



Studi eksperimental tentang pengaruh *diesel particulate filter* terhadap reduksi tingkat kebisingan mesin diesel empat langkah

Experimental study on the effect of diesel particulate filter to noise level reduction of four-stroke diesel engine

Warju^{*1}, S.R. Ariyanto², Soeryanto¹

¹Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya, Jl. Ketintang, Kota Surabaya, Jawa Timur, 60231, Indonesia. +6281330670825

²Program Studi Pendidikan Vokasional Teknologi Otomotif, STKIP PGRI Tulungagung, Jl. Mayor Sujadi No.7, Kabupaten Tulungagung, Jawa Timur 66229. +6285707100057

*E-mail: warju@unesa.ac.id

ARTICLE INFO

ABSTRACT

Article History:

Received 22 November 2019

Accepted 13 July 2020

Available online 1 October 2020

Keywords:

Diesel particulate filter

Noise level reduction

Cuprum

Glass wool

Diesel engine



The purpose of this research is to produce DPF technology made from copper plates and glass wool that can reduce the noise level of four-stroke diesel engine vehicles. This research is an experimental research where the object of research is Isuzu Panther 1996. The research instruments used include the chassis dynamometer, sound level meter (SLM), and manometer. The data analysis technique used descriptive method and compared with the noise threshold in Minister of Environment Regulation No. 07 of 2009. The results showed that DPF Cu and 100 gr glass wool was able to reduce noise level by an average of 3.1% to 6.5%. At an engine speed of 3750 rpm, DPF Cu 20 mm, DPF Cu 15 mm, and DPF Cu 10 mm and 100 gr glass wool, each produced noise level of 101.5 dBA, 98.4 dBA, and 97.8 dBA.

Dinamika Teknik Mesin, Vol. 10, No. 2 Oktober 2020, p. ISSN: 2088-088X, e. ISSN: 2502-1729

1. PENDAHULUAN

Di Indonesia, jumlah kendaraan bermotor terus meningkat secara signifikan. Hal ini tentunya disebabkan oleh kenyataan yang menunjukkan bahwa memiliki kendaraan pribadi lebih memudahkan masyarakat dalam melaksanakan kegiatan sehari-hari. Dengan demikian tentu ada konsekuensi yang mengikutinya. Beberapa konsekuensi yang harus diterima oleh sebagian besar masyarakat adalah timbulnya berbagai polusi baik udara, air, tanah, dan kebisingan. Timbulnya berbagai polusi tersebut tentunya bukan kabar yang menggembirakan bagi manusia, karena ketika kita membahas tentang polusi pasti akan berkaitan dengan adanya dampak negatif baik terhadap kesehatan manusia maupun lingkungan.

Pada dasarnya pembahasan terkait dengan penanganan polusi udara telah dibahas hingga tingkat PBB. Penanganan polusi udara menjadi bagian dari tujuan global ke-13 *the seventeen*

sustainable development goals (SDGs) yang dimulai pada tahun 2016-2030, dimana tujuan ke-13 mengharuskan setiap anggota negara PBB segera melakukan aksi nyata untuk mengatasi terjadinya perubahan iklim beserta dampaknya (UNESCO-UNEVOC, 2015; United Nations, 2017). Salah satu kegiatan yang harus dilakukan adalah melakukan usaha strategis untuk mengurangi terjadinya berbagai macam polusi khususnya polusi udara dan polusi suara yang berkaitan dengan tingkat kebisingan. Adanya kebisingan yang dihasilkan oleh kendaraan bermotor tentunya dapat menimbulkan beberapa dampak negatif, baik bagi kesehatan manusia maupun terhadap kondisi lingkungan (Nisa dan Warju, 2019). Beberapa dampak negatif bagi manusia seperti meningkatkan risiko penyakit jantung, *stroke*, gangguan konsentrasi, gangguan tidur, gangguan komunikasi, tuli sementara, hingga tuli permanen (Basner dkk., 2014; Brown, 2015; Singh dkk., 2018). Sedangkan, bagi lingkungan seperti meningkatkan risiko gangguan terhadap kehidupan satwa liar yang menggunakan suara untuk mencari makan, berkomunikasi, dan berkembang biak. Apabila kondisi tersebut terus berlangsung, maka berpotensi menurunkan jumlah populasi satwa liar bahkan beberapa spesies akan (Acevedo-Whitehouse dan Duffus, 2009; Taylor-Brown dkk., 2019). Selain itu, kebisingan juga mempengaruhi interaksi ditingkat masyarakat dan ekosistem seperti proses penyerbukan dan penyebaran benih yang dilakukan oleh satwa lainnya (Dutta, 2017).

