

Pembuatan Filter Keramik Jelaga Diesel 18 Mesh Bentuk Cincin $\phi 120\text{-}\phi 80 \times 400$ mm, Kapasitas 0,03 Unit/Jam

Sudirman Rizki Ariyanto¹, Syamsul Hadi^{1*}, Warju², Lailatus Sa'diyah Yuniar Arianti²

¹Program Studi Optimasi Desain Mekanik, Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Malang, 65141 Malang, Indonesia

²Program Studi Teknologi Rekayasa Otomotif, Fakultas Vokasi, Universitas Negeri Surabaya, 60231 Surabaya, Indonesia

ABSTRAK – Emisi jelaga (*soot*) dari mesin diesel sebagai satu penyebab polusi atmosfer yang berefek buruk pada kesehatan manusia dan lingkungan hidup sebagai permasalahan yang dihadapi di jalanan lalu lintas kendaraan. Tujuan pembuatan untuk memperoleh filter Keramik jelaga diesel dengan spesifikasi lubang 18 mesh berbentuk cincin $\phi 120\text{-}\phi 80 \times 400$ mm. Metode pembuatan meliputi: desain geometris filter Keramik bentuk cincin $120\text{-}\phi 80 \times 400$ mm dengan luas permukaan $0,0245 \text{ m}^2$; penyiapan bahan selubung keramik, $120\text{-}\phi 80 \times 400$ mm; penyiapan bahan baku pelat SS304 Tebal 5 mm untuk selubung filter Keramik; pengerolan menjadi silindris dan pengelasan selubung $\phi 79 \times 400$ mm; pelubangan dengan laser secara radial tegak lurus ke arah sumbu silindris filter pada voltase dan arus, 220 V, 5 A; pembersihan debu/serpihan keramik pada semua lubang dengan tekanan udara 6 Bar dari dalam pipa $\phi 80$ mm; uji coba penangkapan jelaga selama 1 jam operasional mesin diesel; dan pemeriksaan mutu-dimensi-standar filter keramik. Hasil pembuatan berupa filter Keramik jelaga diesel dengan spesifikasi lubang 18 Mesh berbentuk cincin $120\text{-}\phi 80 \times 400$ mm dengan total biaya pembuatan Rp 1.500.000,-/unit, dan durasi pembuatan selama 32 jam/unit yang berkonsekuensi bahwa filter keramik perlu diganti setelah pemakaian 20.000 km.

HISTORI ARTIKEL

Diterima: 4 Mei 2026

Revisi: 16 Juni 2026

Disetujui: 24 Juni 2026

Diterbitkan: 30 September 2026

KATA KUNCI

Emisi jelaga

Mesin diesel

Filter Keramik

18 mesh

luas permukaan $0,0245 \text{ m}^2$

20.000 km

1.0 PENDAHULUAN

Emisi gas buang dari mesin diesel masih menjadi satu penyumbang utama pencemaran udara global, khususnya dalam bentuk *particulate matter* (PM) yang berukuran sangat halus. Partikel tersebut, terutama jelaga (*soot*), dihasilkan dari pembakaran tidak sempurna dan memiliki dampak serius terhadap kesehatan manusia dan lingkungan. Paparan jangka panjang terhadap PM diketahui dapat menyebabkan gangguan sistem pernapasan, penyakit kardiovaskular, dan berkontribusi terhadap perubahan iklim melalui mekanisme penyerapan radiasi matahari. Oleh karenanya, berbagai regulasi emisi global yang semakin ketat mendorong pengembangan teknologi pengendalian emisi yang lebih efektif, terutama pada sektor transportasi dan industri berbasis mesin diesel [1]. Dalam konteks tersebut, teknologi *after-treatment* menjadi solusi untuk mengurangi emisi partikulat. Satu teknologi yang terefektif adalah *diesel particulate filter* (DPF), yang didesain untuk menangkap partikel jelaga sebelum dilepaskan ke atmosfer. Secara umum, DPF mampu mencapai efisiensi penyaringan lebih dari 90% dengan memanfaatkan mekanisme deposisi partikel dalam media berpori [2]. Oleh karenanya, DPF telah menjadi komponen wajib dalam sistem pengendalian emisi modern pada kendaraan diesel.

