

PERANCANGAN DIESEL PARTICULATE TRAP UNTUK MENURUNKAN OPASITAS GAS BUANG

Andika Daniel Lesmana¹⁾, Ir. Philip Kristanto²⁾
Program Studi Teknik Mesin Universitas Kristen Petra^{1,2)}
Jl. Siwalankerto 121-131, Surabaya 60236. Indonesia^{1,2)}
Phone: 0062-31-8439040, Fax: 0062-31-8417658^{1,2)}
E-mail: andikadl@yahoo.com¹⁾, philip@petra.ac.id²⁾

ABSTRAK

Penelitian ini dilatarbelakangi oleh permasalahan tingginya polusi udara yang disebabkan oleh asap kendaraan bermotor khususnya mesin diesel. Kendaraan bermesin diesel mengeluarkan jelaga (partikulat) yang berbahaya bagi kesehatan manusia. Oleh karena itu perlu suatu teknologi agar asap yang dikeluarkan menjadi lebih tidak beracun. Tujuan penelitian ini yaitu ingin mereduksi opasitas gas buang kendaraan diesel konvensional (non common-rail system) dengan Diesel Particulate Trap (DPT) berbahan paduan keramik dan tembaga. Kendaraan yang digunakan yaitu Toyota Kijang LGX tahun 2003. Hasil penelitian menunjukkan penurunan tekanan pada pengujian back pressure sebesar 1 in/Hg, penurunan opasitas gas buang secara signifikan yaitu sebesar 46% dan tenaga serta torsi yang tetap menunjukkan bahwa DPT yang dipasang tidak mempengaruhi kinerja mesin.

Kata kunci : Diesel Particulate Trap, Mesin Diesel, Opasitas Gas Buang

1. Pendahuluan

Kemajuan alat transportasi yang ada hingga saat ini sangat menunjang kelancaran dan kenyamanan manusia dalam beraktivitas. Meskipun begitu, kemajuan tersebut memiliki kekurangan yaitu menimbulkan polusi udara yang berasal dari emisi gas buang kendaraan bermotor akibat dari pembakaran yang tidak sempurna. Hal ini membahayakan kesehatan manusia juga lingkungan karena dalam emisi gas buang kendaraan bermotor terkandung banyak zat berbahaya. Mesin diesel menghasilkan emisi gas buang yang mengandung emisi partikulat (PM), karbon monoksida (CO), hidrokarbon (HC), nitrogen oksida (NO_x) dan sulfur oksida (SO_x) yang terindikasi pada opasitas (ketebalan asap). PM merupakan senyawa berbahaya yang apabila terhirup oleh manusia dapat mengendap pada paru-paru dan menimbulkan flek hitam. Maka dari itu diperlukan suatu teknologi untuk memfilter partikel berbahaya tersebut sebelum keluar dari knalpot yang disebut *Diesel Particulate Trap* (DPT). DPT berfungsi untuk mencegah PM keluar dari knalpot sehingga gas buang yang keluar menjadi jauh lebih bersih. Pada mesin diesel non *common-rail system* tingkat opasitasnya jauh lebih tinggi jika dibandingkan dengan mesin diesel *common-rail system*. Oleh karena itu pada tugas akhir ini akan dirancang *Diesel Particulate Trap* (DPT) dengan media penyerap paduan *ceramic* dan tembaga yang diterapkan pada Toyota Kijang LGX tahun 2003 (2500 cc) untuk mengurangi tingkat opasitas gas buangnya. Target yang ingin

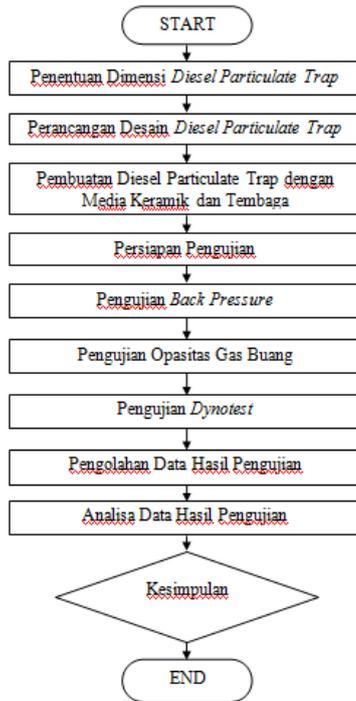
dicapai yaitu pengurangan tingkat opasitas gas buang sebesar 33% berdasarkan regulasi mesin diesel tingkat opasitas yang diijinkan adalah sebesar 66%.