Terdapat banyak sumber kebisingan, namun kebisingan yang dihasilkan oleh kendaraan bermotor umumnya lebih tinggi bila dibandingkan dengan sumber kebisingan lainnya. Secara umum, ada dua sumber kebisingan pada kendaraan bermotor yakni kebisingan yang bersumber dari knalpot dan gesekan yang terjadi diantara komponen-komponen dalam mesin (Tambe dkk., 2016; Yao, Xiang dkk., 2017). Dari kedua sumber tersebut, kebisingan tertinggi ditimbulkan oleh suara knalpot dimana fungsi knalpot sebenarnya digunakan untuk meredam suara bising hasil proses pembakaran dalam mesin (Fang dkk., 2009; Shinde dkk., 2017). Semua kendaraan yang menggunakan mesin pembakaran dalam pasti menghasilkan suara yang bising. Namun, kebisingan yang dihasilkan berbeda-beda, bergantung pada kapasitas mesin, jenis bahan bakar, dan siklus pembakaran (dua langkah atau empat langkah). Selain itu, kebisingan juga ditentukan dari jenis pembakaran yang terjadi di dalam mesin, yakni penyalaan kompresi atau penyalaan cetus api (Kalghatgi & Johansson, 2018). Penyalaan kompresi identik dengan kendaraan bermesin diesel, sedangkan penyalaan cetus api identik dengan kendaraan bermesin bensin (Heywood, 1988). Apabila kedua kendaraan tersebut dibandingkan, maka kebisingan tertinggi tentunya dihasilkan oleh mesin diesel dimana tingkat kebisingan yang dihasilkan mampu mencapai lebih dari 90 dBA (Hossain dkk., 2017).

Sejalan dengan beberapa dampak negatif yang timbul akibat kebisingan, maka sudah jelas setiap negara wajib menerapkan peraturan ketat untuk membatasi kebisingan kendaraan bermotor. Khusus di Indonesia, pemerintah melalui Kementerian Lingkungan Hidup telah menerbitkan Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 7 tahun 2009 tentang Ambang Batas Kebisingan Kendaraan Bermotor Tipe Baru, dimana kebisingan yang diizinkan untuk mobil kategori M1 (< 9 orang) adalah 90 dBA (tahap pertama) dan 87 dBA (tahap kedua). Bukti keseriusan tersebut juga didukung oleh Undang-undang No. 22 Tahun 2009 tentang Lalu Lintas dan Angkutan Jalan (LLAJ) yang mengatur ancaman sanksi bagi pelanggar kebisingan, khususnya terkait kebisingan knalpot kendaraan bermotor baik sanksi penjara maupun denda.

Berbagai teknologi telah dikembangkan secara masif untuk mereduksi kebisingan kendaraan. Salah satu teknologi yang dikembangkan untuk kendaraan bermesin diesel adalah *Diesel Particulate Filter* (DPF) (Ghufron dan Warju, 2019). DPF merupakan teknologi penjebak partikulat debu halus atau *particulate matter* (PM_{2.5} dan PM₁₀) yang keluar dari ujung knalpot kendaraan bermesin diesel (Ariyanto dan Warju, 2016; Warju, 2013). Selain itu penerapan teknologi ini pada kendaraan bermesin diesel juga berpengaruh terhadap reduksi kebisingan yang dihasilkan. Ariyanto dan Warju (2014) melalui hasil penelitiannya menemukan bahwa dengan menggunakan *Diesel Particulate Trap* (DPT) Fe+Cr dan *glass wool* pada mesin diesel Isuzu C190 terbukti mampu menurunkan kebisingan rata-rata sebesar 1,7% bila dibandingkan dengan knalpot standar. Fayyad (2015) melalui hasil penelitiannya menemukan bahwa dari dua tipe DPF yang diteliti, DPF tipe EX80: 200/14 adalah tipe terbaik dalam mereduksi kebisingan, sedangkan tipe RC: 200/20 kurang efisien saat digunakan dalam mereduksi kebisingan.

Sementara itu, Hou dkk., (2017) menjelaskan bahwa penggunaan DPF sangat efektif dalam menurunkan kebisingan mesin diesel. Pada rentang frekuensi tertentu bahkan kebisingan puncak mampu berkurang. Kemudian Muliatna dkk., (2018) menjelaskan bahwa dengan menggunakan DPT berbahan kuningan dan *glass wool* pada mesin Isuzu C190, kebisingan yang dihasilkan oleh mesin diesel mampu tereduksi rata-rata sebesar 0,7% hingga 4%. Merujuk dari beberapa permasalahan dan hasil penelitian terdahulu, penulis tertarik untuk mengembangkan DPF dengan desain sarang lebah logam (*metallic honeycomb*) berbahan tembaga (Cu) dengan variasi ukuran *mesh* sebesar 20 mm, 15

