

RANCANG BANGUN *DIESEL PARTICULATE TRAP* (DPT) UNTUK MEREDUKSI OPASITAS, KONSUMSI BAHAN BAKAR, DAN TINGKAT KEBISINGAN MESIN ISUZU C190

Sudirman Rizki Ariyanto

D3 Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya

Email : dirboy001@gmail.com

Warju

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya

Email : warju_mesin@gmail.com

ABSTRAK

Perkembangan teknologi mesin diesel saat ini semakin pesat, maka jumlah kendaraan bermotor di Indonesia juga semakin meningkat. Hal inilah yang menimbulkan dampak negatif terhadap kesehatan manusia dan lingkungan. Emisi gas buang pada kendaraan mesin diesel diantaranya adalah emisi partikulat (PM_{10}), CO, HC, NO_x , dan SO_x . Emisi mesin diesel yang umumnya diketahui adalah PM. PM merupakan senyawa berukuran mulai dari 100 mikron hingga kurang dari 0,01 mikron. Dampak yang ditimbulkan bila terhirup pada manusia adalah PM dapat mengendap dalam sel paru-paru dan menimbulkan flek (warna) hitam pada paru-paru. Tujuan penelitian ini adalah untuk mereduksi opasitas gas buang mesin Isuzu C190 dengan menggunakan *diesel particulate trap* (DPT) berbahan *stainless steel* tipe 304 dan *glasswool*.

Jenis penelitian ini adalah penelitian eksperimen. Obyek penelitian adalah *diesel engine Isuzu C190*. Standar pengujian opasitas gas buang mesin diesel berdasarkan SNI 19-17118.2-2005 yang berpedoman pada SAE-JI667, pengukuran tingkat kebisingan berdasarkan standar ISO/FDIS 5130:2006 (E), dan pengukuran konsumsi bahan bakar berdasarkan standar SNI 7554:2010. Analisis data menggunakan metode deskriptif. Peralatan dan instrumen penelitian yang digunakan adalah *smoke opacity meter*, *sound level meter*, *fuel meter*, *manometer*, *thermocouple*, *stopwatch*, *digital tachometer*, dan *blower*.

Hasil pengujian menunjukkan bahwa penggunaan DPT Fe+Cr dengan desain *metallic honeycomb* dapat mereduksi opasitas, tingkat kebisingan, dan konsumsi bahan bakar. Hal ini ditunjukkan dengan tereduksinya opasitas gas buang, tingkat kebisingan, dan konsumsi bahan bakar *diesel engine Isuzu C190*. Dengan menggunakan DPT Fe+Cr 20 mm menghasilkan opasitas sebesar 22,8 %HSU (*hartridge smoke unit*). Persentase reduksi opasitas gas buang sebesar 70%. Opasitas ini lebih kecil dibandingkan dengan knalpot standar yang menghasilkan opasitas sebesar 75,5 %HSU. Pada DPT Fe+Cr 15 mm menghasilkan opasitas sebesar 13,8 %HSU. Persentase reduksi opasitas gas buang sebesar 82%. Pada DPT Fe+Cr 10 mm terjadi reduksi opasitas secara signifikan dengan nilai opasitas sebesar 8,7 %HSU. Persentase reduksi opasitas gas buang sebesar 89%. DPT Fe+Cr 20 mm dapat mereduksi konsumsi bahan bakar dengan persentase reduksi rata-rata 3,1%. DPT Fe+Cr 15 mm dapat mereduksi konsumsi bahan bakar dengan persentase reduksi rata-rata 4,8%, dan reduksi bahan bakar terbaik ada pada DPT Fe+Cr 10 mm dengan persentase reduksi rata-rata 7,9%. DPT Fe+Cr 20 mm dapat mereduksi tingkat kebisingan dengan persentase reduksi rata-rata 1,7%. DPT Fe+Cr 15 mm dapat mereduksi tingkat kebisingan dengan persentase reduksi rata-rata 3,5%, dan reduksi tingkat kebisingan terbaik ada pada DPT Fe+Cr 10 mm dengan persentase reduksi rata-rata 5%.

Kata Kunci: *Diesel particulate trap*, *stainless steel*, *glasswool*, *diesel engine Isuzu C190*

ABSTRACT

The development of diesel engine technology is now rapidly increasing, the number of motor vehicles in Indonesia is also increasing. This has a negative impact on human health and the environment. Vehicle exhaust emissions in diesel engines include particulate emissions (PM_{10}), CO, HC, NO_x , and SO_x . Emission diesel engines that are generally known is PM. PM is sized compounds ranging from 100 microns to less than 0.01 microns. Impact caused by inhalation in humans is PM can settle in lung cells and cause spots (color) black lung. The purpose of this research is to reduce the opacity of Isuzu C190 engine exhaust gases using a diesel particulate trap (DPT) made from stainless steel type 304 and glasswool.

This research is an experimental study. Object of research is Isuzu C190 diesel engine. Standard testing of diesel engine exhaust gas opacity based SNI 19-17118.2-2005 are based on the SAE-JI667, measurement noise level standards based on ISO / FDIS 5130: 2006 (E), and measurement of fuel consumption based on ISO standard 7554: 2010. Analysis of data using descriptive methods. Equipment and instruments used is smoke opacity meter, sound level meter, fuel meter, manometer, thermocouple, stopwatch, digital tachometer, and a blower.

The test results showed that the use of DPT Fe + Cr with metallic honeycomb design can reduce the opacity, noise levels and fuel consumption. This is shown by its reduced opacity of exhaust gases, noise level and fuel consumption Isuzu C190 diesel engine. By using DPT Fe + Cr 20 mm yield of 22.8% opacity HSU (hartridge smoke unit). Percentage reduction of exhaust gas opacity by 70%. This opacity is smaller than the standard exhaust which resulted in 75.5% opacity at HSU. In DPT Fe + Cr 15 mm produce opacity of 13.8% HSU. Percentage reduction of exhaust gas opacity by 82%. In DPT Fe + Cr 10 mm occurred significantly reducing opacity with the opacity value of 8.7% HSU. Percentage reduction of exhaust gas opacity by 89%. DPT Fe + Cr 20 mm can reduce fuel consumption by an average percentage reduction of 3.1%. DPT Fe + Cr 15 mm can reduce fuel consumption by an average percentage reduction of 4.8%, and the best fuel reduction is in DPT Fe + Cr 10 mm with an average percentage reduction of 7.9%. DPT Fe + Cr 20 mm can reduce the level of noise reduction with an average percentage of 1.7%. DPT Fe + Cr 15 mm can reduce noise levels by an average percentage reduction of 3.5%, and the best noise reduction level is in DPT Fe + Cr 10 mm with an average percentage reduction of 5%.

Keywords: Diesel particulate trap, stainless steel, glasswool, Isuzu C190 diesel engine

PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi motor diesel saat ini semakin pesat karena didukung tingkat kemajuan teknologi dan kualitas sumber daya manusia yang semakin meningkat. Pengguna kendaraan bermesin diesel semakin meluas karena pemakaian serta harga solar yang lebih efisien dan lebih murah apabila dibandingkan dengan motor bensin. Namun, pada proses pembakaran motor diesel selalu menghasilkan gas buang yang merupakan gas sisa pembakaran atau emisi, besarnya emisi dalam bentuk opasitas (ketebalan asap) tergantung pada banyaknya bahan bakar yang disemprotkan (dikabutkan) ke dalam silinder, karena pada motor diesel yang dikompresikan adalah udara murni

Di bawah ini adalah data jumlah kendaraan bermotor menurut jenis tahun 2003-2012.

Tabel 1.