DPF bekerja dengan prinsip memaksa aliran gas buang melewati media berpori, sehingga partikel jelaga dapat tertangkap di dalam struktur filter. Struktur DPF umumnya berbentuk silindris dengan kanal-kanal internal yang didesain untuk meningkatkan luas permukaan filtrasi dan distribusi aliran gas [3]. Selain bahan keramik yang umum digunakan, pengembangan alternatif bahan untuk mesh logam dan struktur berlapis mulai banyak dikaji karena memiliki keunggulan dalam hal kemudahan manufaktur, fleksibilitas desain, dan biaya produksi yang lebih rendah. Saringan logam memiliki sifat penting untuk mudah dibentuk, memiliki kekuatan mekanik yang memadai, tahan terhadap temperatur kerja gas buang, dan memungkinkan pembentukan pori sebagai jalur penangkapan partikel jelaga, namun demikian, kinerja DPF tidak hanya ditentukan oleh bahan dan struktur internalnya, tetapi juga oleh parameter geometris dan kondisi operasional. Distribusi aliran gas, ukuran partikel, dan karakteristik deposisi jelaga sangat memengaruhi efisiensi filtrasi dan umur pakai filter. Studi terbaru menunjukkan bahwa distribusi partikel dalam kanal DPF sangat dipengaruhi oleh ukuran partikel dan pola aliran, yang pada akhirnya menentukan kinerja filtrasi dan regenerasi [4]. Selain hal tersebut,

peningkatan akumulasi jelaga juga menyebabkan kenaikan *pressure drop* yang dapat menurunkan kinerja mesin, sehingga desain DPF harus mempertimbangkan keseimbangan antara efisiensi filtrasi dan hambatan aliran.

Bao dkk. [4] menganalisis distribusi aliran dan pergerakan partikel dalam kanal DPF menggunakan pendekatan *computational fluid dynamics* (CFD), dan menunjukkan bahwa ukuran partikel sangat memengaruhi pola deposisi jelaga dalam filter. Ahmadbeigi dkk. [5] meneliti keandalan DPF berdasarkan data operasional kendaraan dan menemukan bahwa kegagalan filter sering disebabkan oleh faktor operasional dan kualitas bahan, yang menunjukkan pentingnya desain dan manufaktur yang baik. Wang dkk. [6] mengkaji distribusi aliran gas dan temperatur dalam DPF dan menyimpulkan bahwa ketidakteraturan aliran dapat menyebabkan kerusakan bahan filter akibat gradien temperatur yang tinggi. Selain hal tersebut, penelitian oleh Li dkk. [7] menunjukkan bahwa karakteristik fisik dan kimia jelaga dalam DPF berubah selama regenerasi, yang memengaruhi efisiensi filtrasi dan umur filter. Dari berbagai penelitian tersebut, terlihat bahwa sebagian besar kajian berfokus pada kinerja filtrasi, distribusi partikel, fenomena aliran, dan regenerasi DPF.

Meskipun penelitian mengenai DPF telah berkembang pesat, sebagian besar kajian masih berfokus pada aspek kinerja filtrasi, untuk efisiensi penangkapan partikel, distribusi aliran, dan karakteristik regenerasi. Studi terbaru menunjukkan bahwa optimasi desain DPF umumnya diarahkan pada peningkatan efisiensi filtrasi dan penurunan *pressure drop* melalui pendekatan numerik dan optimasi multi-parameter [8], [9]. Selain hal tersebut, penelitian lain juga menyoroti pentingnya karakteristik struktur pori dalam menentukan stabilitas termal dan daya tahan bahan DPF selama regenerasi [10], [11], namun sebagian besar penelitian tersebut belum secara mendalam membahas aspek desain yang terintegrasi dengan manufaktur, terutama dalam konteks desain sederhana berbasis *mesh* atau struktur non-keramik [12]. Studi mengenai rekonstruksi struktur mikro DPF menunjukkan bahwa kompleksitas internal filter sangat tinggi dan membutuhkan pendekatan pemodelan lanjutan untuk analisis kinerja yang mengindikasikan bahwa pendekatan desain yang terlalu kompleks justru sulit diimplementasikan dalam skala produksi nyata.