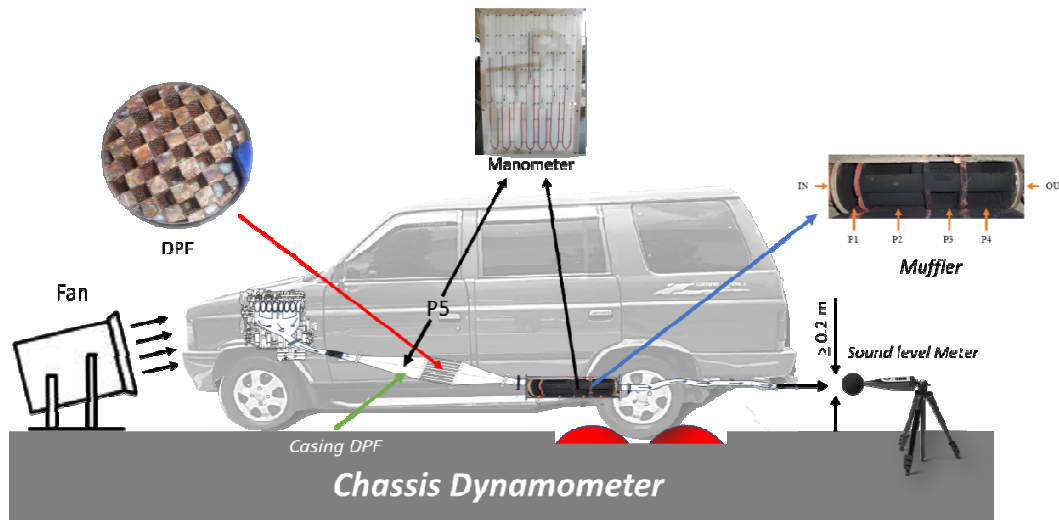
mm, dan 10 mm. Selain itu, DPF jenis ini juga memanfaatkan material *glass wool* sebanyak 100 gr untuk memaksimalkan proses penyaringan debu partikulat dan reduksi kebisingan sebagaimana yang ditunjukkan Gambar 1. Dengan demikian tujuan penelitian ini adalah untuk menghasilkan teknologi DPF dengan desain sarang lebah logam yang mampu mereduksi kebisingan kendaraan bermesin diesel secara maksimal, sehingga suara yang dikeluarkan menuju lingkungan menjadi lebih halus apabila dibandingkan dengan knalpot standar.



Gambar 1. Pemasangan *glass wool* pada DPF

2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini adalah penelitian eksperimen dimana objek penelitian yang digunakan adalah Isuzu Panther tahun 1996. Spesifikasi dari objek penelitian yang digunakan meliputi: (1) kapasitas ruang bakar sebesar 2300 cc; (2) kode mesin yaitu C223; (3) jumlah silinder sebanyak 4 buah; (4) bahan bakar yang digunakan adalah solar; dan (5) daya maksimum yang dihasilkan sebesar 60 HP/4300 rpm (Isuzu Motors Limited, 1996). Skema Instrumen dan Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Instrumen dan peralatan penelitian

Adapun spesifikasi instrumen yang digunakan dalam penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Spesifikasi instrumen dan peralatan penelitian	
Nama	Spesifikasi
<i>Chassis Dynamometer</i>	Dynostar RC3300
<i>Sound Level Meter (SLM)</i>	4 in 1 Muti-Function Environment Meter
<i>Fan</i>	Krisbow KW06-291
<i>Manometer</i>	Krisbow EF – 50S, fan speed 1200 rpm Selang “u shape”

Untuk mendapatkan data penelitian yang akurat, pengujian kebisingan dilakukan berdasarkan standar ISO/FDIS 5130:2006 (E). SLM dipasang pada jarak 0,5 m + 0,1 m dari titik sumbu pipa knalpot dengan membentuk sudut $45^\circ + 5^\circ$ dan tinggi SLM tidak kurang dari 0,2 m dari permukaan tanah. Metode pengujian dilakukan pada kondisi transmisi netral dan kopling tidak bekerja. *Throttle* dibuka sebesar setengah dari putaran maksimum mesin (3750 rpm). Sedangkan untuk mendapatkan data kebisingan disetiap putaran mesin, maka pengujian kebisingan dilakukan dengan kecepatan berubah (*variable speed*) dengan *throttle* terbuka sebagian (*part-load throttle valve*). Pengujian dilakukan minimal 3 kali untuk mendapatkan data yang valid dan reliabel.



Gambar 3. Proses pengujian tingkat kebisingan

Setelah proses pengujian selesai (gGambar 3), perolehan data penelitian dimasukkan ke dalam tabel dan ditampilkan dalam bentuk grafik hubungan. Selanjutnya data dianalisis menggunakan metode deskriptif kuantitatif dan dibandingkan dengan ambang batas kebisingan kendaraan bermotor yang telah ditetapkan oleh pemerintah. Ambang batas tersebut dapat dilihat pada Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 07 tahun 2009 tentang Ambang Batas Kebisingan Kendaraan Bermotor Tipe Baru. Dengan demikian dapat diketahui apakah penggunaan DPF mampu menurunkan kebisingan Isuzu Panther tahun 1996 bila dibandingkan dengan penggunaan knalpot standar. Selain itu, juga dapat diketahui apakah dengan menggunakan DPF kebisingan yang dihasilkan telah memenuhi standar ambang batas kebisingan.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Hasil

Tabel 2. Data hasil pengujian tingkat kebisingan

Putaran Mesin (Rpm)	Knalpot Standar (dBA)	DPF Cu	DPF Cu	DPF Cu
		20 mm + 100 gr <i>glass wool</i> (dBA)	15 mm + 100 gr <i>glass wool</i> (dBA)	10 mm + 100 gr <i>glass wool</i> (dBA)
750	80,0	73,2	70,6	67,7
1250	83,6	81,8	81,2	79,2
1750	90,1	86,0	84,7	83,8
2250	92,4	89,5	89,2	88,2
2750	94,0	93,3	90,8	88,9
3250	97,5	95,8	94,6	94,0
3750	102,4	101,5	98,4	97,8