Ceramic cordierite merupakan salah satu jenis keramik oksida yang dapat digunakan sebagai bahan filter gas buang. Memiliki sifat cukup stabil, tahan suhu tinggi, memiliki kekuatan mekanik yang lebih tinggi dibandingkan keramik porselein, koefisien termal ekspansinya rendah sehingga tahan terhadap kejutan suhu dan tahan korosi/abrasi. Ukuran porosnya (pori-pori) berkisar antara 15-20 µm. Ada dua macam filter gas buang yaitu filter untuk menangkap partikel-partikel halus dan partikel karbon hanya menggunakan material keramik berpori sedangkan untuk menangkap zat beracun yaitu menggunakan keramik berpori yang permukaannya dilapisi dengan bahan katalis.

Media katalis adalah suatu zat yang mempercepat laju reaksi kimia pada suhu tertentu tanpa mengalami perubahan atau terpakai oleh reaksi itu sendiri. Material yang biasa digunakan sebagai katalis adalah logam yang mahal dan jarang seperti *Palladium*, *Platinum* dan *Stainless Steel*. Karena logam-logam mulia tersebut memiliki kelimpahan yang rendah dan harga yang cukup mahal maka penggunaan logam transisi yang memiliki kelimpahan tinggi dan harga relatif murah dapat menjadi salah satu alternatif. Beberapa logam yang diketahui sebagai katalis reduksi yaitu besi, tembaga, nikel paduan dan oksida dari bahan-

bahan tersebut. Tembaga memiliki kelebihan mudah didapat, harganya relatif murah dan proses pembuatannya mudah. Hal ini menjadikan tembaga sebagai salah satu alternatif pengganti logam mulia dalam katalis.

2. Metode Penelitian

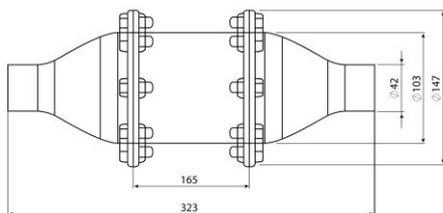


Gambar 1. Bagan Flowchart Penelitian

Penentuan dimensi DPT

Dalam menentukan dimensi DPT yang akan dibuat, mengacu pada *ceramic* yang ada pada Toyota Innova (2500 cc). Karena mobil yang digunakan yaitu Toyota Kijang LGX 2003 memiliki kapasitas mesin yang sama yaitu 2500 cc maka casing DPT mengikuti ukuran ceramic yang dimiliki oleh Toyota Innova. Berikut spesifikasi DPT yang akan dibuat:

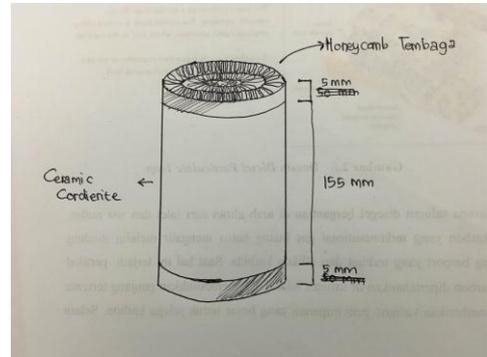
- Panjang pipa DPT 165 mm.
- Diameter dalam pipa DPT 103 mm.
- Diameter dalam kerucut 42 mm.



Gambar 2. Desain Casing DPT

Perancangan desain DPT

Desain DPT ini mengacu pada DPT yang sudah ada namun ditambah dengan *flange* untuk mempermudah pembersihan maupun penggantian media pereduksi.



Gambar 3. Susunan Material DPT

Perancangan media pereduksi

Dalam merancang DPT ini, media pereduksi yang digunakan yaitu *ceramic* dan tembaga. Untuk memadukan 2 material ini maka tembaga yang awalnya berbentuk lembaran diolah menjadi bentuk sarang lebah (*honeycomb*) dengan ketebalan 5 mm dan posisinya mengapit *ceramic* di kiri dan kanannya. Berikut desain susunan materialnya:



Gambar 4. Casing DPT

Pembuatan casing DPT

Gambar diatas adalah foto dari casing DPT yang telah ditentukan dimensi dan desainnya dengan panjang total sebesar 323 mm.

Media pereduksi ceramic

Pada DPT yang akan dibuat ini menggunakan media pereduksi *ceramic* yang merupakan *ceramic* bekas *Catalytic Converter* milik Toyota Innova. *Ceramic* yang sebelumnya masih berada dalam casing *Catalytic Converter* dikeluarkan dengan cara digerinda.