Jumlah Kendaraan Bermotor Menurut Jenis Tahun 2003 s.d. 2012

Tahun	Mobil Penumpang	Bis	Truk	Sepeda Motor	Jumlah
2003	3.792.510	798.079	2.047.022	19.976.376	26.613.987
2004	4.231.901	933.251	2.315.781	23.061.021	30.541.954
2005	5.076.230	1.110.255	2.875.116	28.531.831	37.623.432
2006	6.035.291	1.350.047	3.398.956	32.528.758	43.313.052
2007	6.877.229	1.736.087	4.234.236	41.955.128	54.802.680
2008	7.489.852	2.059.187	4.452.343	47.683.681	61.685.063
2009	7.910.407	2.160.937	4.452.343	52.767.093	67.336.644
2010	8.891.041	2.250.109	4.687.789	61.078.188	76.907.127
2011	9.548.866	2.254.406	4.958.738	68.839.341	85.601.351
2012	10.273.821	2.273.821	5.283.821	76.381.183	94.373.324

Sumber: Badan Pusat Statistik 1999.

Sesuai dengan data dengan kurun waktu 10 tahun terakhir sejak tahun 2003 – 2012, jumlah kendaraan bermotor di Indonesia semakin bertambah banyak. Semakin meningkatnya jumlah kendaraan bermotor di Indonesia, maka akan semakin meningkat pula polusi udara yang ditimbulkan. Hal ini lah yang menimbulkan dampak negatif terhadap kesehatan manusia dan lingkungan.

Emisi gas buang pada kendaraan mesin diesel memiliki senyawa berbahaya. Diantaranya adalah emisi partikulat PM, CO, HC, NO_x, dan SO_x. Emisi mesin diesel yang umumnya diketahui adalah PM. PM berukuran mulai dari 100 mikron hingga kurang dari 0,01 mikron. PM merupakan senyawa yang berbahaya bagi kesehatan. Dampak yang ditimbulkan bila terhirup pada manusia adalah dapat mengendap dalam sel paru-paru

sehingga fungsinya terganggu dan menimbulkan flek (warna) hitam pada paru-paru (Sukoco & Zainal., A 2013:162), Dengan adanya dampak yang ditimbulkan oleh PM maka perlu adanya teknologi yang dapat memfilter partikel berbahaya tersebut sebelum keluar dari knalpot yang disebut *diesel particulate trap* (DPT).

DPT dipasang pada saluran gas buang (knalpot). Dengan adanya DPT ini diharapkan emisi yang keluar akan jauh lebih rendah, lebih bersih, serta dapat mengurangi kepekatan asap gas buang yang keluar ke udara luar/lingkungan sekitar.

Di dalam DPT terjadi suatu proses penyaringan PM. Dalam proses penyaringan, partikel tersebut disaring oleh material *glasswool* sehingga partikel tersebut terjebak pada material *glasswool* dan emisi yang keluar dari knalpot akan jauh lebih bersih.

Berdasarkan penelitian Samudra (2009), DPT berbahan tembaga yang dibuat menjadi bentuk *metallic honeycomb* (sarang lebah) masih belum dapat menurunkan kepekatan asap (opasitas) gas buang mesin Isuzu Panther tahun 2000 secara signifikan. DPT dengan ukuran sisi kotak 30 mm menghasilkan tingkat opasitas gas buang sebesar 89,1%, sehingga hanya terjadi penurunan opasitas gas buang sebesar 3,5%. DPT dengan ukuran sisi kotak 40 mm menghasilkan tingkat opasitas 87,5%, sehingga hanya terjadi penurunan opasitas gas buang sebesar 5,3%. Sedangkan DPT dengan ukuran sisi kotak DPT 50 mm menghasilkan tingkat opasitas gas buang 87,8%, sehingga hanya terjadi penurunan opasitas gas buang sebesar 4,9% jika dibandingkan dengan dengan knalpot standar tanpa DPT. Padahal secara teori, DPT harus mampu mereduksi opasitas hingga mencapai 70%. Kelemahan dari penelitian tersebut adalah DPT yang dibuat masih terlalu lebar ukuran sisi kotaknya sehingga banyak PM yang tidak tersaring, sehingga opasitas gas buang yang dihasilkan masih cukup besar.

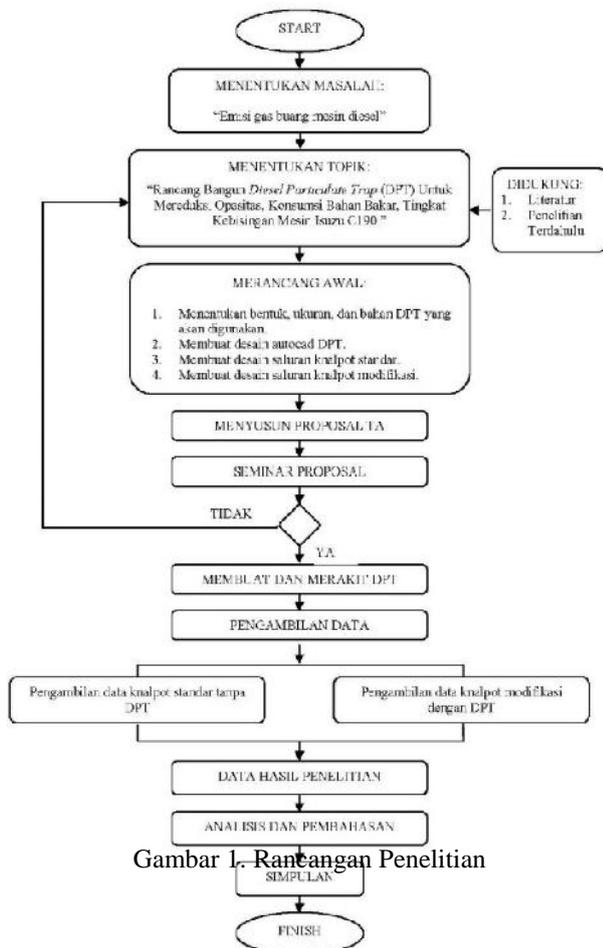
Berdasarkan hasil penelitian tersebut, peneliti ingin melakukan penelitian yang sejenis dengan menggunakan bahan *stainless steel* sebagai *diesel particulate trap* (DPT) dengan variasi ukuran sisi kotak yang lebih rapat. *Stainless steel* sebagai bahan DPT akan dibuat sama, yaitu menjadi bentuk *metallic honeycomb* (sarang lebah). Dalam penelitian ini, penulis akan menggunakan *diesel engine stand* Isuzu C190 sebagai objek penelitian.

Rancang Bangun Diesel Particulate Trap (DPT) Untuk Mereduksi Opasitas, Konsumsi Bahan Bakar, dan Tingkat Kebisingan Mesin Isuzu C190

DPT ini bertujuan untuk mereduksi opasitas/kepekatan asap kendaraan transportasi bermesin diesel dan hasilnya diharapkan lebih baik dan maksimal daripada penelitian sebelumnya. Jika penelitian terdahulu menggunakan bentuk *metallic honeycomb* (sarang lebah) dengan bahan tembaga dengan ukuran sisi kotak 30 mm, 40 mm, dan 50 mm, maka penulis akan menggunakan bentuk *metallic honeycomb* (sarang lebah) dengan bahan *stainless steel* dengan ukuran sisi kotak 10 mm, 15 mm, dan 20 mm. Harapannya gas buang dapat disaring secara optimal sehingga dapat mereduksi opasitas secara signifikan.

Manfaat DPT ini adalah agar ditemukan desain DPT yang mampu mereduksi/menurunkan tingkat opasitas/kepekatan asap gas buang mesin *diesel engine stand* Isuzu C190 secara signifikan.