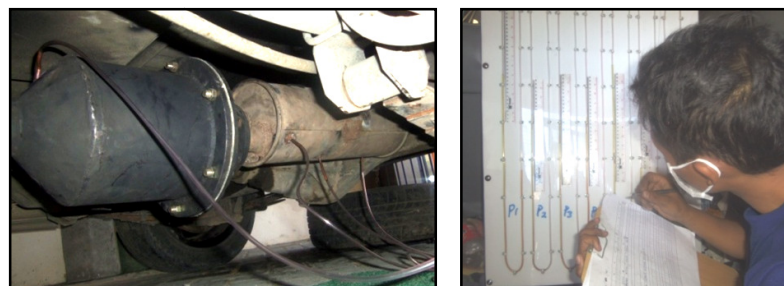
Tabel 3. Data hasil pengujian tekanan balik pada DPT Cu (P5)

Putaran Mesin (Rpm)	Knalpot Standar (kPa)	DPF Cu	DPF Cu	DPF Cu
		20 mm + 100 gr <i>glass wool</i> (kPa)	15 mm + 100 gr <i>glass wool</i> (kPa)	10 mm + 100 gr <i>glass wool</i> (kPa)
750	2,41	2,53	2,77	2,89
1250	6,39	7,11	7,47	8,92
1750	9,16	10,49	11,81	13,98
2250	14,83	15,91	17,00	19,29
2750	20,13	21,94	23,87	27,12
3250	26,52	28,21	31,46	34,47

Tabel 4. Data hasil pengujian tekanan balik pada *muffler*

Putaran Mesin (Rpm)	Tekanan Balik (kPa)	Knalpot Standar (kPa)	DPF Cu 20 mm + 100 gr <i>glass wool</i> (kPa)	DPF Cu 15 mm + 100 gr <i>glass wool</i> (kPa)	DPF Cu 10 mm + 100 gr <i>glass wool</i> (kPa)
750	P1	1,00	1,31	1,85	1,93
	P2	1,81	2,05	2,29	3,01
	P3	1,21	2,41	2,17	2,05
	P4	1,81	2,29	2,65	3,01
1250	P1	3,38	3,13	2,89	2,53
	P2	4,82	5,18	5,42	6,39
	P3	2,89	3,50	3,62	5,91
	P4	1,93	3,01	5,06	5,54
1750	P1	2,53	2,89	3,13	3,38
	P2	6,75	7,11	7,84	7,96
	P3	5,54	5,67	6,03	8,08
	P4	4,10	7,23	9,04	11,69
2250	P1	6,15	6,63	8,44	9,45
	P2	9,16	11,45	13,26	13,62
	P3	8,08	8,80	11,45	13,86
	P4	6,39	11,69	12,66	13,98
2750	P1	9,76	10,57	11,93	12,05
	P2	16,88	18,08	18,68	19,29
	P3	13,26	15,07	19,65	20,01
	P4	15,67	17,12	18,08	20,49
3250	P1	11,57	12,05	13,86	15,67
	P2	25,31	26,52	27,12	27,72
	P3	20,01	22,30	22,90	28,09
	P4	19,89	21,70	24,47	29,65

Pada pengujian tekanan balik P1 hingga P4 terletak pada setiap ruang atau sekat yang ada pada *muffler* sebagaimana yang ditunjukkan Gambar 2 dan Gambar 7. Sedangkan, untuk pengujian tekanan balik P5 terletak pada *taper inlet casing DPF* sebagaimana yang ditunjukkan Gambar 2. Kemudian, disetiap lokasi pengukuran diletakkan masing-masing satu selang "u shape" manometer sebagaimana yang ditunjukkan Gambar 4.



Gambar 4. Proses pengambilan data tekanan balik

3.1 Pembahasan

Data hasil pengujian tingkat kebisingan knalpot standar, knalpot eksperimen DPF Cu 20 mm, 15 mm, dan 10 mm dan 100 gr *glass wool* pada mesin Isuzu Panther tahun 1996 dapat dilihat pada Tabel 2. Sedangkan tabel persentase reduksi tingkat kebisingan dapat dilihat pada Tabel 5 berikut ini.

