



Ekasakti Engineering Journal (E-EJ), Volume 5, Issue 1, Mei 2025 / EISSN: 2776-396X

ANALISIS PENGGUNAAN DIESEL PARTICULATE FILTER UNTUK PENGUJIAN EMISI OPASITAS GAS BUANG PADA KENDARAAN ANGKUTAN BARANG

Muhammad Yuda Aditama¹, Risal Abu², Mukhnizar³,

^{1,2,3}, Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Dan Perencanaan Universitas

Ekasakti

Co-Responden: yudaaditama227@gmail.com

ABSTRAK

Tingginya populasi angkutan barang menyebabkan berbagai dampak negatif seperti pencemaran udara. Kendaraan angkutan barang akan mengeluarkan berbagai jenis gas maupun partikel yang terdiri dari senyawa organik dan anorganik. Penggunaan mesin diesel menjadi pilihan utama dan paling banyak digunakan karena pemakaiannya dan harga bahan bakarnya lebih murah. Oleh sebab itu sebagai upaya untuk mengurangi emisi pada kendaraan angkutan barang diperlukan penggunaan *Diesel Particulate Filter*. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh penggunaan *Diesel Particulate Filter*, hasil pengujian emisi gas buang sebelum dan sesudah penggunaan *Diesel Particulate Filter* dan mengurangi dampak polusi pencemaran lingkungan. Metode analisis yang digunakan dalam penelitian ini yaitu eksperimental. Penelitian eksperimen melakukan percobaan penggunaan *Diesel Particulate Filter* terhadap pengaruh emisi pembuangan pada mesin diesel. Hasil penelitian menunjukkan penggunaan *Diesel Particulate Filter & Glasswool* sangat efisien dalam menyaring emisi gas buang berupa *Particulate Matter (PM)* dengan hasil Pengujian Emisi Opasitas Gas Buang menggunakan *Diesel Particulate Filter* sebesar 41,6%. Setelah itu ditambahkan dengan *Glasswool 200gr* mendapatkan nilai rata-rata sebesar 32,8%, dan yang terakhir ditambahkan dengan *Glasswool 250gr* mendapatkan nilai rata-rata sebesar 23,1%. Dan untuk Presentase penurunan hasil Pengujian Emisi Opasitas Gas Buang dengan keadaan normal setelah menggunakan *Diesel Particulate Filter* mengalami penurunan sebesar 32,5%, Setelah itu ditambahkan dengan *Glasswool 200gr* mengalami penurunan sebesar 41,3%, dan yang terakhir menggunakan *Diesel Particulate Filter & Glasswool 250gr* mengalami penurunan sebesar 51% untuk presentasinya.

Kata Kunci: Emisi Gas Buang, *Diesel Particulate Filter*, *Glasswool*

ABSTRACT

The high population of goods transport causes various negative impacts such as air pollution. Goods transport vehicles will emit various types of gases and particles consisting of organic and inorganic compounds. The use of diesel engines is the main choice and is the most widely used because the fuel usage and price are cheaper. Therefore, as an effort to reduce emissions in goods transportation vehicles, it is necessary to use a Diesel Particulate Filter. This research aims to determine the effect of using a Diesel Particulate Filter, the results of exhaust gas emission testing before and after using a Diesel Particulate Filter and reducing the impact of environmental pollution. The analytical method used in this research is experimental. Experimental research conducted experiments on the use of Diesel Particulate Filters on the effect of exhaust emissions on diesel engines. The research results show that the use of the Diesel Particulate Filter & Glasswool is very efficient in filtering exhaust emissions in the form of Particulate Matter (PM) with the results of the Exhaust Gas Opacity Emission Test using the Diesel Particulate Filter of 41.6%. After that, 200gr Glasswool was added to get an average value of 32.8%, and finally 250gr Glasswool was added to get an average value of 23.1%. And the percentage reduction in Exhaust Gas Opacity Emission Test results under normal conditions after using the Diesel Particulate Filter decreased by 32.5%. After adding 200g Glasswool, the percentage decreased by 41.3%, and finally using the Diesel Particulate Filter & 250g Glasswool, the percentage decreased by 51%.

Keywords: Exhaust Gas Emissions, Diesel Particulate Filter, Glasswool

PENDAHULUAN

Seiring dengan perkembangan zaman, kebutuhan manusia akan sarana transportasi semakin meningkat. Negara Indonesia merupakan pasar yang sangat potensial bagi penjualan kendaraan bermotor berbagai jenis dan merk, hal ini dapat dilihat dari besarnya tingkat pertumbuhan kendaraan bermotor. Jenis kendaraan bermotor transportasi darat bermacam-macam, mulai dari sepeda motor, mobil pribadi, mobil barang, mobil penumpang, hingga truk berat yang dioperasikan sesuai dengan peruntukannya. Tingginya populasi kendaraan bermotor di Indonesia menyebabkan berbagai dampak negatif seperti kemacetan lalu lintas.