METODE Rancangan Penelitian



Gambar 1. Rancangan Penelitian

Desain Penelitian Perancangan Knalpot Standar, Diesel Particulate Trap (DPT), dan Knalpot Modifikasi

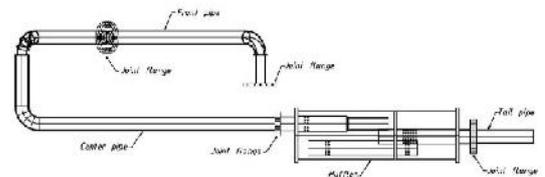
- Rancangan knalpot standar mesin Isuzu C190
Pengukuran dimensi knalpot standar *diesel engine stand* Isuzu C190 dilakukan secara detail

setiap bagian knalpot tersebut sehingga ukurannya dapat diketahui.

Knalpot standar *diesel engine stand* Isuzu C190 dapat dilihat pada Gambar 2 di bawah ini.

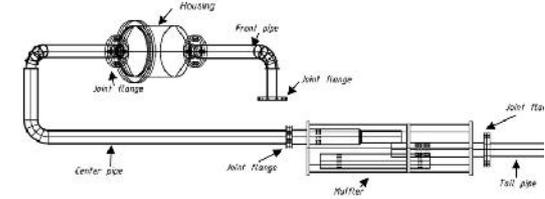


Gambar 2. Knalpot standar *diesel engine stand* Isuzu 190



Gambar 3. Dimensi knalpot standar *diesel engine stand* Isuzu 190

Knalpot modifikasi *diesel engine stand* Isuzu C190 dapat dilihat pada Gambar 5 di bawah ini.



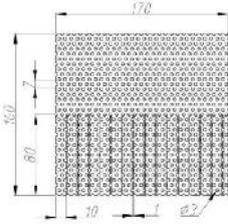
Gambar 4. Dimensi knalpot modifikasi *diesel engine stand* Isuzu 190

- Rancangan DPT berbahan *stainless steel* dan *glasswool*

Langkah pembuatan DPT berbahan *stainless steel* dan *glasswool* yaitu plat *stainless steel* dengan ukuran panjang 2400 mm, lebar 1200 mm, dan tebal 0,8 mm dipotong menjadi ukuran panjang 170 mm x lebar 160 mm. Supaya kokoh dan bentuknya tidak berubah, maka perakitan dilakukan dengan cara menggerinda hingga setengah plat tersebut sesuai dengan ukuran yang diinginkan dan dilas titik pada penutup DPT agar kuat, kemudian di dalamnya diberi *glasswool*. DPT dipasang 313 mm dari *exhaust manifold diesel engine stand* Isuzu C190 agar mencapai temperatur $\geq 300^{\circ}\text{C}$. Hal itu disebabkan karena bahan DPT berupa plat *stainless steel* (Fe + Cr) merupakan salah satu logam katalis, dimana katalis bekerja pada temperatur tersebut. Selain itu, pemasangan DPT dengan jarak 313 mm dari *exhaust manifold* bertujuan untuk membakar partikulat (*trap oxidizer*).

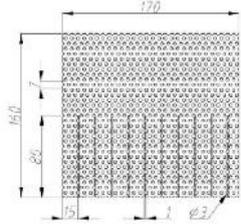
Berdasarkan sumber-sumber dan perhitungan yang telah dilakukan oleh penulis tentang desain dan rancangan DPT, maka penulis membuat rancangan DPT sebagai berikut:

- Variasi 1: DPT Fe+Cr 10 mm



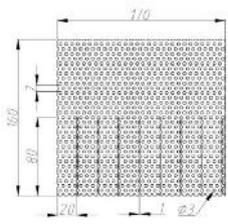
Gambar 5. Dimensi plat *stainless steel* 10 mm yang sudah dipotong

- Variasi 2: DPT Fe+Cr 15 mm



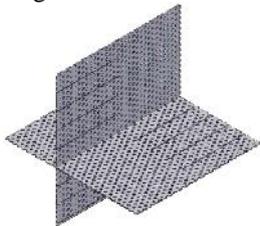
Gambar 6. Dimensi plat *stainless steel* 15 mm yang sudah dipotong

- Variasi 3: DPT Fe+Cr 20 mm

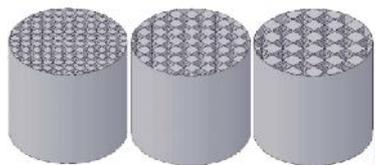


Gambar 7. Dimensi plat *stainless steel* 20 mm yang sudah dipotong

Untuk lebih jelasnya proses perakitan plat *stainless steel* sebagai DPT dapat dilihat pada Gambar 8 rancangan DPT di bawah ini.



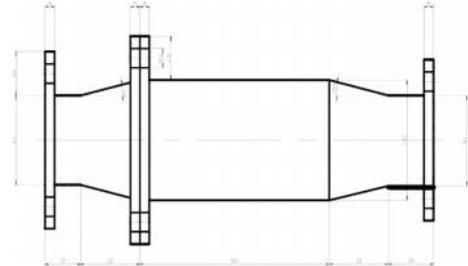
Gambar 8. Rancangan perakitan DPT



Gambar 9. Rancangan DPT

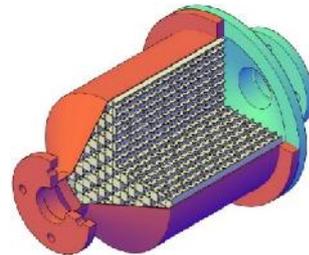
- Rancangan knalpot modifikasi mesin Isuzu C190
Perancangan dimensi knalpot modifikasi *diesel engine stand* Isuzu C190 dilakukan dengan mengukur dimensi DPT dan menentukan posisi *housing* DPT yang diinginkan.

Gambar rancangan *housing* DPT *diesel engine stand* Isuzu C190 dapat dilihat pada Gambar 11 di bawah ini.



Gambar 10. Rancangan *housing* DPT

Rancangan DPT dengan model *metallic honeycomb* atau bentuk sarang lebah dapat dilihat pada Gambar 11 di bawah ini.



Gambar 11. Potongan DPT berbahan *stainless steel* dan *glasswool* di dalam *housing*

Front pipe modifikasi *diesel engine stand* Isuzu C190 dapat dilihat pada Gambar 12 di bawah ini.

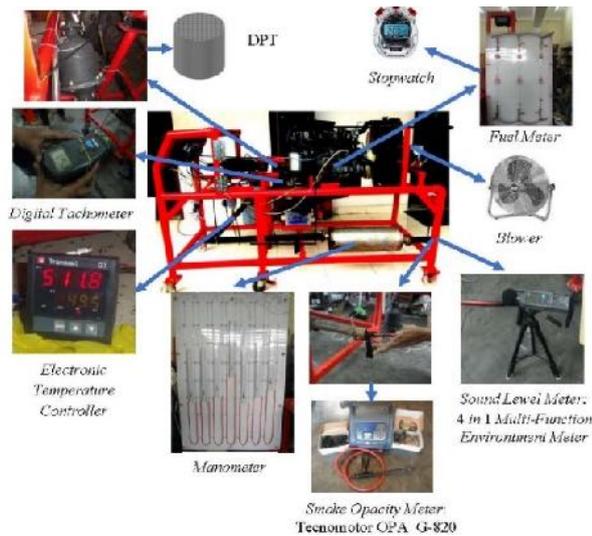


Gambar 12. *Front pipe* modifikasi *diesel engine stand* Isuzu C190

Peralatan dan Instrumen Penelitian

Instrumen penelitian adalah alat ukur dan alat uji yang digunakan untuk mendapat data penelitian. Skema instrumen penelitian dapat dilihat pada Gambar 13 berikut ini.