Tabel 5. Persentase reduksi tingkat kebisingan

Putaran	Persentase Reduksi (%)
---------	------------------------

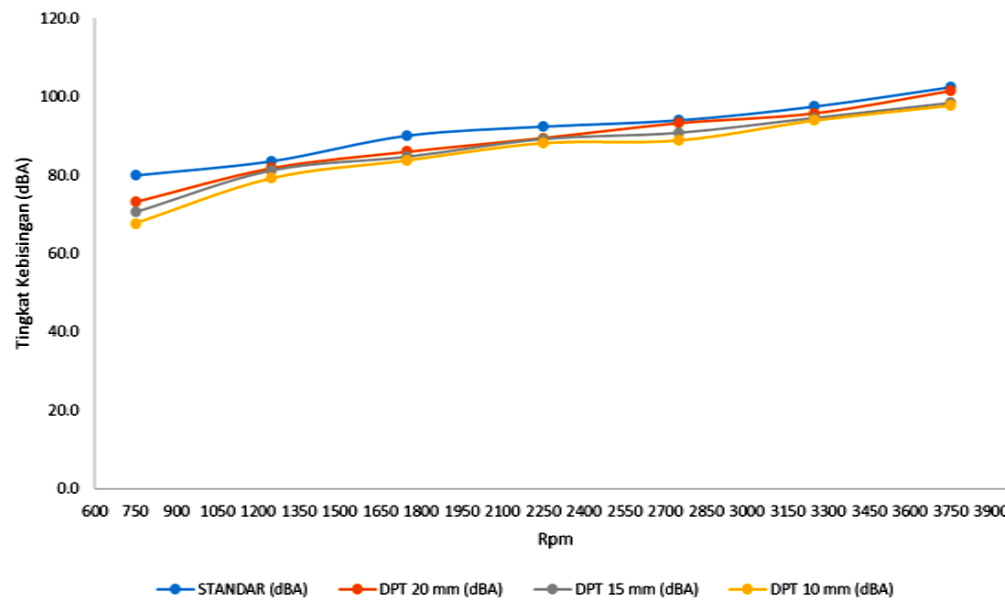
Mesin (Rpm)	DPF Cu	DPF Cu	DPF Cu
	20 mm + 100 gr <i>glass wool</i> (dBA)	15 mm + 100 gr <i>glass wool</i> (dBA)	10 mm + 100 gr <i>glass wool</i> (dBA)
750	8,5%	11,8%	15,4%
1250	2,2%	2,9%	5,3%
1750	4,6%	6,0%	7,0%
2250	3,1%	3,5%	4,5%
2750	0,7%	3,4%	5,4%
3250	1,7%	3,0%	3,6%
3750	0,9%	3,9%	4,5%
Reduksi rata-rata	3,1%	4,9%	6,5%

Secara umum, penggunaan DPF Cu dan 100 gr *glass wool* dapat menurunkan tingkat kebisingan pada mesin Isuzu Panther tahun 1996. Hal ini dapat dilihat pada Tabel 2 dan Tabel 5. DPF Cu 20 mm + 100 gr *glass wool* dapat mereduksi tingkat kebisingan dengan persentase reduksi rata-rata sebesar 3,1%. DPF Cu 15 mm + 100 gr *glass wool* dapat mereduksi tingkat kebisingan dengan persentase reduksi rata-rata sebesar 4,9%. Sedangkan reduksi tingkat kebisingan terbaik terjadi pada DPF Cu 10 mm + 100 gr *glass wool* dengan persentase reduksi rata-rata sebesar 6,5%. Hasil tersebut lebih baik jika dibandingkan dengan hasil penelitian Ariyanto dan Warju (2014) yang menggunakan DPT berbahan *stainless steel* dan *glaswool* pada mesin Isuzu C190, dimana hasil reduksi kebisingan rata-rata hanya sebesar 1,7% hingga 5%. Penelitian ini juga lebih baik jika dibandingkan dengan hasil penelitian Muliatna dkk., (2018) yang menggunakan DPT berbahan kuningan dan *glaswool* pada mesin Isuzu C190, dimana hasil reduksi tingkat kebisingan rata-rata hanya sebesar 0,7% hingga 4%.

Pada penelitian lain, Hou dkk., (2017) menyebutkan bahwa penggunaan DPF mampu mendukung efek penurunan kebisingan bahkan pada frekuensi tertentu kebisingan mampu berkurang antara 2-3 dBA. Hasil-hasil penelitian tersebut sejalan dengan pendapat Madhusmita (2009) yang menjelaskan bahwa adanya pori-pori yang menyebar pada seluruh bagian DPF memiliki dampak positif terhadap proses peredaman suara atau kebisingan sebelum keluar menuju atmosfer. Dalam penelitian ini, pori-pori terdapat pada material *glass wool* yang sengaja dimasukkan secara merata di sisi pemasukan DPF Cu. Kemudian Fayyad (2013) juga menyatakan bahwa selain untuk mengurangi emisi partikulat, penggunaan DPF dapat mendukung pengurangan kebisingan yang dihasilkan oleh kendaraan bermesin diesel. Berdasarkan data pada Tabel 4 apabila ditampilkan dalam bentuk grafik hubungan antara tingkat kebisingan dengan putaran mesin (rpm), seperti terlihat pada Gambar 5.

Berdasarkan Gambar 5 di atas, menunjukkan bahwa semakin tinggi putaran mesin, semakin cepat gerakan piston, tekanan gas buang semakin tinggi, akibatnya gas buang yang masuk ke dalam knalpot mengeluarkan suara yang semakin bising. Akan tetapi dengan menggunakan DPF Cu + 100 gr *glass wool*, tingkat kebisingan kendaraan akan dapat tereduksi. Alasannya, pada DPF Cu terdapat material *glass wool*, dimana material *glass wool* tersebut dapat meredam kebisingan yang timbul dari tekanan gas buang yang tinggi tersebut. Dari Tabel 3 dan Tabel 4 di atas, apabila ditampilkan dalam bentuk grafik hubungan antara putaran mesin (rpm) dengan tekanan balik (P) pada DPT Cu dan *muffler*, maka akan terlihat sesuai pada Gambar 6 dan untuk posisi sekat (*baffle*) pada *muffler* mesin Isuzu Panther tahun 1996 dapat dilihat pada Gambar 7.