Dampak yang sering ditimbulkan oleh kemacetan lalu lintas pada kendaraan bermotor terutama kendaraan angkutan barang yaitu pencemaran gas buang terhadap lingkungan. Dengan semakin tingginya pencemaran udara menyebabkan semakin tingginya opasitas (kepekatan) gas buang. Opasitas (kepekatan) gas buang adalah bentuk kepekatan gas buang akibat partikulat sisa pembakaran motor diesel.

Penggunaan mesin diesel pada kendaraan angkutan barang masih menjadi pilihan utama dan paling banyak digunakan karena pemakaian dan harga bahan bakar mesin

diesel yang lebih murah dibandingkan dengan mesin bensin. Peningkatan jumlah kendaraan angkutan barang yang menggunakan mesin diesel telah menyebabkan persoalan serius dalam hal peningkatan pencemaran udara. Emisi gas buang mesin diesel paling besar dan berbahaya adalah emisi *Particulate Matter (PM)*. *PM* merupakan polutan yang dihasilkan oleh emisi gas buang pada mesin diesel dan dapat menimbulkan masalah kesehatan manusia apabila terhirup. *PM* dapat mencapai system respirasi dan paru-paru sehingga fungsinya dapat terganggu (Haryanto et al., 2016). *PM* merupakan senyawa berbentuk hitam tebal berukuran 100 mikron hingga kurang dari 0,01 mikron. Apabila terhirup manusia dapat mengganggu fungsi, mengendap dan menimbulkan flek hitam pada paru-paru. Sebagai upaya untuk mengurangi emisi pada kendaraan bermotor diperlukan penggunaan knalpot modifikasi yang menggunakan *Diesel Particulate Filter (DPF)* dan penambahan *glasswool* variasi 200 gram dan 250 gram.

Untuk mengurangi jenis emisi ini, *Diesel Partikulat Filter (DPF)* telah dikembangkan. *DPF* adalah perangkat yang secara fisik menangkap partikulat yang dihasilkan oleh pembakaran solar dan mencegah pelepasannya ke atmosfer. Bahan khusus telah dikembangkan yang dapat menghilangkan 80-90% partikulat. Filter *DPF* paling efektif dalam menangkap partikulat diesel padat, termasuk karbon (jelaga) dan emisi asap hitam terkait dan filter ini telah menjadi teknologi terdepan untuk mengurangi emisi partikulat pada mesin diesel. Sejak tahun 2009, ketika standar '*Euro 5*' mulai digunakan, semua kendaraan diesel baru diwajibkan dilengkapi dengan *DPF*, dan sejak bulan Februari 2014, pembaruan protokol *MOT* berikut ini di Inggris telah diberlakukan.

Glasswool adalah bahan isolasi yang terbuat dari serat kaca yang disusun menggunakan pengikat menjadi tekstur yang mirip dengan wol. Prosesnya memerangkap banyak kantong udara kecil di antara kaca. *Glasswool* memiliki fungsi tersendiri yaitu paling utama untuk meredam suara bising yang dihasilkan agar suara knalpot terdengar lebih merdu. *Glasswool* juga berpengaruh terhadap penurunan emisi gas buang CO₂, CO, HC, dan O₂ serta diketahuinya efektifitas penggunaan *Glasswool* sampai dengan jarak tertentu terhadap emisi gas buang CO₂, CO, HC, dan O₂.

METODE PENELITIAN

Dalam pembuatan skripsi ini penulis harus berusaha mencari sumber-sumber bahan yang diperlukan dalam pengumpulan data yang penulis butuhkan. Adapun metode yang penulis gunakan dalam pembuatan skripsi ini adalah:

1. Studi literatur

Yaitu mencari sumber referensi dari buku yang berhubungan dengan penulisan skripsi ini. Disamping itu penulis juga mencari di internet sebagai referensinya.

2. Metode bimbingan

Metode ini berupa konsultasi dengan dosen pembimbing dan juga beberapa pihak yang dapat memberikan pengamatan langsung.