Rancang Bangun Diesel Particulate Trap (DPT) Untuk Mereduksi Opasitas, Konsumsi Bahan Bakar, dan Tingkat Kebisingan Mesin Isuzu C190



Gambar 13. Skema instrumen penelitian

Metode Pengujian

Untuk mendapatkan data penelitian yang akurat, maka pengujian opasitas gas buang kendaraan bermesin diesel dilakukan berdasarkan standar SNI 19-17118.2-2005, yaitu dengan putaran mesin diakselerasi tanpa beban (*free running acceleration*) sesuai SAE-J1667 (*snap acceleration test procedure*), dengan menggunakan alat ukur yang disebut *smoke opacity meter*. Data hasil pengujian opasitas akan ditampilkan dalam bentuk diagram batang.

Pengukuran konsumsi bahan bakar dilakukan berdasarkan standar SNI 7554:2010. digunakan metode pengujian kecepatan berubah dengan katup *throttle* terbuka penuh. Adapun grafik yang akan dibuat adalah grafik hubungan antara konsumsi bahan bakar dengan putaran mesin dan hubungan tingkat kebisingan dengan putaran mesin.

Pengukuran tingkat kebisingan dilakukan berdasarkan standar ISO/FDIS 5130:2006 (E). Metode pengujian ini dilakukan dengan transmisi pada kondisi netral dan tidak kopling bekerja. *Throttle* dibuka sebesar setengah dari putaran mesin maksimum. Untuk mendapatkan data penelitian di tiap kecepatan, pengujian dapat dilakukan dengan kecepatan berubah (*variable speed*) dengan *throttle* terbuka sebagian (*part-load throttle valve*).

Prosedur pengujian

- Persiapan Pengujian Opasitas Gas buang.
 - Menyiapkan *diesel engine stand* Isuzu C190 yang akan diuji opasitasnya.
 - Menempatkan *diesel engine stand* Isuzu C190 pada posisi yang datar.
 - Memeriksa pipa gas buang (knalpot) tidak bocor.
 - Memastikan temperatur oli mesin normal 60°C sampai dengan 70°C sesuai dengan rekomendasi.
 - Menyiapkan alat ukur tambahan seperti *digital tachometer*, dan *stopwatch*.
- Menggunakan alat yang disebut *smoke opacity meter* yang memenuhi standar ISO/DIS-11614E Doc.1996 pasal 94.
- Memastikan bahwa alat uji dalam kondisi terkalibrasi
- Alat uji harus mampu mengukur konsentrasi opasitas pada putaran diakselerasi tanpa beban (*free running acceleration*).
- Menghidupkan alat uji sesuai dengan prosedur pengoperasian.
- Pelaksanaan Pengujian Opasitas Gas buang.
 - Menyiapkan kendaraan uji dan alat uji sesuai dengan langkah persiapan.
 - Menghidupkan mesin dan *blower*.
 - Memastikan kendaraan bekerja pada temperatur kerja ($\geq 60^{\circ}\text{C}$).
 - Menaikkan putaran mesin hingga 2.900 rpm sampai 3.100 rpm kemudian tahan selama 60 detik dan selanjutnya kembalikan pada kondisi *idle*.
 - Memasukkan *probe* alat uji ke pipa gas buang sedalam 30 cm, bila kurang dari 30 cm maka pasang pipa tambahan.
 - Menginjak pedal gas maksimum (*full throttle*) secepatnya hingga mencapai putaran mesin maksimum, selanjutnya tahan 1 hingga 4 detik. Lepas pedal gas dan tunggu hingga putaran mesin kembali stasioner. Mencetak print atau mencatat nilai opasitas asap.
 - Mengulangi proses diatas minima tiga kali.
 - Mencetak (*print*) data hasil pengujian atau catat nilai persentase rata-rata opasitas asap dalam satuan persen (%) yang terukur pada alat uji.
- Pengujian Konsumsi Bahan Bakar.
 - Menghidupkan mesin dan *blower*.
 - Memasukkan bahan bakar pada gelas ukur.
 - Mengatur bukaan katup gas sesuai dengan putaran mesin yang diinginkan.
 - Mencatat data hasil pengukuran waktu konsumsi bahan bakar (detik).
- Pelaksanaan Pengujian Tingkat Kebisingan.
 - Transmisi dalam keadaan netral.
 - SLM dipasang pada jarak $0,5\text{ m} \pm 0,1\text{ m}$ dari titik sumbu pipa knalpot dengan membentuk sudut $45^{\circ} \pm 5^{\circ}$ dan tinggi SLM tidak kurang dari 0,2 m dari permukaan tanah.
 - *Throttle* dibuka sebesar 3750 rpm.
 - Untuk mendapatkan data penelitian di tiap putaran, pengujian dapat dilakukan dengan mengukur kecepatan secara bertahap di tiap putaran mesin, tidak melebihi batas toleransi yang diberikan.
 - Pengujian harus diulang sampai 3 kali pengukuran berturut-turut.
 - Mencatat data hasil pengujian.
- Akhir Pengujian.
 - Putaran mesin diturunkan perlahan sampai putaran *idle*.
 - Untuk sesaat mesin dibiarkan pada putaran *idle*.

- Mesin dimatikan.
- *Blower* dimatikan.
- Instrument pengujian dimatikan.

Teknik Analisa

Teknik analisis data menggunakan metode deskriptif, yaitu dengan mendeskripsikan atau mengGambarkan secara sistematis, faktual, dan akurat mengenai fakta yang diperoleh setelah melakukan pengujian (Nazir, 2005:54). Data hasil penelitian yang diperoleh dimasukkan dalam Tabel dan ditampilkan dalam bentuk diagram batang untuk opasitas, grafik hubungan putaran mesin (rpm) vs Tingkat kebisingan (dBA), dan grafik hubungan putaran mesin (rpm) vs konsumsi bahan bakar (liter/jam).

Langkah selanjutnya dideskripsikan dengan kalimat sederhana sehingga mudah dipahami sebagai upaya mendapatkan jawaban dari permasalahan yang diteliti. Hal ini dilaksanakan untuk memberikan Gambaran terhadap fenomena yang terjadi setelah diadakan penambahan *diesel particulate trap* pada saluran gas buang (knalpot) *diesel engine stand* Isuzu C190.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Pengujian

Pengujian opasitas gas buang, tingkat kebisingan, konsumsi bahan bakar, temperatur knalpot, tekanan balik pada DPT berbahan *stainless steel* (Fe+Cr), dan tekanan knalpot pada *diesel engine stand* Isuzu C190 dilakukan di Laboratorium Pengujian Performa Mesin Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Negeri Surabaya (UNESA). Pengujian menggunakan knalpot standar, eksperimen DPT Fe+Cr 10 mm, 15 mm, dan 20 mm dengan desain *metallic honeycomb*. Data hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel pengujian 2 - 9 di bawah ini.

Tabel 2.

Data Hasil Pengujian Opasitas Gas Buang

KNALPOT	TAHAP PENGUJIAN	NILAI RATA-RATA OPASITAS (% HSU)	
		NILAI OPASITAS (% HSU)	NILAI RATA-RATA OPASITAS (% HSU)
STANDAR	1	76,6	75,5
	2	75,3	
	3	74,6	
DPT Fe +Cr 20 mm	1	23,8	22,8
	2	22,7	
	3	22	
DPT Fe +Cr 15 mm	1	16,3	13,8
	2	14,8	
	3	10,4	
DPT Fe +Cr 10 mm	1	9,8	8,7
	2	8,8	
	3	7,4	

Tabel 3.