Kajian terkait siklus hidup dan manufaktur DPF menunjukkan bahwa tahap produksi memberikan kontribusi signifikan terhadap konsumsi sumber daya dan dampak lingkungan, sehingga efisiensi manufaktur menjadi faktor penting dalam pengembangan teknologi tersebut [13]. Meskipun demikian, hubungan antara desain geometris sederhana, pembuatan, waktu produksi, dan kapasitas produksi masih jarang dikaji secara sistematis dalam satu kerangka analisis. Oleh karenanya, terdapat celah penelitian yang jelas dalam pengembangan metode desain DPF yang tidak hanya mempertimbangkan kinerja teknis, tetapi juga aspek kemudahan produksi dan kapasitas manufaktur. Tujuan untuk memperoleh filter jelaga diesel berbentuk silindris berbasis *mesh* 18 dengan panjang 130 mm dan diameter 60 mm melalui pendekatan matematis. Penelitian tersebut tidak hanya berfokus pada desain geometris produk, tetapi juga pada identifikasi tahapan manufaktur dan perhitungan waktu produksi untuk menentukan kapasitas pembuatan. Analisis dilakukan dengan integrasi perhitungan dimensi produk, estimasi waktu setiap tahapan proses, dan perhitungan kapasitas produksi berdasarkan waktu total pembuatan.

2.0 METODOLOGI PENELITIAN

Pembuatan menggunakan pendekatan analitis berbasis desain teknik dan manufaktur untuk mengembangkan filter jelaga diesel berbentuk silindris berbasis *mesh*. Fokus penelitian tidak terletak pada pengujian kinerja filtrasi, melainkan pada desain produk dan analisis pembuatan (*manufacturability*) untuk memperoleh kapasitas produksi tertentu. DPF merupakan teknologi utama dalam pengendalian emisi partikulat pada mesin diesel dan telah menjadi standar dalam sistem *after-treatment* modern [14]. Seiring meningkatnya regulasi emisi, pengembangan desain DPF tidak hanya mempertimbangkan kinerja filtrasi, tetapi juga efisiensi produksi dan biaya manufaktur [1]. Oleh karenanya, integrasi aspek desain geometrik dan analisis produksi dalam satu kerangka metodologi yang juga sejalan dengan penelitian terbaru yang menekankan pentingnya integrasi desain dan manufaktur dalam pengembangan teknologi DPF untuk mencapai efisiensi sistem secara keseluruhan [15]. Integrasi desain dan manufaktur sejalan dengan pengembangan DPF berbasis *mesh* melalui analisis desain dan manufaktur untuk memperoleh kapasitas produksi dan biaya pembuatan yang terukur.

Desain filter keramik sebagaimana Tabel 1.

Tabel 1. Desain Filter Keramik

Parameter	Desain
Media utama	Keramik padat
Dimensi utama	400 mm × ϕ 120 mm
Jalur filtrasi	Dibentuk melalui pelubangan dengan laser
Diameter lubang	ϕ 0,50 mm
<i>Pitch</i> antar lubang	1,00 mm
Kapasitas produksi	0,03125 unit/jam

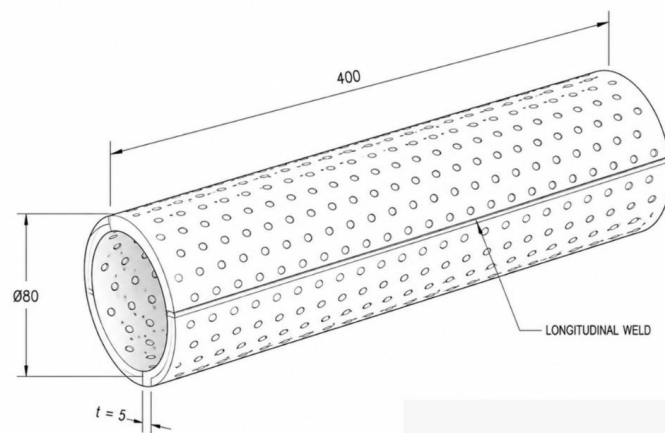
Desain DPF dilakukan dengan menetapkan dimensi utama berupa panjang 130 mm dan diameter 60 mm, dan menggunakan media filtrasi berbasis mesh 18. Bentuk filter dimodelkan sebagai silinder karena geometri tersebut umum digunakan dalam sistem DPF dan memberikan distribusi aliran yang relatif merata. Luas permukaan silinder dihitung dengan Rumus (1).