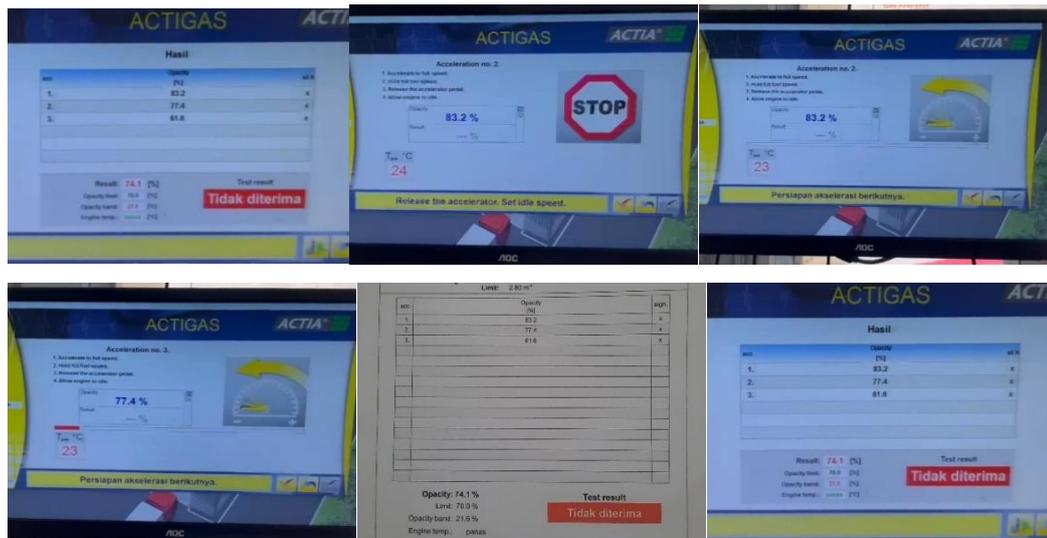
HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Pengujian Emisi Opasitas Gas Buang

Pengujian emisi opasitas gas buang dilakukan pada kendaraan Mitsubishi L300 tahun 2003 dengan tujuan untuk mengetahui tingkat kepekatan gas buang (opasitas) yang dikeluarkan oleh knalpot kendaraan dalam berbagai kondisi. Pengujian dilakukan dengan menggunakan alat Smoke Tester dan memanfaatkan teknologi Diesel Particulate Filter (DPF), baik tanpa maupun dengan variasi penambahan material penyaring tambahan berupa Glasswool. Uji dilakukan sebanyak tiga kali untuk setiap kondisi guna memperoleh nilai rata-rata yang representatif. Berikut ini adalah empat kondisi pengujian yang dilakukan:

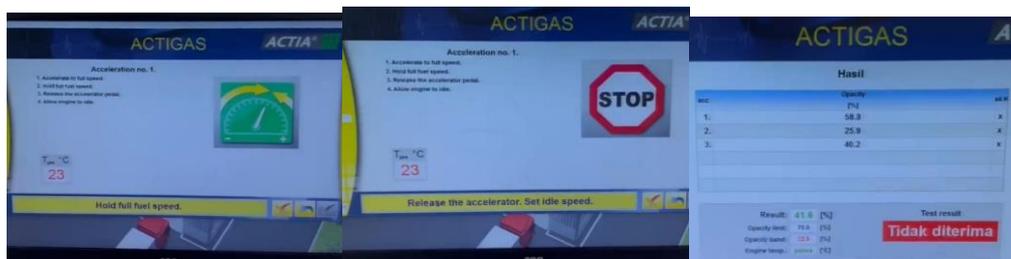
1. **Kondisi Normal (Tanpa DPF dan Glasswool)**

Pengujian awal dilakukan tanpa menggunakan alat bantu penyaring, yaitu tanpa DPF maupun Glasswool. Kondisi ini merepresentasikan keadaan kendaraan standar yang belum mengalami modifikasi sistem filtrasi gas buang. Hasil dari tiga kali pengujian menunjukkan nilai kepekatan gas buang sebesar 83,2%, 77,4%, dan 61,6%, dengan rata-rata sebesar **74,1%**. Nilai ini menunjukkan tingkat emisi yang cukup tinggi dan mencerminkan jumlah partikel atau jelaga dalam gas buang yang belum disaring.