Data Rata-rata Hasil Pengujian Konsumsi Bahan Bakar (50 ml/s)

PUTARAN MESIN (Rpm)	STANDAR (50 ml/s)	DPT Fe+Cr 20 mm (50 ml/s)	DPT Fe+Cr 15 mm (50 ml/s)	DPT Fe+Cr 10 mm (50 ml/s)
750	9,50	10,28	10,35	10,40
1250	9,06	9,13	9,18	9,35
1750	8,04	8,27	8,56	8,66
2250	7,48	7,70	7,78	8,05
2750	6,45	6,75	7,00	7,45
3250	6,25	6,31	6,42	6,89
3750	5,98	6,25	6,36	6,54
4250	5,71	5,77	5,85	6,08
4750	5,18	5,27	5,31	5,47
5250	4,48	4,71	4,81	5,01

Tabel 4.

Data Rata-rata Hasil Pengujian Konsumsi Bahan Bakar (liter/jam)

PUTARAN MESIN (Rpm)	STANDAR (liter/jam)	DPT Fe+Cr 20 mm (liter/jam)	DPT Fe+Cr 15 mm (liter/jam)	DPT Fe+Cr 10 mm (liter/jam)
750	18,95	17,51	17,39	17,31
1250	19,87	19,72	19,61	19,25
1750	22,39	21,77	21,03	20,79
2250	24,06	23,38	23,14	22,36
2750	27,91	26,67	25,71	24,16
3250	28,80	28,53	28,04	26,12
3750	30,10	28,80	28,30	27,52
4250	31,52	31,20	30,77	29,61
4750	34,75	34,16	33,90	32,91
5250	40,18	38,22	37,42	35,93

Tabel 6.

Data Rata-rata Hasil Pengujian Tekanan Balik Pada DPT Fe+Cr (P5)

PUTARAN MESIN (Rpm)	STANDAR (kPa)	DPT Fe+Cr 20 mm (kPa)	DPT Fe+Cr 15 mm (kPa)	DPT Fe+Cr 10 mm (kPa)
750	2,53	2,65	2,77	3,01
1250	6,03	6,99	7,23	8,44
1750	8,92	10,25	11,69	13,86
2250	14,46	16,15	17,48	19,65
2750	21,22	23,14	25,19	28,21
3250	27,12	29,53	31,94	35,92
3750	30,74	34,23	36,16	39,78
4250	33,75	37,37	40,98	44,12
4750	35,44	39,78	43,39	48,10
5250	38,57	44,60	48,22	54,24

Tabel 7.

Data Rata-rata Hasil Pengujian Temperatur DPT Fe+Cr

PUTARAN MESIN (Rpm)	STANDAR (°C)	DPT Fe+Cr 20 mm (°C)	DPT Fe+Cr 15 mm (°C)	DPT Fe+Cr 10 mm (°C)
750	68,7	73,8	74,8	75,5
1250	72,4	76,6	86,2	86,6
1750	77,8	83,5	86,6	97,8
2250	90,5	91,8	105,1	106,3
2750	95	120	140	148,3
3250	97,6	148,8	151,3	154,4
3750	99	168,4	174,6	177,5
4250	101,2	212,6	220,8	229,7
4750	103,6	295,2	304,2	305,5
5250	103,8	445,3	487	511

Tabel 8.

Data Rata-rata Hasil Pengujian Tingkat Kebisingan

PUTARAN MESIN (Rpm)	STANDAR (dBA)	DPT Fe+Cr 20 mm (dBA)	DPT Fe+Cr 15 mm (dBA)	DPT Fe+Cr 10 mm (dBA)
750	83	74,8	70	67,5
1250	86,2	85,8	83,4	82,9
1750	90,6	86,6	85,7	85,4
2250	93,4	93,2	92	89
2750	95	94,9	93,6	92,8
3250	97,6	96,3	95,7	94,7
3750	99,4	99	96,5	95,2
4250	101,2	101	99,5	97,9
4750	103,6	103,5	103,3	101,3
5250	103,8	103,6	103,4	102

Tabel 9.

Data Rata-rata Hasil Pengujian Tekanan Balik Pada Muffler

PUTARAN MESIN (Rpm)	TEKANA N BALIK (kPa)	STAND AR (kPa)	DPT Fe+Cr 20 mm (kPa)	DPT Fe+Cr 15 mm (kPa)	DPT Fe+Cr 10 mm (kPa)
750	P1	1,93	1,81	1,21	0,96
	P2	3,01	2,29	2,05	1,81
	P3	2,41	2,17	2,05	1,21
	P4	2,65	3,01	2,29	1,81
1250	P1	3,35	3,13	2,93	2,53
	P2	5,91	4,62	4,5	3,89
	P3	2,89	3,5	3,62	5,91
	P4	5,54	5,06	4,01	3,93

Rancang Bangun Diesel Particulate Trap (DPT) Untuk Mereduksi Opasitas, Konsumsi Bahan Bakar, dan Tingkat Kebisingan Mesin Isuzu C190

1750	P1	5,62	5	4,22	3,86
	P2	8,96	7,84	7,65	6,75
	P3	8,08	6,03	5,67	5,54
	P4	11,69	9,04	7,23	4,1
2250	P1	8,65	7,5	6,63	6,15
	P2	13,62	12,22	11,12	9,76
	P3	11,15	9,45	8,8	8,08
	P4	13,98	12,66	11,69	6,39
2750	P1	12,05	10,5	9,31	8,8
	P2	17,84	16,27	15,55	14,46
	P3	13,29	12,07	11,26	10,2
	P4	13,49	12,08	10,12	9,67
3250	P1	13,88	12,3	11,65	10,8
	P2	21,56	19,87	18,08	16,88
	P3	15,35	14,13	13,31	11,89
	P4	16,57	14,17	13,22	12,73
3750	P1	14,69	13,23	12,7	12,05
	P2	27,62	25,78	24	23,31
	P3	17,65	16,19	15,38	14,33
	P4	18,61	17,23	16,31	14,8
4250	P1	16,75	15,34	14,5	14
	P2	29,41	28,21	27,33	26,12
	P3	19,7	18,3	18	16,45
	P4	20,66	19,28	17,37	15,86
4750	P1	18,33	16,55	15,82	15,3
	P2	30,89	29,41	28,57	27,72
	P3	22,67	20,75	20	18,5
	P4	22,74	20,34	18,44	17,93
5250	P1	21,41	20,01	18,65	17,78
	P2	32,7	30,86	30,01	29,41
	P3	24,77	22,9	22,3	21,01
	P4	26,65	24,47	21,7	19,89

Analisa dan Pembahasan

Reduksi Opasitas Gas Buang

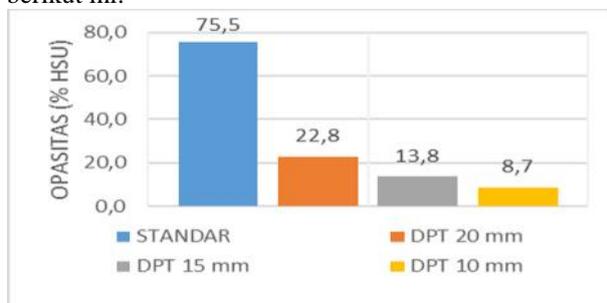
Berdasarkan hasil pengujian yang telah dilakukan, penggunaan *diesel particulate trap* (DPT) berbahan *stainless steel* dan *glasswool* dengan desain *metallic honeycomb* dapat mereduksi opasitas gas buang, tingkat kebisingan, dan konsumsi bahan bakar pada *diesel engine stand* Isuzu C190. Persentase reduksi opasitas dapat dilihat pada Tabel 10 di bawah ini.

Tabel 10.