$$A = \pi DL \quad (1)$$

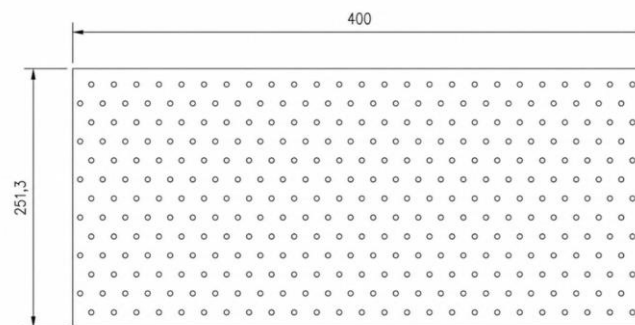
dengan: A : luas permukaan (m^2), D : diameter (m), dan L : panjang (m).

Parameter geometris penting dalam desain karena memengaruhi kebutuhan bahan, kemudahan fabrikasi, dan konfigurasi struktur internal filter. Penelitian terbaru menunjukkan bahwa desain geometri DPF, termasuk dimensi dan struktur internal, sangat memengaruhi karakteristik aliran dan distribusi partikel di dalam media filter [16]. Selain hal tersebut, struktur DPF didesain untuk memaksa gas buang melewati media berpori, sehingga partikel jelaga dapat tertangkap, yang menjadikan geometri sebagai faktor penting dalam desain sistem filtrasi [3]. Parameter geometri relevan, karena geometri DPF keramik yang didesain memengaruhi distribusi aliran gas dan penangkapan partikel jelaga di dalam filter.

Desain filter keramik penangkap jelaga gas buang diesel sebagaimana Gambar 1 yang dibuat dari pelat baja lembaran sebagaimana Gambar 2. Dengan pengerolan pelat baja menjadi lingkaran, kemudian dilakukan pengelasan hingga menjadi tabung silindris.



Gambar 1. Desain Selubung Filter Keramik Penangkap Jelaga Gas Buang Diesel



Gambar 2. Bahan Baku Pelat SS304 Tebal 5 mm untuk Selubung Filter Keramik

Pembuatan DPF dalam penelitian tersebut dibagi menjadi beberapa tahapan utama, yaitu: (1) pemotongan bahan; (2) pembentukan silinder; (3) pemasangan media mesh; (4) penyambungan (pengelasan); dan (5) *finishing*. Waktu total produksi dihitung sebagai penjumlahan waktu setiap tahapan proses, yang dinyatakan dengan Rumus (2).

$$t_{total} = \sum_{i=1}^n t_i \quad (2)$$

dengan: t_{total} = waktu total produksi (jam), dan t_i = waktu pada proses ke- i .

Dalam sistem produksi, waktu total sering dikoreksi dengan faktor kelonggaran (allowance) untuk memperhitungkan variabilitas kerja dan kondisi operasional yang umum digunakan dalam analisis sistem produksi modern untuk menentukan waktu baku dan efisiensi proses. Penelitian terkini juga menunjukkan bahwa analisis waktu produksi dan efisiensi proses merupakan faktor penting dalam pengembangan teknologi industri, termasuk pada sistem manufaktur

komponen otomotif [17]. Hal tersebut relevan, karena analisis waktu produksi digunakan sebagai dasar untuk menentukan kapasitas produksi dan efisiensi pembuatan DPF. Kapasitas produksi DPF dalam penelitian tersebut didefinisikan sebagai jumlah unit filter yang dapat diproduksi dalam satu satuan waktu. Kapasitas produksi dihitung berdasarkan waktu total yang diperlukan untuk memperoleh 1 unit produk yang secara matematis, kapasitas produksinya dihitung dengan Rumus (3).

$$K_p = \frac{Q_p}{t_{total}} \quad (3)$$

dengan: K_p : kapasitas produksi (unit/jam), Q_p : jumlah produk (unit), t_{total} : waktu total produksi (jam).