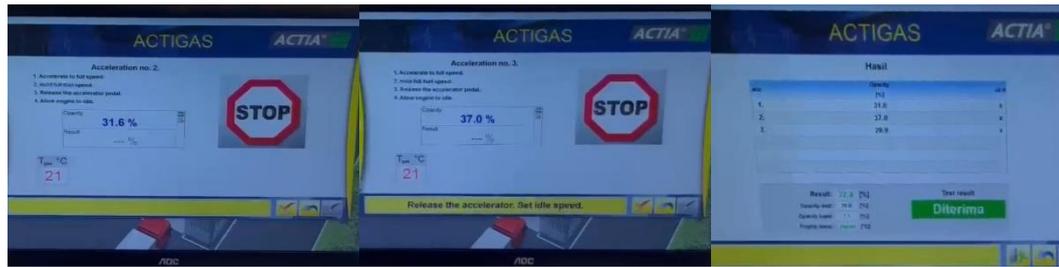
2. Menggunakan DPF Saja (Tanpa Glasswool)

Pada kondisi kedua, dilakukan pengujian dengan pemasangan Diesel Particulate Filter (DPF) tanpa penambahan Glasswool. DPF berfungsi menyaring partikel padat seperti jelaga dalam gas buang. Hasil pengujian menunjukkan adanya penurunan opasitas secara signifikan dibandingkan kondisi normal. Nilai kepekatan gas buang yang diukur adalah 58,8%, 25,9%, dan 40,2%, menghasilkan rata-rata sebesar **41,6%**. Penurunan ini menunjukkan bahwa DPF secara efektif mampu menangkap sebagian besar partikel dalam gas buang.



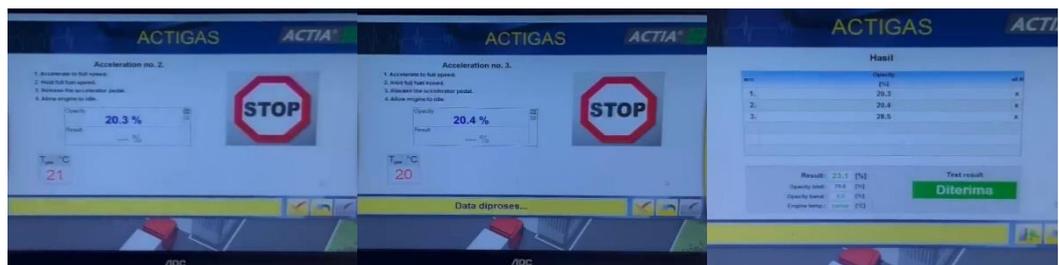
3. Menggunakan DPF dan Glasswool 200 gram

Untuk kondisi ketiga, dilakukan variasi dengan menambahkan **200 gram Glasswool** ke dalam DPF. Glasswool berfungsi sebagai media tambahan penyaring yang membantu menahan partikel lebih halus. Hasil pengujian menunjukkan nilai opasitas sebesar 31,6%, 37,0%, dan 29,9%, dengan rata-rata sebesar **32,8%**. Dibandingkan dengan kondisi sebelumnya (DPF tanpa Glasswool), kombinasi ini memberikan peningkatan efektivitas dalam mengurangi kepekatan gas buang.



4. Menggunakan DPF dan Glasswool 250 gram

Kondisi keempat merupakan variasi tertinggi, yaitu dengan menambahkan **250 gram Glasswool** ke dalam DPF. Hasil pengujian menunjukkan nilai opasitas sebesar 20,3%, 20,4%, dan 28,5%, dengan rata-rata **23,1%**. Nilai ini merupakan yang paling rendah di antara semua kondisi pengujian, menunjukkan bahwa kombinasi DPF dengan penambahan Glasswool dalam jumlah yang lebih besar mampu menurunkan emisi opasitas secara lebih signifikan.



Tabel 1. Hasil Uji Emisi Opasitas Gas Buang (%HSU)

Kondisi Pengujian	Uji I	Uji II	Uji III	Rata-rata
Tanpa DPF & Glasswool	83,2%	77,4%	61,6%	74,1%
DPF tanpa Glasswool	58,8%	25,9%	40,2%	41,6%
DPF + Glasswool 200 gram	31,6%	37,0%	29,9%	32,8%
DPF + Glasswool 250 gram	20,3%	20,4%	28,5%	23,1%

Dari hasil pengujian di atas, terlihat tren yang sangat jelas bahwa semakin kompleks sistem filtrasi yang digunakan (dari tanpa filter hingga DPF dengan variasi Glasswool), maka semakin rendah pula tingkat kepekatan gas buang yang dihasilkan. Penambahan Glasswool terbukti meningkatkan kemampuan penyaringan dari DPF, dan penggunaan 250 gram Glasswool merupakan konfigurasi paling optimal dalam menurunkan tingkat emisi gas buang kendaraan ini.

