-rata yang dihasilkan oleh motor diesel sebelum menggunakan DPF sebesar 1,916 kW. Setelah adanya penambahan DPF dengan pola kerapatan *honeycomb* 10 mm nilai daya rata-rata pada beban ini meningkat 9,16% dibanding dengan motor diesel tanpa variasi DPF, disusul oleh DPF dengan pola kerapatan *honeycomb* 20 mm nilai daya rata-rata pada beban ini meningkat 7,04% dibanding dengan motor diesel tanpa variasi DPF dan kenaikan nilai daya terendah pada DPF dengan pola kerapatan *honeycomb* 30 mm nilai daya rata-rata pada beban ini meningkat 3,65% dibanding dengan motor diesel tanpa variasi DPF.



Gambar 9. Grafik Torsi Terhadap RPM Pada Beban 3000 Watt

Pada beban ini nilai rata-rata torsi yang dihasilkan oleh motor diesel sebelum menggunakan DPF sebesar 14,583 Nm. Setelah adanya penambahan DPF dengan pola kerapatan *honeycomb* 10 mm nilai torsi rata-rata pada beban ini meningkat 9,93% dibanding dengan motor diesel tanpa variasi DPF, disusul oleh DPF dengan pola kerapatan *honeycomb* 20 mm nilai torsi rata-rata pada beban ini meningkat 7,6% dibanding dengan motor diesel tanpa variasi DPF dan kenaikan nilai torsi terendah pada DPF dengan pola kerapatan *honeycomb* 30 mm nilai torsi rata-rata pada beban ini meningkat 3,85% dibanding dengan motor diesel tanpa variasi DPF.

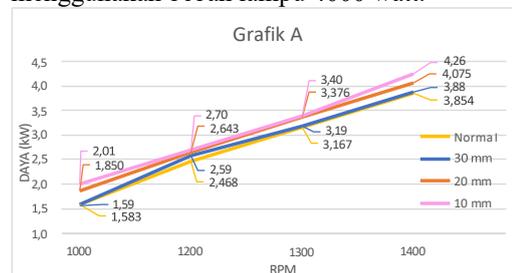


Gambar 10. Grafik GSFC Terhadap RPM Pada Beban 3000 Watt

Pada beban ini nilai rata-rata GSFC yang dihasilkan oleh motor diesel sebelum menggunakan DPF sebesar 491,399 gr/kWh. Setelah adanya penambahan DPF dengan pola kerapatan *honeycomb* 10 mm nilai GSFC rata-rata pada beban ini meningkat 4,12% dibanding dengan motor diesel tanpa variasi DPF, disusul oleh DPF dengan pola kerapatan *honeycomb* 20 mm nilai GSFC rata-rata pada beban ini meningkat 2,88% dibanding dengan motor diesel tanpa variasi DPF dan kenaikan nilai GSFC terendah pada DPF dengan pola kerapatan *honeycomb* 30 mm nilai GSFC rata-rata pada beban ini meningkat 1,43% dibanding dengan motor diesel tanpa variasi DPF.

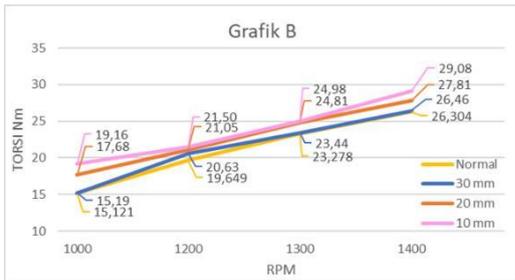
1.4 Perbandingan Daya, Torsi dan GSFC Pada Beban 4000 Watt

Setelah dilakukan pengujian pada motor diesel dihasilkan daya, torsi, dan GSFC dengan menggunakan beban lampu 4000 watt.