Berdasarkan Gambar 6 di atas dapat dilihat bahwa dengan menggunakan DPF Cu + 100 gr *glass wool* tekanan balik yang ada pada *muffler* cenderung meningkat. Peningkatan terjadi secara signifikan bila dibandingkan dengan tekanan pada *muffler* tanpa DPF Cu (knalpot standar). Jadi dapat ditarik kesimpulan bahwa penyebab meningkat dan turunnya kebisingan sangat tergantung oleh putaran mesin. Dengan menggunakan DPF Cu + 100 gr *glass wool*, terjadi *double* proses reduksi kebisingan. Ariyanto dan Warju (2014) dalam penelitiannya menunjukkan bahwa proses reduksi pertama terjadi di dalam DPF Cu yang dilengkapi oleh material *glass wool*. Pada tahap ini proses reduksi terjadi dikarenakan adanya sekat-sekat (*baffle*) di dalam *muffler*, sehingga suara bising yang keluar pada ujung knalpot akan semakin berkurang. Selanjutnya, hal mendasar yang menjadi pertanyaan adalah apakah penggunaan DPF Cu + 100 gr *glass wool* pada mesin Isuzu Panther tahun 1996 telah memenuhi ambang batas kebisingan.



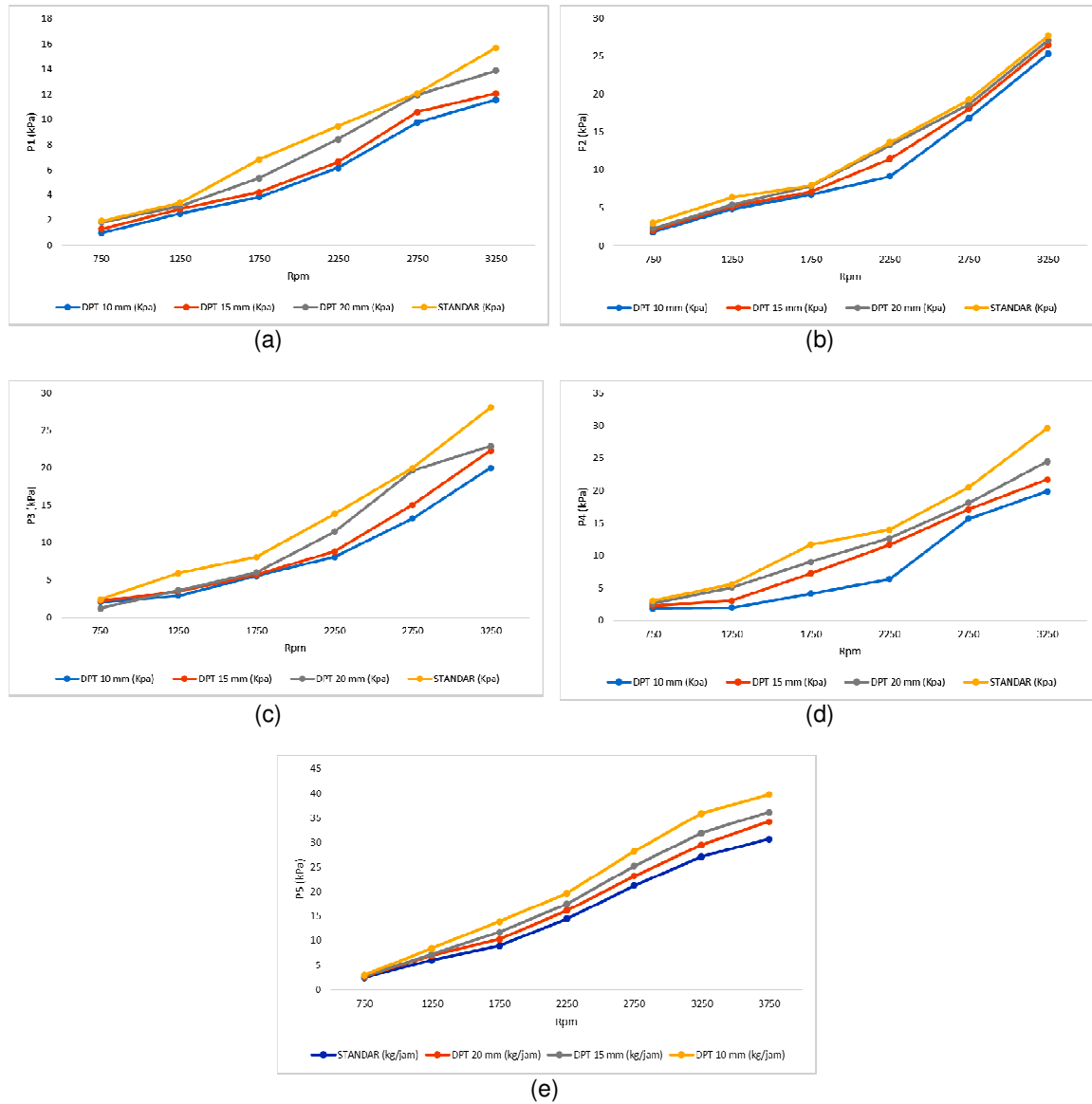
Gambar 5. Hubungan putaran mesin dengan tingkat kebisingan (dBA)

Dalam menjawab pertanyaan tersebut, tentunya terlebih dahulu kita harus melakukan perbandingan antara hasil knalpot eksperimen dengan Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 07 tahun 2009 tentang Ambang Batas Kebisingan Kendaraan Bermotor Tipe Baru. Perbandingan dilakukan untuk mobil penumpang dengan kategori M1 (< 9 orang). Pengujian dilakukan pada putaran mesin 3750 rpm. Hasil perbandingan dapat dilihat pada tabel berikut.