B. Analisis Penurunan Emisi Opasitas

Analisis terhadap penurunan emisi opasitas gas buang dilakukan untuk mengetahui sejauh mana efektivitas penggunaan **Diesel Particulate Filter (DPF)** dan kombinasi dengan **Glasswool** dalam menurunkan tingkat kepekatan (densitas asap) yang dihasilkan oleh kendaraan Mitsubishi L300. Pengujian ini membandingkan nilai rata-rata hasil uji kepekatan gas buang dalam kondisi standar (tanpa DPF dan Glasswool) sebagai acuan (baseline), dengan kondisi yang telah dimodifikasi dengan variasi filtrasi.

Pada kondisi **tanpa DPF dan Glasswool**, nilai rata-rata opasitas yang dihasilkan adalah **74,1%**. Nilai ini menunjukkan bahwa kendaraan mengeluarkan emisi dengan tingkat kepekatan yang tinggi, dan **berpotensi** memberikan dampak negatif terhadap kualitas udara serta visibilitas di jalan.

Setelah dilakukan pemasangan **DPF tanpa Glasswool**, terjadi penurunan nilai opasitas menjadi rata-rata **41,6%**. Jika dibandingkan dengan kondisi awal, penurunan yang terjadi mencapai **32,5 poin persentase**, atau dalam bentuk persentase relatif sebesar **43,85%**. Hal ini menunjukkan bahwa **DPF secara mandiri** telah memberikan kontribusi cukup besar dalam **menyaring** partikel padat dalam gas buang.

Selanjutnya, ketika **Glasswool 200 gram** ditambahkan ke dalam DPF sebagai elemen penyaring tambahan, efektivitas penyaringan meningkat secara signifikan. Rata-rata nilai opasitas menurun **menjadi 32,8%**, yang berarti terjadi penurunan sebesar **41,3 poin persentase** dari nilai awal, atau sebesar **55,73%** dalam bentuk persentase penurunan. Ini menunjukkan bahwa **penambahan Glasswool dalam jumlah sedang (200 gram)** mampu memperbaiki kinerja DPF dalam menjebak partikel hasil pembakaran, terutama partikel halus yang lolos dari filter utama.

Puncak efektivitas tercapai saat digunakan kombinasi **DPF dengan Glasswool 250 gram**. Rata-rata nilai opasitas yang dihasilkan dalam kondisi ini adalah **23,1%**, yang berarti terjadi penurunan sebesar **51 poin persentase** dibandingkan dengan kondisi standar. Secara persentase **penurunan** relatif, angka ini mencapai **68,82%**, menjadikannya konfigurasi paling optimal dalam penelitian ini. Penurunan ini mengindikasikan bahwa semakin tinggi massa Glasswool yang digunakan, maka semakin besar pula kemampuan sistem dalam menahan partikel padat dan menurunkan kepekatan asap.

Tabel 2. Persentase Penurunan Emisi Opasitas

Kondisi Pengujian	Rata-rata HSU (%)	Penurunan dari Normal (%)
DPF tanpa Glasswool	41,6%	43,85%
DPF + Glasswool 200 gram	32,8%	55,73%
DPF + Glasswool 250 gram	23,1%	68,82%

Dari analisis ini dapat disimpulkan bahwa **penggunaan DPF sudah cukup efektif**, namun **kombinasinya dengan Glasswool**, terutama dengan massa **250 gram**, memberikan hasil terbaik dalam mereduksi opasitas gas buang. Temuan ini menunjukkan potensi besar pengembangan sistem filtrasi ganda (DPF + material insulasi tambahan) dalam mendukung upaya pengurangan polusi udara dari kendaraan berbahan bakar diesel, khususnya pada kendaraan niaga yang beroperasi secara intensif.

C. Pembahasan

Hasil pengujian emisi opasitas gas buang yang dilakukan pada kendaraan Mitsubishi L300 tahun 2003 menunjukkan perbedaan yang signifikan antar tiap kondisi pengujian, terutama setelah adanya intervensi berupa pemasangan Diesel Particulate Filter (DPF) dan penambahan material penyaring tambahan berupa Glasswool. Pembahasan ini bertujuan untuk menafsirkan dan menjelaskan makna teknis dari data kuantitatif yang telah diperoleh, serta menggambarkan bagaimana setiap konfigurasi filtrasi memengaruhi tingkat kepekatan asap atau opasitas gas buang.