Persentase Reduksi Opasitas Gas Buang

KNALPOT	OPASITAS (% HSU)	REDUKSI OPASITAS (%)
STANDAR	75,5	
DPT Fe+Cr 20 mm	22,8	70%
DPT Fe+Cr 15 mm	13,8	82%
DPT Fe+Cr 10 mm	8,7	89%

Dari data pada Tabel 10 di atas, apabila ditampilkan dalam bentuk diagram batang dan grafik untuk opasitas, seperti terlihat pada Gambar 14 berikut ini.



Gambar 14. Diagram perbandingan hasil pengujian opasitas

Berdasarkan Tabel 2, dan 10, serta Gambar 14, terlihat bahwa terjadi reduksi opasitas pada semua

knalpot eksperimen apabila dibandingkan dengan knalpot standar.

Untuk lebih jelasnya tentang hasil pengujian knalpot eksperimen yang telah dilakukan, dapat dilihat pada analisis di bawah ini.

- Knalpot standar

Knalpot standar menghasilkan opasitas gas buang sebesar 75,5 %HSU (*hartridge smoke unit*). Hasil opasitas tersebut masih belum lolos uji emisi jika dibandingkan dengan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 5 tahun 2006, yang hanya mengizinkan opasitas maksimum sebesar 70 %HSU. Pada knalpot standar, aliran gas buang yang keluar dari ruang bakar menuju ke udara bebas tidak tersaring/terjebak oleh material apapun, sehingga gas buang tersebut keluar begitu saja tanpa adanya penyaringan/penjebakan. Dampaknya opasitas cenderung lebih besar.

- DPT Fe+Cr ukuran sisi kotak 20 mm

DPT Fe+Cr 20 mm menghasilkan opasitas sebesar 22,8 %HSU. Persentase reduksi opasitas gas buang sebesar 70%. Opasitas ini lebih kecil dibandingkan dengan hasil dari knalpot standar yang menghasilkan opasitas sebesar 75,5 %HSU, dan di bawah Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 5 tahun 2006. Pada DPT Fe+Cr 20 mm diketahui bahwa ukuran DPT Fe+Cr 170 mm x 160 mm dengan jumlah lubang aliran gas buang sebanyak 4480 lubang berdiameter 3 mm. Jumlah *glasswool* yang dipasang pada DPT Fe+Cr sebesar 100 gr.

- DPT Fe+Cr ukuran sisi kotak 15 mm

DPT Fe+Cr 15 mm menghasilkan opasitas sebesar 13,8 %HSU. Persentase reduksi opasitas gas buang sebesar 82%. Opasitas ini lebih kecil dibandingkan dengan hasil dari knalpot standar yang menghasilkan opasitas sebesar 75,5 %HSU, dan di bawah Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 5 tahun 2006. DPT Fe+Cr 15 mm memiliki diameter yang sama dengan DPT Fe+Cr 20 mm, dan jumlah lubang aliran gas buang sebanyak 6400 lubang berdiameter 3 mm. Jumlah *glasswool* yang dipasang pada DPT Fe+Cr sebesar 100 gr.

- DPT Fe+Cr ukuran sisi kotak 10 mm

DPT Fe+Cr 10 mm menghasilkan opasitas sebesar 8,7 %HSU. Persentase reduksi opasitas gas buang sebesar 89%. Opasitas ini jauh lebih kecil jika dibandingkan dengan knalpot standar yang menghasilkan opasitas sebesar 75,5 %HSU, dan di bawah Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 5 tahun 2006. DPT Fe+Cr 10 mm memiliki diameter yang sama dengan DPT 20 mm, dan DPT Fe+Cr 15 mm. Jumlah lubang aliran gas buang sebanyak 9600 lubang berdiameter 3 mm. Jumlah *glasswool* yang dipasang pada DPT Fe+Cr sebesar 100 gr.

Sehingga dapat ditarik kesimpulan bahwa dengan semakin kecil ukuran sisi kotak DPT semakin banyak aliran untuk penyaringan opasitas sehingga PM dapat

tersaring secara maksimal. Hal ini dibuktikan DPT Fe+Cr 20 mm hanya dapat menyaring PM sebesar 0,02 kg, DPT Fe+Cr 15 mm dapat menyaring PM sebesar 0,08 kg, dan DPT Fe+Cr 10 mm dapat menyaring PM sebesar 0,11 kg.

Untuk mengetahui apakah dengan menggunakan DPT Fe+Cr pada *diesel engine stand* Isuzu C190 tahun 1981 memenuhi standar opasitas maksimum yang diijinkan sesuai dengan Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 5 tahun 2006 tentang Ambang Batas Emisi Gas Buang Kendaraan Bermotor Lama, maka perlu dilakukan perbandingan antara penggunaan knalpot standar dan penggunaan DPT Fe+Cr yang dapat dilihat pada Tabel 11 berikut ini.

Tabel 11.
Perbandingan Hasil Uji Opasitas Gas Buang

Kategori	Tahun Penemuan	Opasitas (%HSD)	Metode Uji	Standar	Eksperimen			Standar	Kategori		
					DPT Fe+Cr 20 mm	DPT Fe+Cr 15 mm	DPT Fe+Cr 10 mm		DPT Fe+Cr 20 mm	DPT Fe+Cr 15 mm	DPT Fe+Cr 10 mm
Berapengenal mesin bakar persentase kompresi (diesel)	<2010	70	Pertemuan biasa	75,5	22,8	13,8	8,7	Tidak Lulus Uji Emisi	Lulus Uji Emisi	Lulus Uji Emisi	

Reduksi Konsumsi Bahan Bakar

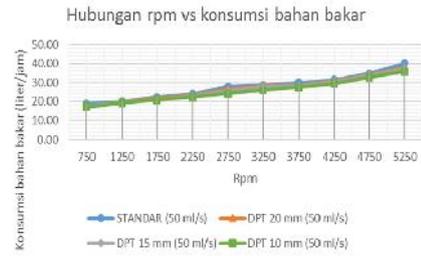
Berdasarkan hasil pengujian konsumsi bahan bakar, data diperoleh dari jumlah bahan bakar yang diukur menggunakan *pipet volume* 50 ml. Kemudian data dikonversikan ke dalam rumus konsumsi bahan bakar (ρ) dengan satuan liter/jam. Pengujian menggunakan knalpot standar, eksperimen DPT Fe+Cr 10 mm, 15 mm, dan 20 mm pada *diesel engine stand* Isuzu C190, dapat dilihat pada Tabel 3 dan Gambar 15. Sedangkan Tabel persentase reduksi konsumsi bahan bakar dapat dilihat pada Tabel 12 berikut ini.

Tabel 12.
Persentase Rata-rata Reduksi Konsumsi Bahan Bakar (liter/jam)

Putaran Mesin (Rpm)	Standar	Konsumsi Bahan Bakar (liter/jam)			Persentase Reduksi (%)		
		DPT Fe+Cr 20 mm	DPT Fe+Cr 15 mm	DPT Fe+Cr 10 mm	DPT Fe+Cr 20 mm	DPT Fe+Cr 15 mm	DPT Fe+Cr 10 mm
750	18,95	17,51	17,39	17,51	7,6%	8,2%	8,7%
1250	19,87	19,72	19,61	19,25	6,8%	1,3%	3,1%
1750	22,39	21,77	21,03	20,79	2,8%	6,1%	7,2%
2250	24,06	23,38	23,14	22,56	2,9%	3,9%	7,1%
2750	27,91	26,67	25,71	24,16	4,4%	7,9%	13,4%
3250	28,30	28,53	28,04	26,12	1,6%	2,6%	9,3%
3750	30,10	28,80	28,30	27,52	4,3%	6,0%	8,0%
4250	31,52	31,20	30,77	29,61	1,9%	2,4%	6,1%
4750	34,75	34,16	33,30	32,91	1,7%	2,4%	5,3%
5250	40,18	38,22	37,42	35,93	4,9%	6,9%	10,6%
Nilai rata-rata					3,1%	4,8%	7,9%

Berdasarkan Tabel 12. DPT Fe+Cr 20 mm, 15 mm, dan 10 mm dapat mereduksi konsumsi bahan bakar dengan persentase reduksi rata-rata 3,1% - 7,9%.