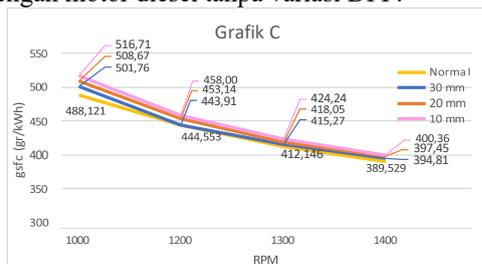
Gambar 11. Grafik Daya Terhadap RPM Pada Beban 4000 Watt

Pada beban ini nilai daya rata-rata yang dihasilkan oleh motor diesel sebelum menggunakan DPF sebesar 2,768 kW. Setelah adanya penambahan DPF dengan pola kerapatan *honeycomb* 10 mm nilai daya rata-rata pada beban ini meningkat 11,67% dibanding dengan motor diesel tanpa variasi DPF, disusul oleh DPF dengan pola kerapatan *honeycomb* 20 mm nilai daya rata-rata pada beban ini meningkat 7,87% dibanding dengan motor diesel tanpa variasi DPF dan kenaikan nilai daya terendah pada DPF dengan pola kerapatan *honeycomb* 30 mm nilai daya rata-rata pada beban ini meningkat 1,58% dibanding dengan motor diesel tanpa variasi DPF.



Gambar 12. Grafik GSFC Terhadap RPM Pada Beban 4000 Watt

Pada beban ini nilai rata-rata torsi yang dihasilkan oleh motor diesel sebelum menggunakan DPF sebesar 21,088 Nm. Setelah adanya penambahan DPF dengan pola kerapatan *honeycomb* 10 mm nilai torsi rata-rata pada beban ini meningkat 12,28% dibanding dengan motor diesel tanpa variasi DPF, disusul oleh DPF dengan pola kerapatan *honeycomb* 20 mm nilai torsi rata-rata pada beban ini meningkat 8,29% dibanding dengan motor diesel tanpa variasi DPF dan kenaikan nilai torsi terendah pada DPF dengan pola kerapatan *honeycomb* 30 mm nilai torsi rata-rata pada beban ini meningkat 1,62% dibanding dengan motor diesel tanpa variasi DPF.



Gambar 13. Grafik GSFC Terhadap RPM Pada Beban 4000 Watt

Pada beban ini nilai rata-rata GSFC yang dihasilkan oleh motor diesel sebelum menggunakan DPF sebesar 426,629 gr/kWh. Setelah adanya penambahan DPF dengan pola kerapatan *honeycomb* 10 mm nilai GSFC rata-rata pada beban ini meningkat 5,44% dibanding dengan motor diesel tanpa variasi DPF, disusul oleh DPF dengan pola kerapatan *honeycomb* 20 mm nilai GSFC rata-rata pada beban ini meningkat 4,15% dibanding dengan motor diesel tanpa variasi DPF dan kenaikan nilai GSFC terendah pada DPF dengan pola kerapatan *honeycomb* 30 mm nilai GSFC rata-rata pada beban ini meningkat 2,89% dibanding dengan motor diesel tanpa variasi DPF.

1.5 Analisa Hasil Uji

Setelah dilakukan perbandingan dengan grafik pada tiap variasinya, selanjutnya dilakukan analisa mengenai daya, torsi, dan GSFC saat penggunaan *Diesel Particulate Filter* (DPF). Dari hasil eksperimen dapat dilihat grafik performa motor diesel seperti yang ditunjukkan pada gambar grafik 5 sampai 13. Pada grafik tersebut menunjukkan bahwa penggunaan DPF dapat

menaikkan nilai daya, torsi dan GSFC pada variasi kerapatan pola *honeycomb*.

Pada variasi kerapatan pola *honeycomb* 10 mm memiliki kenaikan daya motor paling tinggi dibandingkan dengan variasi kerapatan yang lain pada semua variasi beban dengan rata-rata kenaikan nilai sebesar 10,90% dan diikuti dengan kenaikan nilai torsi sebesar 11,45% dari kondisi motor diesel tanpa variasi DPF. GSFC pada variasi kerapatan pola *honeycomb* 10 mm mengalami kenaikan pada setiap variasi beban dengan rata-rata nilai sebesar 5,89% akibat tidak sempurnanya pembakaran yang menyebabkan motor diesel bekerja dengan menggunakan lebih banyak bahan bakar dengan dibandingkan pada kondisi motor diesel tanpa variasi DPF.