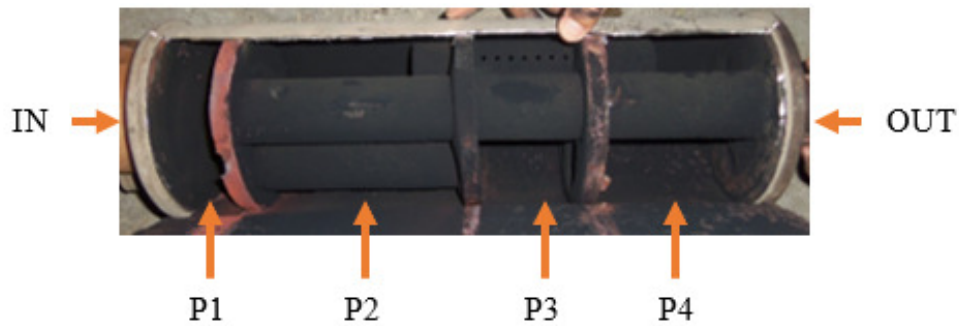
Tabel 6. Perbandingan hasil uji kebisingan kendaraan bermotor

Tipe Knalpot	Standar Kebisingan (dBA)	Hasil Pengujian Kebisingan (dBA)	Keterangan
Standar	87	102,4	Tidak Lulus Uji Kebisingan
DPF Cu 20 mm + 100 gr <i>glass wool</i>	87	101,5	Tidak Lulus Uji Kebisingan
DPF Cu 15 mm + 100 gr <i>glass wool</i>	87	98,4	Tidak Lulus Uji Kebisingan
DPF Cu 10 mm + 100 gr <i>glass wool</i>	87	97,8	Tidak Lulus Uji Kebisingan

Berdasarkan data pada Tabel 6, diketahui bahwa penggunaan DPF Cu + 100 gr *glass wool* mampu menghasilkan suara atau kebisingan yang lebih rendah jika dibandingkan dengan knalpot standar. Namun sayangnya bila dibandingkan dengan Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 07 tahun 2009, kebisingan yang dihasilkan oleh setiap variasi DPF Cu + 100 gr *glass wool* cenderung masih di atas ambang batas kebisingan yang diijinkan. Ambang batas kebisingan yang ditetapkan oleh pemerintah yakni pada putaran mesin 3750 rpm, kebisingan maksimum yang diijinkan adalah 87 dBA. Sementara itu pada putaran mesin 3750 rpm, DPF Cu 20 mm, DPF Cu 15 mm, dan DPF Cu 10 mm + 100 gr *glass wool* masing-masing menghasilkan kebisingan sebesar 101,5 dBA, 98,4 dBA, 97,8 dBA. Dengan demikian dapat dinyatakan bahwa penggunaan DPF Cu + 100 gr *glass wool* belum memenuhi ambang batas kebisingan yang telah ditetapkan. Dapat disimpulkan bahwa penggunaan knalpot standar dan knalpot eksperimen berteknologi DPF Cu + 100 gr *glass wool* pada mesin Isuzu Panther tahun 1996 masuk dalam kategori "Tidak Lulus Uji Kebisingan".



Gambar 6. Hubungan putaran mesin dengan tekanan balik: (a) P1, (b) P2, (c) P3, (d) P4, dan (e) P5



Gambar 7. Sekat (*baffle*) pada muffler mesin Isuzu Panther

4. KESIMPULAN

Berdasarkan data hasil pengujian, analisa dan pembahasan yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa DPF Cu 20 mm, 15 mm, dan 10 mm + 100 gr *glass wool* dapat mereduksi kebisingan mesin Isuzu Panther tahun 1996 rata-rata sebesar 3,1 – 6,5 % jika dibandingkan dengan penggunaan knalpot standar. DPF Cu 20 mm + 100 gr *glass wool* dapat mereduksi kebisingan dengan persentase rata-rata sebesar 3,1% dengan nilai kebisingan sebesar 101,5 dBA pada putaran mesin 3750 rpm. DPF Cu 15 mm + 100 gr *glass wool* dapat mereduksi kebisingan dengan persentase rata-rata sebesar 4,9% dengan nilai kebisingan sebesar 98,4 dBA pada putaran mesin 3750 rpm. Sedangkan DPF Cu 10 mm + 100 gr *glass wool* dapat mereduksi kebisingan dengan persentase rata-rata sebesar 6,5% dengan nilai kebisingan sebesar 97,8 dBA pada putaran mesin 3750 rpm. Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa penggunaan DPF Cu + 100 gr *glass wool* belum memenuhi ambang batas yang diijinkan sehingga DPF Cu + 100 gr *glass wool* masuk dalam kategori “ Tidak Lulus Uji Kebisingan”.

UCAPAN TERIMAKASIH

Terimakasih penulis sampaikan kepada semua pihak yang turut membantu baik berupa tenaga maupun pemikiran sehingga penelitian ini dapat diselesaikan. Selain itu, penulis juga mengucapkan terima kasih kepada Jurusan Teknik Mesin dan Laboratorium Pengujian Performa Mesin yang telah memberikan dukungan dan fasilitas selama proses penelitian berlangsung.