Jika satu unit DPF membutuhkan waktu produksi sebesar 32 jam, maka kapasitas produksi adalah:

$$K_p = \frac{1}{32} = 0,03125 \text{ unit/jam}$$

Nilai K_p menunjukkan bahwa sistem produksi hanya mampu menghasilkan satu unit setiap 32 jam kerja. Kapasitas produksi sangat dipengaruhi oleh efisiensi proses, urutan kerja, dan waktu siklus produksi. Dalam konteks industri modern, optimasi kapasitas produksi menjadi faktor penting dalam meningkatkan produktivitas dan efisiensi sistem manufaktur, terutama pada komponen otomotif untuk DPF yang membutuhkan presisi dan konsistensi tinggi [1].

Total waktu produksi dihitung dengan Rumus (4).

$$t_{total} = \sum t_i \quad (4)$$

3.0 HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan hasil desain, DPF yang dikembangkan dalam penelitian tersebut memiliki bentuk silindris dengan panjang 130 mm dan diameter luar 60 mm. Media filtrasi yang digunakan adalah mesh 18 yang disusun mengikuti bentuk silinder untuk memaksimalkan luas permukaan kontak dengan aliran gas buang. Pemilihan bentuk silindris didasarkan pada pertimbangan distribusi aliran yang lebih merata dan kemudahan dalam manufaktur dibandingkan dengan struktur yang lebih kompleks. Luas permukaan selimut silinder dihitung menggunakan persamaan:

$$\text{untuk: } D = 0,06 \text{ m dan } L = 0,13 \text{ m, diperoleh: } A = \pi \times 0,06 \times 0,13 = 0,0245 \text{ m}^2$$

Nilai luas permukaan tersebut menunjukkan bahwa desain filter memiliki area kontak yang cukup untuk filtrasi, sekaligus tetap mempertahankan bentuk sederhana yang mudah diproduksi yang mana ukuran tersebut juga memungkinkan penggunaan bahan secara efisien tanpa meningkatkan kompleksitas pembuatan.

Pembuatan DPF dilakukan melalui beberapa tahapan utama yang meliputi pemotongan bahan, pembentukan silinder, pemasangan mesh, penyambungan (pengelasan), dan finishing. Setiap tahapan memiliki waktu pengerjaan yang berbeda tergantung pada tingkat kesulitan dan kebutuhan presisi.

Berdasarkan estimasi waktu kerja, diperoleh waktu masing-masing proses sebagai berikut: desain geometris filter Keramik bentuk cincin $\phi 60\text{-}\phi 30 \times 130$ mm dengan luas permukaan $0,0245 \text{ m}^2$: 1,5 jam; penyiapan bahan selubung keramik, $\phi 60\text{-}\phi 30 \times 130$ mm: 1,5 jam; pelubangan dengan laser secara radial tegak lurus ke arah sumbu silindris filter pada tegangan 220 V dan arus 5A: 25,2 jam; pembersihan debu keramik dengan tekanan udara 6 Bar: 2 jam; uji coba penangkapan jelaga selama 1 jam opsional mesin diesel: 1,0 jam; dan pemeriksaan mutu-dimensi-standar filter keramik: 1,8 jam.

Total waktu produksi dihitung dengan Rumus (4).

$$t_{total} = \sum t_i$$

Sehingga: $t_{total} = 1,5 + 1,5 + 24,2 + 2,0 + 1,0 + 1,8 = 32 \text{ jam}$

Hasil tersebut menunjukkan bahwa keseluruhan pembuatan satu unit DPF membutuhkan waktu total sebesar 32 jam. Waktu terbesar terdapat pada pembentukan dan pengelasan, yang menunjukkan bahwa tahapan tersebut merupakan faktor dominan dalam menentukan lama produksi.