Pada variasi kerapatan pola *honeycomb* 20 mm daya yang dihasilkan naik, dengan kenaikan rata-rata sebesar 7,98% pada semua variasi beban yang diikuti dengan kenaikan torsi, dengan torsi rata-rata sebesar 8,36% dari kondisi motor diesel tanpa variasi DPF. GSFC pada variasi kerapatan pola *honeycomb* 20 mm mengalami kenaikan rata-rata sebesar 3,75% pada semua variasi beban dari motor diesel tanpa sistem DPF.

Pada variasi kerapatan pola *honeycomb* 30 mm memiliki kenaikan daya motor paling rendah dibandingkan dengan variasi kerapatan yang lain pada semua variasi beban dengan rata-rata kenaikan nilai sebesar 3,37% dan diikuti dengan kenaikan nilai torsi sebesar 3,45% dari kondisi motor diesel tanpa variasi DPF. GSFC pada variasi kerapatan pola *honeycomb* 30 mm mengalami kenaikan pada setiap variasi beban dengan rata-rata nilai sebesar 2,26% akibat tidak sempurnanya pembakaran yang menyebabkan motor diesel bekerja dengan menggunakan lebih banyak bahan bakar dengan dibandingkan pada kondisi motor diesel tanpa variasi DPF.

Dari hasil analisis diatas menandakan bahwa penggunaan DPF dapat meningkatkan daya dan torsi walaupun tidak terlalu signifikan. Penyebab utama terjadinya peningkatan daya adalah adanya peningkatan Torsi akibat meningkatnya temperatur pada ruang bakar dan besarnya tekanan balik yang dihasilkan oleh DPF. Peningkatan tekanan balik yang dihasilkan karena adanya material *glasswool* yang terpasang pada DPF dengan pola kerapatan *honeycomb*. Material tersebut dapat mempengaruhi naiknya efek tekanan balik akibat adanya proses penyaringan emisi PM yang terjebak didalam filter DPF yang dapat berdampak pada kenaikan suhu DPF yang memungkinkan terjadinya *self-burning* pada saat mendekati suhu kerja optimal 300-500°C sehingga menyebabkan torsi dan daya pada motor diesel naik. penggunaan sistem DPF dengan semua variasi kerapatan pola *honeycomb* dapat meningkatkan nilai GSFC akibat tidak sempurnanya pembakaran yang menyebabkan

motor diesel bekerja dengan menggunakan lebih banyak bahan bakar.

2. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, yaitu pengaplikasian sistem DPF pada motor diesel dengan variasi kerapatan pola *honeycomb*. Dapat ditarik kesimpulan dan fakta sebagai berikut:

1. Penggunaan DPF dapat mempengaruhi nilai daya dan torsi, dengan pola *honeycomb* 10 mm, 20 mm dan 30 mm rata-rata nilai daya mengalami kenaikan sebesar 3,37%-10,90% dan torsi sebesar 3,45%-11,45% dibandingkan dengan motor diesel tanpa DPF. Kekurangan dari penggunaan DPF ini adalah pada tingkat konsumsi bahan bakar, dengan menggunakan DPF nilai rata-rata GSFC pada motor diesel mengalami kenaikan pada pola *honeycomb* 10 mm, 20 mm dan 30 mm sebesar 2,26%-5,89% dengan perbandingan motor diesel tanpa menggunakan sistem DPF.
2. Maka dapat disimpulkan penambahan DPF dengan variasi pola kerapatan *honeycomb* 10 mm menjadi variasi terbaik untuk meningkatkan performa motor diesel empat langkah Jiangdong ZH1115N dengan dapat menangkap 16 gram *particulate matter*, menaikkan rata-rata nilai daya sebesar 10,90% dengan nilai rata-rata daya 2,224 kW dan diikuti dengan kenaikan rata-rata nilai torsi sebesar 11,45% dengan nilai rata-rata torsi 17,031 Nm jika dibandingkan dengan motor diesel tanpa menggunakan DPF. Akan tetapi nilai GSFC juga mengalami kenaikan rata-rata sebesar 5,89% dengan nilai rata-rata GSFC 541,457 GSFC gr/kWh jika dibandingkan dengan kondisi motor diesel tanpa menggunakan DPF.