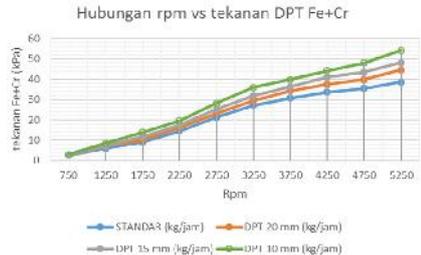
Dari data pada Tabel 12 di atas, apabila ditampilkan dalam bentuk grafik hubungan antara konsumsi bahan bakar dengan rpm, seperti terlihat pada Gambar 15 berikut ini.



Gambar 15. Hubungan putaran mesin dengan konsumsi bahan bakar (liter/jam)

Berdasarkan Gambar 15 terlihat bahwa konsumsi bahan bakar cenderung meningkat hingga mencapai rpm maksimal. Akan tetapi konsumsi bahan bakar cenderung lebih irit dari standarnya. Alasannya pada mesin diesel ada saatnya kedua katub terbuka bersamaan (*overlapping*), yaitu pada saat akhir langkah buang diawal langkah hisap. Pada saat *overlapping* ada proses yang dikenal sebagai proses pembilasan (*scavenging*). Dengan menggunakan DPT Fe+Cr, maka akan terjadi tekanan balik (*back pressure*). Semakin kecil ukuran sisi kotak DPT, maka akan semakin besar tekanan balik pada ruang bakar.

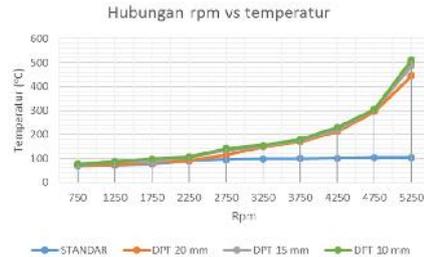
Hal ini sesuai dengan Tabel 6 di atas, apabila ditampilkan dalam bentuk grafik hubungan antara rpm dengan tekanan balik DPT Fe+Cr, seperti terlihat pada Gambar 17 berikut ini.



Gambar 17. Hubungan putaran mesin dengan tekanan balik DPT Fe+Cr (kPa)

Semakin kecil ukuran sisi kotak DPT Fe+Cr, maka akan semakin besar tekanan balik ke ruang bakar. Tentunya jika semakin besar tekanan balik yang masuk ke dalam ruang bakar, maka semakin tinggi pula temperatur yang masuk ke dalam ruang bakar.

Hal ini sesuai dengan Tabel 17 di atas, apabila ditampilkan dalam bentuk grafik hubungan antara rpm dengan temperatur DPT Fe+Cr, seperti terlihat pada Gambar 18 berikut ini.



Gambar 18. Hubungan putaran mesin dengan temperatur DPT Fe+Cr (°C)

Rancang Bangun Diesel Particulate Trap (DPT) Untuk Mereduksi Opasitas, Konsumsi Bahan Bakar, dan Tingkat Kebisingan Mesin Isuzu C190

Berdasarkan dengan Gambar 18 di atas, temperatur gas buang cenderung meningkat dengan menggunakan DPT. Peningkatan terjadi secara signifikan bila dibandingkan dengan temperatur pada knalpot standar. Jadi dapat ditarik kesimpulan bahwa ketika saat *overlapping*, gas buang yang keluar dari *exhaust manifold* terhalang oleh DPT Fe+Cr sehingga terjadi tekanan balik pada ruang bakar. Pada proses tekanan balik tersebut diikuti oleh temperatur yang tinggi sehingga kondisi ruang bakar tetap terjaga, dan pada saat langkah kompresi pembakaran bisa terjadi secara lebih sempurna. Hal inilah yang membuat konsumsi bahan bakar dengan penggunaan DPT Fe+Cr semakin irit. Jika dibandingkan dengan knalpot standar.

Reduksi Tingkat Kebisingan

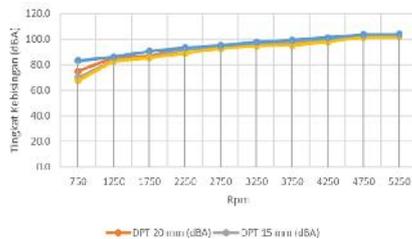
Berdasarkan hasil pengujian tingkat kebisingan, data hasil pengujian dengan penggunaan knalpot standar, eksperimen DPT Fe+Cr 10 mm, 15 mm, dan 20 mm pada *diesel engine stand* Isuzu C190, dapat dilihat pada Tabel 8. Sedangkan Tabel persentase reduksi tingkat kebisingan dapat dilihat pada Tabel 13 berikut ini.

Tabel 13.
Persentase Reduksi Tingkat Kebisingan

Putaran Mesin (Rpm)	Tingkat Kebisingan (dBA)				Persentase Reduksi (%)			
	Standar (dBA)	DPT 20 mm (dBA)	DPT 15 mm (dBA)	DPT 10 mm (dBA)	DPT 20 mm (dBA)	DPT 15 mm (dBA)	DPT 10 mm (dBA)	
750	83	74,8	70	67,5	9,9%	15,7%	18,7%	
1250	86,2	85,8	83,4	82,9	0,5%	3,3%	3,8%	
1750	90,6	86,6	85,7	85,4	4,4%	5,4%	5,7%	
2250	93,4	92,2	92	89	0,2%	1,5%	4,9%	
2750	95	94,9	93,6	92,8	0,1%	1,5%	2,3%	
3250	97,6	96,3	95,7	94,7	1,3%	1,9%	3,0%	
3750	99,4	99	96,5	95,2	0,4%	2,9%	4,2%	
4250	101,2	101	99,5	97,9	0,2%	1,7%	3,3%	
4750	103,6	103,5	103,3	101,3	0,1%	0,3%	2,2%	
5250	103,8	103,6	103,4	102	0,2%	0,4%	1,7%	
Nilai rata-rata					1,7%	3,5%	5,0%	

Secara umum, penggunaan DPT Fe+Cr dapat menurunkan tingkat kebisingan *diesel engine stand* Isuzu C190. Hal ini dapat dilihat pada Tabel 13. DPT Fe+Cr 20 mm, 15 mm, dan 10 mm dapat meduksi tingkat kebisingan dengan persentase reduksi rata-rata 1,7%-5%.

Dari data pada Tabel 13 di atas, apabila ditampilkan dalam bentuk grafik hubungan antara tingkat kebisingan dengan rpm, seperti terlihat pada Gambar 19. berikut ini.



Gambar 19. Hubungan putaran mesin dengan tingkat kebisingan (dBA)

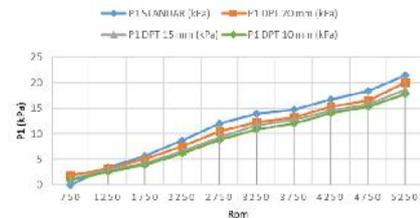
Berdasarkan Gambar 19 di atas, menunjukkan bahwa semakin tinggi putaran mesin, semakin cepat

gerakan piston, tekanan gas buang semakin tinggi, akibatnya gas buang yang masuk ke dalam knalpot mengeluarkan suara bising. Akan tetapi dengan menggunakan DPT Fe+Cr tingkat kebisingan dapat tereduksi. Alasannya, pada DPT Fe+Cr terdapat material *glasswool*, dimana material *glasswool* tersebut dapat meredam tingkat kebisingan yang timbul dari tekanan gas buang yang tinggi.