Kapasitas produksi DPF ditentukan berdasarkan waktu total pembuatan satu unit produk. Mengacu pada persamaan kapasitas produksi:

$$K_p = \frac{Q_p}{t_{total}}$$

dengan: Q_p : 1 unit, dan $t_{total} = 32 \text{ jam}$

maka diperoleh: $K_p = \frac{1}{32} = 0,03125$ unit/jam

Nilai tersebut menunjukkan bahwa dalam kondisi produksi yang diasumsikan, sistem hanya mampu menghasilkan satu unit DPF setiap 8 jam kerja. Dengan demikian, kapasitas produksi yang dihasilkan sesuai dengan target dalam penelitian, yaitu sebesar 0,125 unit/jam.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa kapasitas produksi DPF sangat dipengaruhi oleh waktu total manufaktur. Semakin besar durasi pembuatan 1 unit produk, maka kapasitas produksi semakin rendah. Dalam penelitian tersebut, waktu produksi sebesar 32 jam menghasilkan kapasitas sebesar 0,03125 unit/jam, yang menunjukkan bahwa proses masih tergolong manual dan belum dioptimalkan yang sejalan dengan prinsip dasar sistem manufaktur yang menyatakan bahwa kapasitas produksi berbanding terbalik dengan waktu siklus (*cycle time*), yang mana pengurangan waktu proses secara langsung meningkatkan *output* produksi [11]. Jika ditinjau dari distribusi waktu proses, tahap pembentukan silinder dan pengelasan merupakan tahapan yang paling memakan waktu. Hal tersebut menunjukkan bahwa kedua proses tersebut menjadi *bottleneck* dalam sistem produksi. Penelitian sebelumnya juga menunjukkan bahwa pembentukan dan pengelasan pada komponen berbasis logam memiliki kontribusi signifikan terhadap total waktu produksi dan efisiensi keseluruhan sistem manufaktur [18]. Oleh karenanya, efisiensi produksi dapat ditingkatkan melalui optimasi pada tahapan tersebut, misalnya dengan penerapan teknik fabrikasi yang lebih efisien atau penggunaan peralatan semi-otomatis. Pendekatan tersebut terbukti mampu menurunkan waktu produksi dan meningkatkan produktivitas dalam berbagai aplikasi manufaktur [19]. Efisiensi produksi relevan, karena peningkatan efisiensi pada tahapan *bottleneck* berpotensi menurunkan waktu produksi dan meningkatkan kapasitas pembuatan DPF.

Selain hal tersebut, desain geometris yang sederhana juga berkontribusi terhadap kemudahan manufaktur. Penggunaan bentuk silindris dan media *mesh* memungkinkan produksi dilakukan tanpa memerlukan teknologi kompleks, sehingga cocok untuk skala produksi kecil hingga menengah. Hal tersebut cocok dengan penekanan konsep desain produk yang harus mempertimbangkan kemudahan produksi, pengurangan jumlah komponen, dan efisiensi waktu manufaktur [20]. Penelitian lain juga menunjukkan bahwa desain sederhana dengan geometri dasar untuk silinder dapat mengurangi kompleksitas proses dan meningkatkan efisiensi produksi secara signifikan [21]. Desain geometris sederhana dapat menunjang kemudahan produksi, pengurangan jumlah komponen, dan efisiensi durasi manufakturnya.

Rincian biaya dan waktu yang dibutuhkan pada pembuatan filter keramik (Diesel Particulate Filter/DPF) diameter 120 panjang 400 mm, tebal 20mm dengan lubang laser ϕ 0,5 mm sebagaimana Tabel 2.

Tabel 2. Estimasi Biaya dan Waktu Filter Keramik (*Diesel Particulate Filter/DPF*) Diameter 120 Panjang 400 mm, Tebal 20mm dengan Lubang Laser ϕ 0,5 mm

No.	Tahapan Proses	Biaya Produksi (Rp)	Durasi Proses (Jam)
1	Desain filter keramik diameter 120x400x20mm dengan lubang laser ϕ 0.5 mm	150.000	1,5
2	Penyiapan bahan selubung keramik, ϕ 60- ϕ 30 x130 mm	350.000	1,5
3	Pelubangan keramik dengan laser ϕ 0,5 mm berjarak 1 mm antar sumbu lubangnya sejajar sumbu pipa setebal 20 mm ditambah 1 mm tebal pipa ϕ 80 mm pada tegangan 220 V dan arus 5A	825.000	24,2
4	Pembersihan debu/serpihan keramik pada semua lubang dengan tekanan udara 6 Bar dari dalam pipa ϕ 80 mm	80.000	2,0
5	Uji coba penangkapan jelaga selama 1 jam opsional mesin diesel	60.000	1,0
6	Pemeriksaan mutu dan dimensi produk	35.000	1,8
	Jumlah	1.500.000	32
	Pajak 10%	150.000	
	Laba 15%	225.000	
	Total/Harga jual/unit	1.875.000	