DAFTAR PUSTAKA

- Acevedo-Whitehouse K., Duffus A.L.J., 2009, Effects of environmental change on wildlife health, *Philosophical Transactions of the Royal Society of London, Series B, Biological Sciences*, 364(1534), 3429–3438.
- Ariyanto S.R., Warju, 2014, Rancang bangun diesel particulate trap (dpt) untuk mereduksi opasitas, konsumsi bahan bakar, dan tingkat kebisingan Mesin Isuzu C190, *Jurnal Rekayasa Mesin*, 01(03), 19–28.
- Ariyanto S.R., Warju, 2016, Unjuk kemampuan diesel particulate trap berbahan tembaga dan glasswool terhadap reduksi opasitas gas buang, *Jurnal Otopro*, 11, 187–195.
- Basner M., Babisch W., Davis A., Brink M., Clark C., Janssen S., Stansfeld S., 2014, Auditory and non-auditory effects of noise on health, *Lancet (London, England)*, 383(9925), 1325–1332.
- Brown A.L., 2015, Effects of road traffic noise on health: from burden of disease to effectiveness of interventions, *Procedia Environmental Sciences*, 30, 3–9.
- Dutta H., 2017, Insights into the impacts of four current environmental problems on flying birds, *Energy, Ecology and Environment*, 2(5), 329–349.
- Fang J.H., Zhou Y.Q., Hu X.D., Wang L., 2009, Measurement and analysis of exhaust noise from muffler on an excavator, *International Journal of Precision Engineering and Manufacturing*, 10(5), 59–66.
- Fayyad S.M., 2013, Automobile noise control: circuit and system, *International Journal of Modeling and Optimization*, 436–439.
- Fayyad S.M., 2015, Reducing noise and emissions of automobiles using diesel particulate filters, *The 14th International Conference on Environmental Science and Technology*, (September), 3–5.
- Ghufron M.R., Warju, 2019, Pengaruh variasi ukuran wiremesh stainless steel pada diesel particulate trap terhadap opasitas gas buang mesin isuzu panther tahun 2005, *Jurnal Teknik Mesin*, 7(3), 85–91.
- Heywood J.B., 1988, *Internal combustion engine fundamentals*, In McGrawHill (Internatio).
- Hossain M.A., Rahman F., Mamun M., Naznin S., Rashid A.B., 2017, Comparative analysis of emission characteristics and noise test of an I.C. engine using different biodiesel blends, *AIP Conference Proceedings* 1919, 020010.
- Hou X., Du S., Liu Z., Guo J., Li Z., 2017, A transfer matrix approach for structural–acoustic correspondence analysis of diesel particulate filter, *Advances in Mechanical Engineering*, 9(9), 168781401772249.
- Kalghatgi G., Johansson B., 2018, Gasoline compression ignition approach to efficient, clean and affordable future engines, *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part D: Journal of Automobile Engineering*, 232(1), 118–138.
- Madhusmita, 2009, Numerical and analytical study of exhaust gases flow in porous media with applications to diesel particulate filters, *American Journal of Engineering and Applied Sciences*, 2(1), 70–75.
- Muliatna I.M., Wijanarko D.V., Warju, 2018a, Kemampuan teknologi diesel particulate trap (DPT)

- berbahan dasar kuningan dan glasswool terhadap reduksi kebisingan mesin diesel isuzu C190, Seminar Nasional Hasil Penelitian Dan Pengabdian Kepada Masyarakat (PPM) 2018, 669–679. Surabaya: LPPM - Universitas Negeri Surabaya.
- Nisa I.F., Warju, 2019, Pengaruh variasi bentuk exhaust manifold pada diesel particulate trap berbahan dasar kuningan dan wire mesh stainless steel terhadap performa mesin diesel 4 langkah, *Jurnal Teknik Mesin*, 7(3), 65–72.
- Shinde P.V., Gavali P.M., Barawade R.A., Mohite Y.B., Shinde P.B., 2017, A review on muffler design for exhaust noise attenuation, *International Journal of Engineering and Technology*, 9(3S), 428–431.
- Singh D., Kumari N., Sharma P., 2018, A review of adverse effects of road traffic noise on human health, *Fluctuation and Noise Letters*, 17(01), 1830001.
- Tambe M.P., Sanadi S., Gongale C., Patil S., Nikam S., Professor A., 2016, Analysis of exhaust system-'semi active muffler', *International Journal of Innovative Research in Science Monthly Peer Reviewed Journal*, 5(2), 1366–1376.
- Taylor-Brown A., Booth R., Gillett A., Mealy E., Ogbourne S.M., Polkinghorne A., Conroy, G.C., 2019, The impact of human activities on Australian wildlife, *PLOS ONE*, 14(1), e0206958.
- Warju, 2013, *Teknologi reduksi emisi gas buang kendaraan bermotor (pertama)*, Surabaya: Unesa University Press.
- Yao J., Xiang Y., Qian S., Wang S., 2017, Radiation noise separation of internal combustion engine based on gammatone-robustica method, *Shock and vibration*, 1–14.