1. Keadaan Normal (Tanpa DPF dan Glasswool)

Pada kondisi awal (baseline), kendaraan diuji dalam keadaan standar tanpa adanya alat penyaring tambahan pada sistem pembuangan. Hasil pengujian menunjukkan nilai rata-rata opasitas sebesar **74,1%**, yang merupakan nilai tertinggi dibandingkan seluruh kondisi lainnya. Tingginya angka ini mengindikasikan bahwa sistem pembuangan tidak memiliki kemampuan yang memadai dalam menangkap partikel hasil pembakaran, terutama partikel padat seperti jelaga (soot) yang lazim ditemukan dalam mesin diesel. Dengan kata lain, emisi gas buang yang dikeluarkan oleh kendaraan dalam keadaan ini sangat pekat dan berpotensi tinggi mencemari udara.

2. Penggunaan DPF Tanpa Glasswool

Ketika kendaraan diuji dengan **penambahan DPF tanpa Glasswool**, nilai opasitas mengalami penurunan drastis menjadi **41,6%** secara rata-rata, atau turun sebesar **43,85%** dari kondisi awal. Penurunan ini menunjukkan bahwa DPF sudah cukup efektif dalam menyaring partikel berbahaya dari gas buang. DPF bekerja dengan cara memaksa aliran gas melewati media filter (biasanya berbahan keramik) yang mampu menjebak partikel padat, sehingga partikel yang berbahaya tidak langsung keluar ke atmosfer. Walaupun belum menyentuh angka opasitas ideal, hasil ini sudah menunjukkan kemajuan signifikan dalam mengurangi polusi dari kendaraan diesel.

3. DPF dengan Penambahan Glasswool 200 gram

Variasi pengujian berikutnya dilakukan dengan menambahkan **Glasswool sebanyak 200 gram** ke dalam DPF. Glasswool merupakan bahan penyaring tambahan yang bersifat berpori dan memiliki kemampuan menangkap partikel mikro. Penambahan Glasswool meningkatkan efisiensi penyaringan, yang dibuktikan dengan turunnya nilai opasitas gas buang menjadi **32,8%**, atau mengalami penurunan sebesar **55,73%** dari kondisi normal. Penurunan ini menunjukkan bahwa partikel-partikel halus yang masih lolos saat hanya menggunakan DPF, kini dapat tertahan oleh struktur berlapis dan rapat dari Glasswool.

4. DPF dengan Penambahan Glasswool 250 gram

Konfigurasi terakhir adalah penggunaan **Glasswool sebanyak 250 gram** dalam DPF. Hasilnya menunjukkan nilai opasitas rata-rata **23,1%**, yang merupakan angka terendah di antara semua kondisi pengujian. Artinya, terjadi penurunan sebesar **68,82%** dibandingkan dengan kondisi awal. Hal ini memberikan bukti empiris bahwa semakin besar volume atau massa Glasswool yang digunakan, maka semakin tinggi pula kapasitas penyaringan partikel dalam sistem gas buang. Dengan bertambahnya massa Glasswool, maka ketebalan dan kepadatan media penyaring meningkat,

sehingga mampu menjebak lebih banyak partikel sebelum gas dibuang ke udara.

5. Efektivitas Kombinasi DPF dan Glasswool

Berdasarkan keseluruhan data dan analisis, dapat disimpulkan bahwa **kombinasi antara DPF dan Glasswool** merupakan solusi efektif dalam menurunkan kadar emisi partikulat dari kendaraan diesel. Glasswool, dengan struktur serat yang padat dan berpori, berperan sebagai media penyaring sekunder yang bekerja setelah gas melewati DPF. Kehadirannya memperkuat sistem penyaringan secara keseluruhan dan mengoptimalkan proses penahanan jelaga serta partikel halus lainnya. Efektivitas ini meningkat seiring dengan bertambahnya massa Glasswool yang digunakan.

Dengan demikian, teknologi DPF yang divariasikan dengan penambahan Glasswool tidak hanya berfungsi secara praktis dalam mengurangi emisi gas buang, tetapi juga dapat menjadi alternatif yang layak untuk dikembangkan dalam upaya menekan dampak negatif kendaraan diesel terhadap lingkungan.

KESIMPULAN

Berdasarkan pengujian diatas maka dapat disimpulkan bahwa pengaruh *Diesel Particulate Filter* dalam proses Uji Emisi Opasitas Gas Buang kemudian ditambah dengan *Glasswool* 200gr & 250gr, dengan nilai antara lain:

Diesel particulate filter diuji efisiensi dalam menyaring emisi gas buang mesin diesel. Pengujian tersebut menghasilkan penggunaan *Diesel Particulate Filter* sangat efisien dalam menyaring emisi gas buang berupa *Particulate Matter (PM)* dengan cara menangkap atau menahan jelaga berbahaya atau partikel-partikel gas buang yang lebih besar dengan memaksa gas mengalir melalui bahan filter sebelum keluar dari muffler atau knalpot kendaraan bermotor.