4.0 KESIMPULAN

Hasil pembuatan filter Keramik jelaga diesel (*diesel particulate filter/DPF*) dengan spesifikasi lubang 18 *mesh* berbentuk cincin 120- ϕ 80 x400 mm yang dipadang pada selubung silindris dari bahan SS304 tebal 5 mm dengan total biaya pembuatan Rp 1.500.000,-/unit, dan durasi pembuatan selama 32 jam/unit yang berkonsekwensi bahwa filter keramik tersebut perlu diganti setelah pemakaian 20.000 km.

Saran tindak lanjut atas simpulan adalah perlu evaluasi efisiensi filtrasi, akumulasi jelaga, *pressure drop*, dan umur pakai filter melalui pengujian operasional jangka panjang, sehingga proyeksi interval servis 20.000 km dapat divalidasi secara eksperimental.

5.0 DAFTAR PUSTAKA

- [1] Z. Bao, H. Chen, L. Geng, D. Qi, H. Wu, X. Yan, Z. Ji, P. Zhang, F. Sun, and W. Zhang, "Overview of technological development challenges of diesel particulate filters adapting to future emission regulations," *Chem. Eng. J.*, vol. 506, p. 159982, Jan. 2025, doi: 10.1016/j.cej.2025.159982.
- [2] X. Zhao *dkk.*, "A review on heat enhancement in thermal energy conversion and management using Field Synergy Principle," *Appl. Energy*, vol. 257, p. 113995, Jan. 2020, doi: 10.1016/j.apenergy.2019.113995.
- [3] X. Wang, Y. Deng, and Y. Liu, "Two-dimensional numerical studies of particle motion and deposition in the channel of diesel particulate filters," *R. Soc. Open Sci.*, vol. 8, no. 10, Oct. 2021, doi: 10.1098/rsos.211162.
- [4] G. Bao, C. He, T. Zi, J. Li, and X. Liu, "Analysis of gas flow and PM movement characteristics inside diesel particulate filter channel," *Process Saf. Environ. Prot.*, vol. 186, pp. 1134–1148, Jun. 2024, doi: 10.1016/j.psep.2024.04.054.
- [5] S. Ahmadbeigi, M. A. Ehteram, and A. Naeimi, "Weibull Analysis of DPF Failure Events and Reliability of Diesel Particulate Filters Utilizing After-Sales Maintenance Data," *Emiss. Control Sci. Technol.*, vol. 10, no. 2, pp. 175–186, Dec. 2024, doi: 10.1007/s40825-024-00246-3.
- [6] Z. Wang *dkk.*, "Experimental Study on Gas Flow Uniformity in a Diesel Particulate Filter Carrier," *Fluid Dyn. Mater. Process.*, vol. 20, no. 1, pp. 193–204, 2024, doi: 10.32604/fdmp.2023.030561.
- [7] Y. Luo *dkk.*, "Study on the Evolution of Physicochemical Properties of Carbon Black at Different Regeneration Stages of Diesel Particulate Filters Regenerated by Non-Thermal Plasma," *Processes*, vol. 12, no. 6, p. 1113, May 2024, doi: 10.3390/pr12061113.
- [8] M. Nian, R. Dong, W. Zhong, Y. Zhang, and D. Lou, "Multi-Objective Optimization Study on Capture Performance of Diesel Particulate Filter Based on the GRA-MLR-WOA Hybrid Method," *Sustainability*, vol. 17, no. 19, p. 8777, Sep. 2025, doi: 10.3390/su17198777.
- [9] Z. Meng, J. Zhang, Z. Bao, W. Wang, H. Deng, and Y. Hu, "Numerical simulation of diesel particulate filter performance optimization through pore structure analysis," *Process Saf. Environ. Prot.*, vol. 177, pp. 1072–1084, Sep. 2023, doi: 10.1016/j.psep.2023.07.041.
- [10] K. Lee, S. Kim, and K. C. Oh, "The Effect of Pore Structure on Thermal Characteristics of a Cordierite Diesel Particulate Filter for Heavy Duty Diesel Vehicle," *Int. J. Automot. Technol.*, vol. 22, no. 1, pp. 243–251, Feb. 2021, doi: 10.1007/s12239-021-0024-4.