Berdasarkan Tabel 9 di atas, apabila ditampilkan dalam bentuk grafik hubungan antara rpm dengan tekanan balik (P) pada *muffler*, seperti terlihat pada Gambar 21-24 berikut ini.



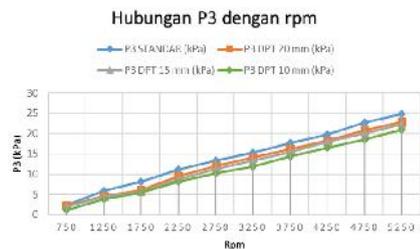
Gambar 20. Penyekat pada *muffler*
Hubungan P 1 dengan rpm



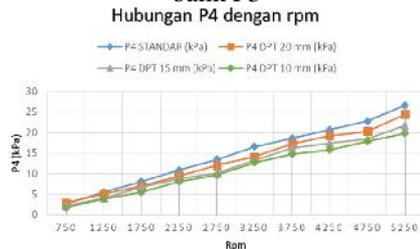
Gambar 21. Hubungan putaran mesin dengan tekanan balik P1



Gambar 22. Hubungan putaran mesin dengan tekanan balik P2



Gambar 23. Hubungan putaran mesin dengan tekanan balik P3



Gambar 24. Hubungan putaran mesin dengan tekanan balik tekanan balik P4

Berdasarkan Gambar 21 – 25 di atas dapat dilihat bahwa dengan menggunakan DPT Fe+Cr tekanan pada *muffler* cenderung menurun. Penurunan terjadi secara signifikan bila dibandingkan dengan tekanan pada *muffler* tanpa menggunakan DPT Fe+Cr (knalpot standar).

Jadi dapat ditarik kesimpulan bahwa penyebab naik dan turunnya tingkat kebisingan sangat tergantung oleh putaran mesin. Dengan menggunakan DPT Fe+Cr, tekanan gas buang yang menyebabkan suara bising akan terhalang sehingga gas buang dengan tekanan tinggi tersebut harus melewati DPT Fe+Cr melalui material *glasswool*. Untuk mengetahui apakah dengan menggunakan DPT Fe+Cr pada *diesel engine stand* Isuzu C190 tahun 1981 memenuhi ambang batas kebisingan kendaraan bermotor lama yang ditetapkan oleh Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 7 tahun 2009, maka perlu dilakukan perbandingan antara penggunaan knalpot standar dan penggunaan DPT Fe+Cr yang dapat dilihat pada Tabel 14 berikut ini.

Tabel 14.
Perbandingan Hasil Uji Tingkat Kebisingan
Kendaraan Bermotor Lama

Kategori	Tahun Pembuatan		Metode Uji	Standar	Uji			Keterangan			
	(a)	(b)			DPT Fe+Cr 20 mm	DPT Fe+Cr 15 mm	DPT Fe+Cr 10 mm	Standa	DPT Fe+Cr 20 mm	DPT Fe+Cr 15 mm	DPT Fe+Cr 10 mm
M1 (≤ 9 orang)	91	91,2	Peraturan 17/2010/PMN	99,4	99	96,5	93,2	Tidak Lulus Uji Kebisingan			

PENUTUP

Simpulan

Berdasarkan hasil pengujian, analisa dan pembahasan yang telah dilakukan tentang knalpot standar (tidak menggunakan DPT) dan DPT *diesel particulate trap* (DPT) berbahan *stainless steel* dan *glasswool* dengan desain *metallic honeycomb* dapat disimpulkan sebagai berikut.

- Pada DPT Fe+Cr 20 mm, 15 mm, dan 10 mm terjadi reduksi opasitas rata-rata 70-89% jika dibandingkan dengan knalpot standar.
- DPT Fe+Cr ukuran sisi kotak 20 mm, 15 mm, dan 10 mm telah memenuhi standar opasitas maksimum yang diijinkan sesuai dengan Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 5 tahun 2006 tentang Ambang Batas Emisi Gas Buang Kendaraan Bermotor Lama.
- DPT Fe+Cr dapat menurunkan konsumsi bahan bakar dengan persentase rata-rata 3,1% untuk DPT Fe+Cr 20 mm, 4,8% untuk DPT Fe+Cr 15 mm, dan 7,9% untuk DPT Fe+Cr 10 mm
- DPT Fe+Cr dapat menurunkan tingkat kebisingan dengan persentase rata-rata 1,7% untuk DPT Fe+Cr 20 mm, 3,5% untuk DPT Fe+Cr 15 mm, dan 5% untuk DPT Fe+Cr 10 mm

Saran

Dari hasil pengujian, analisa, pembahasan, dan pengambilan kesimpulan yang telah dilakukan, maka dapat diberikan saran sebagai berikut:

- Penelitian ini menggunakan *diesel engine stand* Isuzu C190 tahun 1981, sehingga diharapkan peneliti selanjutnya dapat menggunakan *diesel engine stand* dengan tahun pembuatan mesin yang lebih baru.
- Untuk peneliti selanjutnya diharapkan menggunakan desain DPT yang sama dengan ukuran sisi kotak yang lebih kecil, dan bahan katalis yang lebih baik.
- Untuk peneliti selanjutnya dapat melakukan variasi *glasswool* pada DPT Fe+Cr.
- Diperlukan penelitian lanjutan untuk mengetahui umur maksimal (*life time*) penggunaan DPT Fe+Cr tersebut.

DAFTAR PUSTAKA

- Badan Pusat Statistik. 1999. *Perkembangan Jumlah Kendaraan Bermotor Menurut Jenis Tahun 1987-201*. Jakarta: BPS
- ISO/FDIS 5130. 2006. *Acoustics-Measurements of Sound Pressure Emitted by Stasionary Road Vehicles*.
- Isuzu. *Workshop Manual Diesel Engine C190GB, C190KE, C190, C240 Models*.
- Nazir, Moh. 2005. *Metode Penelitian*. Bogor: Penerbit Ghalia Indonesia.
- Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 05 Tahun 2006. *Ambang Batas Emisi Gas Buang Kendaraan Bermotor Lama*. Jakarta: Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 05 tahun 2006.
- Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 07 Tahun 2009. *Ambang Batas Kebisingan Kendaraan Bermotor Lama*. Jakarta: Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 07 Tahun 2009.
- SAE J1667. 1996-02. *Snap Acceleration Smoke Test Procedure for Heavy-Duty Powered Vehicles*.
- Samudra, Agung. 2009. *"Pengaruh Penggunaan Diesel Particulate Trap (DPT) Berbahan Tembaga dan Glasswool Dengan Desain Metallic Honeycomb Terhadap Opasitas (Kepekatan Asap) Mesin Isuzu Panther Tahun 2000"*. Skripsi tidak diterbitkan. Surabaya: Jurusan Teknik Mesin FT Unesa.
- SNI 19-7118.2-2005. *Emisi gas buang – Sumber bergerak – Bagian2 : Cara Uji Kendaraan Bermotor Kategori M, N dan O berpengerak Penyalaan Kompresi Pada Kondisi Akselerasi Bebas*.
- SNI 7554. 2010. *Pengukuran Konsumsi Bahan Bakar Kendaraan Bermotor Kategori M1 dan N1*.
- Sukoco, & Arifin, Z. 2013. *Teknologi Motor Diesel*. Bandung: Penerbit Alfabeta.