Dari penelitian ini dalam hal peningkatan performa motor diesel semakin kecil kerapatan pola *honeycomb* maka proses penangkapan *particulate matter* menjadi semakin baik. Hal tersebut tentunya akan selaras pada meningkatnya suhu di dalam *diesel particulate filter* untuk mendekati suhu kerja optimal antar 300-500°C. Penggunaan desain ukuran *diesel particulate filter* yang sesuai juga sangat dibutuhkan agar aliran balik tetap berada dibawah ketentuan *vert swiss*.

3. DAFTAR PUSTAKA

- Subekti, A., Sudiyono, & Purwanto, E. (2019). Overhaul Mesin Diesel. 1–34.
- Anugrah, R. A. (2021). *Analisis Pengaruh Kalibrasi Pompa Injeksi Tipe Inline dan Injektor Mesin Diesel Terhadap Volume dan Tekanan Penginjeksian Analisis Pengaruh Kalibrasi Pompa Injeksi Tipe Inline dan Injektor Mesin Diesel Terhadap Volume dan*

Tekanan Penginjeksian. d(May).
<https://doi.org/10.22441/jtm.v10i1.10192>

- Budi Utomo. (2020). Hubungan Antara Konsumsi Bahan Bakar dengan Berbagai Perubahan Kecepatan pada Mesin Diesel Penggerak Kapal. *Jurnal Rekayasa Mesin*, 15(2), 163–170.
- Galbi, M., & A, I. (2017). Prediksi Penggantian Minyak Pelumas Mesin Diesel Generator Set Berdasarkan Laju Perubahan Viskositas Dan Total Base Number Dengan Pendekatan Linieritas. *Bina Teknika*, 12(1), 111. <https://doi.org/10.54378/bt.v12i1.97>
- Kurniawan, M. A., Fahmadi, A. E., Oktopianto, Y., & Shofiah, S. (2021). Teknologi Diesel Particulate Filter Sebagai Upaya Mengurangi Emisi Gas Buang Dan Kebisingan Mesin Diesel Kendaraan Niaga. *Jurnal Keselamatan Transportasi Jalan (Indonesian Journal of Road Safety)*, 8(2), 116–125. <https://doi.org/10.46447/kjtj.v8i2.350>
- Ariyanto, Sudirman Rizki, Warju Warju, Soeryanto Soeryanto, and Anggara Sukma Ardiyanta. 2020. “*Pengaruh Diesel Particulate Filter Tipe Honeycomb Berbahan Tembaga Terhadap Performa Mesin Diesel Empat Langkah.*” *Infotekmesin* 11(2): 113–18.
- Muliatna, I. M., Wijanarko, D. V., & Warju, W. (2019). Uji Efektivitas Diesel Particulate Trap (Dpt) Berbahan Dasar Kuningan Dan Glasswool Terhadap Reduksi Opasitas Gas Buang Mesin Diesel Multi Silinder. *Otopro*, 13(1), 35. <https://doi.org/10.26740/otopro.v13n1.p35-43>
- Putra, W., Maksam, H., & Fernandez, D. (2018). Pengaruh Penggunaan Knalpot Standar Dan Racing Terhadap Tekanan Balik, Suhu Dan Bunyi Pada Sepeda Motor 4Tak. *Jurnal Teknik Otomotif FT UNP*.
- Guide, A. (1999). Exhaust systems. *Metal Finishing*, 97(4), 81. [https://doi.org/10.1016/s0026-0576\(99\)80627-8](https://doi.org/10.1016/s0026-0576(99)80627-8)