Selanjutnya *Diesel Particulate Filter* divariasikan dengan *Glasswool* 200gr & 250gr untuk hasil pengujian emisi opasitas gas buang ternyata lebih bisa menekan angka kepekatan asap atau opasitas gas buang yang dikeluarkan dari kendaraan L300.

Hasil Pengujian Emisi Opasitas Gas Buang dengan keadaan normal nilai rata-rata sebesar 74,1% , dan nilai rata-rata yang didapat setelah menggunakan *Diesel*

Particulate Filter sebesar 41,6%. Setelah itu ditambahkan dengan *Glasswool* 200gr mendapatkan nilai rata-rata sebesar 32,8%, dan yang terakhir menggunakan *Diesel Particulate Filter & Glasswool* 250gr mendapatkan nilai rata-rata sebesar 23,1%. Dan untuk Presentase penurunan hasil Pengujian Emisi Opasitas Gas Buang dengan keadaan normal setelah menggunakan *Diesel Particulate Filter* mengalami penurunan sebesar 32,5%, Setelah itu ditambahkan dengan *Glasswool* 200gr mengalami penurunan sebesar 41,3%, dan yang terakhir menggunakan *Diesel Particulate Filter & Glasswool* 250gr mengalami penurunan sebesar 51% untuk presentasenya.

DAFTAR PUSTAKA

- Ismiyati, I., Marlita, D. and Saidah, D, 2014. '*Pencemaran udara akibat emisi gas buang kendaraan bermotor*', Jurnal Manajemen Transportasi & Logistik, 1(3), pp. 241–248.
- Kadir, 2006. *Pengertian dari transportasi yang diartikan sebagai usaha pemindahan atau pergerakan dari suatu lokasi ke lokasi yang lainnya dengan menggunakan suatu alat tertentu.*
- Kemala Nanda, Gani Asri & Mahidin, 2019. *Evaluasi Pengaruh Kendaraan Bermotor Terhadap Kualitas Udara Ambien Pada Berbagai Tipe Ruas Jalan Kota Banda Aceh.* Banda Aceh: Universitas Syiah Kuala.
- Kusuma Yusmiati, 2013. *Pengaruh Bahan Bakar Pada Aktivitas Transportasi Terhadap Pencemaran Udara.* Bandung: Politeknik Negeri Bandung.
- Maharany Ulfah Azhaar, 2020. *Analisis Tingkat Konsentrasi Karbon Monoksida (CO) Dan Nitrogen Dioksida (NO₂) Kawasan Sekolah Di Kota Makassar.* Makassar: Universitas Hasanuddin.
- Makbul Ghina Fauziah, 2020. *Analisis Konsentrasi CO Dan NO₂ Dalam Menentukan Kualitas Udara Di Kawasan Perumahan Bumi Tamalanrea Permai Kota Makassar.* Makassar: Universitas Hasanuddin.
- Muchtar Fakhri, 2018. *Analisis Emisi Kendaraan Berbasis Model Caline-4 Di Jalan Nasional Pada Kawasan Maminasata.* Makassar : Universitas Hasanuddin.
- Munazar, A, H., Zulfah, Farid, A, 2012. *Analisa Pemakaian Vacuum Tube Pada Intake Manifoald Terhadap Konsumsi Bahan Bakar dan Emisi Gas Buang.* Tegal: Universitas Pancasakti Tegal.
- Muziansyah., D, Sulistyorini, R., & Sebayang, S., 2015. *Model Emisi Gas Buang Kendaraan Bermotor Akibat Aktivitas Transportasi (Studi Kasus: Terminal Pasar Bawah Ramayana Kota Bandar Lampung).* Lampung: Jurnal Universitas Lampung.
- M. U. Wakhid, 2018. "*Analisis Dampak Emisi Gas Buang Kendaraan Bermotor Co Di*