- [11] L. Wu, J. Hong, Q. Zhang, B.-Y. Chen, J. Wang, and Z. Dong, "Deciphering highly resistant characteristics to different pHs of oxygen vacancy-rich Fe₂Co₁-LDH/PS system for bisphenol A degradation," *Chem. Eng. J.*, vol. 385, p. 123620, Apr. 2020, doi: 10.1016/j.cej.2019.123620.
- [12] Y. Xi, Y. Guo, M. Wang, J. Ge, Y. Liu, W. Niu, M. Chen, Y. Xue, D. D. Winston, W. Dai, B. Lei, and C. Lin, "Biomimetic bioactive multifunctional poly(citrate-siloxane)-based nanofibrous scaffolds enable efficient multidrug-resistant bacterial treatment/non-invasive tracking in vitro/in vivo," *Chem. Eng. J.*, vol. 383, p. 123078, Mar. 2020, doi: 10.1016/j.cej.2019.123078.
- [13] A. Yoshimura, K. Mori, V. Dan, T. Kanazawa, M. Yoshimoto, and Y. Matsuno, "Evaluation of the effect of remanufacturing diesel particulate filters to minimize environmental impacts," *Atmos. Environ. X*, vol. 22, p. 100269, Apr. 2024, doi: 10.1016/j.aeaoa.2024.100269.
- [14] Z. Zhang, R. Dong, G. Lan, T. Yuan, and D. Tan, "Diesel particulate filter regeneration mechanism of modern automobile engines and methods of reducing PM emissions: a review," *Environ. Sci. Pollut. Res.*, vol. 30, no. 14, pp. 39338–39376, Feb. 2023, doi: 10.1007/s11356-023-25579-4.
- [15] Y. Zhang, Y. Zhang, L. Fang, D. Lou, P. Tan, and Z. Hu, "A unified pore-scale multiphysics model for the integrated soot transport-deposition-oxidation in catalytic diesel particulate filters," *Phys. Fluids*, vol. 38, no. 3, Mar. 2026, doi: 10.1063/5.0321009.
- [16] X. Chen, Y. Zhang, H. Wang, J. Liu, Z. Li, and Y. Zhao, "Effect of non-thermal plasma injection flow rate on diesel particulate filter regeneration at room temperature," *Carbon Lett.*, vol. 34, no. 3, pp. 1075–1089, Apr. 2024, doi: 10.1007/s42823-023-00675-0.
- [17] X. Shi, D. Jiang, Q. Wang, and Y. Liang, "Impact Factors Analysis of Diesel Particulate Filter Regeneration Performance Based on Model and Test," *Processes*, vol. 9, no. 10, p. 1748, Sep. 2021, doi: 10.3390/pr9101748.
- [18] W. Yin, C. Duan, Y. Li, and K. Miao, "Modelling of tool flank-workpiece interface friction considering temperature gradient and particle property for cutting SiCp/Al composites," *J. Mater. Process. Technol.*, vol. 298, p. 117302, Dec. 2021, doi: 10.1016/j.jmatprotec.2021.117302.
- [19] R. Kumar, A. Saxena, A. Nayyar, and M. Bilal, "Live Life Cycle Assessment Implementation using Cyber Physical Production System Framework for 3D Printed Products," *Procedia CIRP*, vol. 105, pp. 284–289, 2022, doi: 10.1016/j.procir.2022.02.047.
- [20] S. Hou, J. Gao, and C. Wang, "Design for mass customisation, design for manufacturing, and design for supply chain: A review of the literature," *IET Collab. Intell. Manuf.*, vol. 4, no. 1, pp. 1–16, Mar. 2022, doi: 10.1049/cim2.12041.
- [21] T. A. Sulaymon, H. T. Petri, and T. Rayko, "Towards a complex geometry manufacturing: A case study on metal 3D printing of topology optimised bicycle parts with lattices," *IFAC-PapersOnLine*, vol. 55, no. 10, pp. 1515–1520, 2022, doi: 10.1016/j.ifacol.2022.09.605.