- UinRaden Intan Lampung*, ” Universitas Islam Negeri Raden Intan Lampung, pp. 1–124.
- Nasrullah, N., 2001. “*Seleksi Tanaman Lanskap yang Berpotensi Tinggi Menyerap Polutan Gas NO₂ dengan Menggunakan Gas NO₂ Bertanda 15N*”. *Bulletin Tanaman dan Lanskap Indonesia Vol.4 Nomor 1*.
- Noviani, Elaeis R., 2013. *Pengaruh Jumlah Kendaraan Dan Faktor Metereologi (Suhu, Kelembaban, Kecepatan Angin) Terhadap Peningkatan Konsentrasi Gas Pencemar NO₂ (Nitrogen Dioksida) Pada Persimpangan Jalan Kota Semarang (Studi Kasus Jalan Karangrejo Raya, Sukun Raya, Dan Ngesrep Timur V)*. Semarang: Program Studi Teknik Lingkungan Universitas Diponegoro.
- Putri Nidya Yuliana., 2017. *Analisis Pengaruh Beban Emisi CO Dan NO₂ Dari Kendaraan Bermotor Terhadap Kualitas Udara Ambien Roadside (Studi Kasus: Jalan SM.Raja, Jalan Gatot Subroto, dan Jalan Balai Kota)*. Medan: Universitas Sumatera Utara.
- Pohan, Nurhasmawaty., 2002. *Pencemaran Udara dan Hujan Asam*. Sumatera Utara : Program Studi Teknik Kimia FT-USU.
- Rahadi Bambang, Kurniati E. & Imaya., 2019. *Analisis Sebaran Polutan SO₂, NO_x dan PM₁₀ dari Sumber Bergerak pada Jalan Arteri Kota Malang*. Malang: Universitas Brawijaya.
- Ratnani., 2008. *Teknik Pengendalian Pencemaran Udara yang Diakibatkan oleh Partikel. Momentum Vol. 4 : 27 – 32*. Semarang : Jurusan Teknik Kimia FT-Univ. Wahid Hasyim.
- Tugaswati, A.T., 2007. *Emisi Gas Buang Kendaraan Bermotor dan Dampaknya Terhadap Kesehatan*. Surabaya: Jurusan Teknik Lingkungan ITS.
- U. S. Dharma, E. Nugroho, and M. Fatkuahman, 2018. “*Analisa Kinerja Mesin Diesel Berbahan Bakar*,” *J. Tek. Mesin Univ. Muhammadiyah Metro*, vol. 7, no. 1, pp. 1–10.
- Wijayanti, D., N., 2012. *Gambaran dan Analisis Risiko Nitrogen Dioksida (NO₂) Per-Kota/ Kabupaten dan Provinsi di Indonesia (Hasil Pemantauan Kualitas Udara Ambien dengan Metode Pasif di Pusarpedal Tahun 2011)*. Jakarta : Universitas Indonesia.
- Salatin Astri, Arif C. & Rachmawati., 2019. *Analisis Tingkat Risiko Paparan NO_x terhadap Pekerja di Gardu Tol Akibat Volume Kendaraan di Pintu Tol Jagorawi, Bogor*. Bogor: Institut Pertanian Bogor.
- Sidjabat Filson Maratur & Driejana, 2017. *Model Spasial Sebaran Pencemar Udara Dari Sumber Transportasi Dan Pengaruhnya Pada Kualitas Udara Di Dalam Rumah Di Sekitar Jalan Raya (Studi Kasus di Wilayah Karees dan Cibeunying Kidul, Bandung)*. Bandung: Institut Teknologi Bandung.

- Suyono, 2014. *Pencemaran Kesehatan Lingkungan*. Jakarta: Penerbit Buku Kedokteran EGC.
- Syech, R, dkk, 2014. *Faktor-faktor Fisis yang Mempengaruhi Akumulasi Nitrogen Monoksida dan Nitrogen Dioksida di Udara Pekan Baru*. *Komunikasi Fisika Indonesia* 10(7), 516-523.
- Winardhy, Denissa Yuliana, 2018. *Analisis Kuantitas Emisi di Kawasan Sekolah Berbasis Caline4*. Makassar : Universitas Hasanuddin.
- Yuliasuti, Ambar, 2008. *Estimasi Sebaran Keruangan Emisi Gas Buang Kendaraan Bermotor Di Kota Semarang*. Semarang: Universitas Diponegoro.
- Yunita Ria D & Kiswando Agung A, 2017. *Kajian Indeks Standar Pencemar Udara (Ispu) Sulfur Dioksida (SO₂) Sebagai Polutan Udara Pada Tiga Lokasi Di Kota Bandar Lampung*. Lampung: Universitas Lampung.
- Zakaria Nurdin & Azizah, 2013. *Analisis Pencemaran Udara (SO₂), Keluhan Iritasi Tenggorokan Dan Keluhan Kesehatan Iritasi Mata Pada Pedagang Makanan Di Sekitar Terminal Joyoboyo Surabaya*. Surabaya: Universitas Airlangga.