Gambar 5. Proses Pengeluaran *Ceramic* dari *Catalytic Converter*

Media tembaga

Selain menggunakan *ceramic*, DPT ini menggunakan tembaga yang berfungsi sebagai katalisator. Tembaga yang digunakan masih berbentuk lembaran dengan ketebalan 0,25 mm yang nantinya akan dipotong dan dibentuk menjadi *honeycomb*.



Gambar 6. Lembaran Tembaga

Paduan *ceramic* dengan tembaga

Ceramic yang diameternya sudah sesuai dengan *casing* DPT yang telah dibuat dimasukkan ke dalam *casing*. Lembaran tembaga dipotong dan dilipat sehingga membentuk *honeycomb*. Posisi *ceramic* berada diantara *honeycomb* tembaga.



Gambar 7. Paduan *Ceramic* dengan Tembaga

Pengujian *back pressure*

Back pressure adalah tekanan yang timbul akibat hambatan yang dialami gas buang selama proses penyalurannya dan merupakan pantulan dari gelombang tekanan gas kembali ke arah silinder. Hal ini dapat terjadi baik pada *exhaust manifold*,

pipa maupun *muffler*. *Back pressure* dapat terjadi jika tekanan di dalam sistem gas buang lebih tinggi dari tekanan atmosfer. *Vacuum gauge* digunakan untuk mengukur tekanan vakum di *intake manifold*. Kevakuman menunjukkan perbedaan tekanan antara atmosfer luar dengan *intake manifold*.

Prosedur pengujian *back pressure*:

- Buat lubang kecil pada saluran pipa gas buang sebelum *Catalytic Converter* dan kemudian las 1 nut pada lubang tersebut.
- Ikatkan *vacuum gauge* pada nut tersebut.
- Hidupkan kendaraan, baca hasil yang muncul pada *vacuum gauge*.
- Matikan mesin, lepaskan *vacuum gauge* dan masukkan sekrup agar tidak terjadi kebocoran gas buang.



Gambar 8. *Vacuum Gauge*

Pengujian opasitas gas buang

Opacymeter adalah alat yang digunakan untuk menguji opasitas atau kepekatan kadar asap kendaraan bermotor diesel. Kepekatan asap adalah kemampuan asap untuk meredam cahaya. Pengujian dilakukan sebanyak 2x yaitu kondisi awal belum menggunakan DPT dan kondisi setelah diberi DPT.

Berikut prosedur pengujian opasitas gas buang:

- Mobil dipanaskan terlebih dahulu hingga mencapai suhu kerja mesin.
- Setelah tercapai suhu kerja mesin, dilakukan pembersihan sistem pembuangan dengan menginjak pedal gas hingga putaran penuh sebanyak 3x tanpa beban.
- *Opacymeter* dipasang pada ujung knalpot lalu mobil diakselerasikan secara cepat namun lembut sesuai dengan instruksi pada layar *opacymeter* dan gas dilepas apabila tertera 'Stop' pada layar.
- Pengambilan data dilakukan sebanyak 5x dan pada akhirnya diperoleh opasitas rata-rata dari pengujian tersebut.



Gambar 9. *Opacymeter* Terpasang pada Ujung Knalpot



Gambar 10. *Opacymeter*

Keterangan layar *opacymeter*:

- Mean % menunjukkan hasil rata-rata tingkat opasitas gas buang.
- Prev.values menunjukkan 5 hasil pengujian opasitas gas buang yang telah dilakukan.
- RPM menunjukkan putaran mesin mobil yang diuji.
- Engine temp.°C menunjukkan suhu mesin mobil yang diuji.
- Kotak kanan bawah menunjukkan saat pedal gas harus diakselerasikan atau *stop*.

Pengujian *dynotest*

Dynotest adalah suatu metode pengujian performa mesin kendaraan (mobil maupun sepeda motor) dengan cara melihat *power* (tenaga) dan *torque* (torsi). Torsi adalah kemampuan mesin untuk menggerakkan atau memindahkan mobil maupun sepeda motor dari kondisi diam hingga berjalan. Sedangkan *power* adalah seberapa cepat kendaraan itu mencapai kecepatan tertentu. Tujuan *dynotest* ini diadakan untuk mengetahui adanya pengaruh yang signifikan atau tidak pada *power* maupun torsi mobil setelah dipasang DPT.



Gambar 11. *Dynotest*

Proses pengujian *dynotest* adalah sebagai berikut:

- Mobil dinaikkan ke mesin *dyno*, roda belakang ditaruh diatas *roller* mesin *dyno* dan mobil diikat dengan *webbing* sehingga ban yang dipakai untuk *dynotest* menekan sempurna ke drum mesin *dyno* tersebut.
- Pada bagian depan mobil, dihadapkan *blower* yang meniupkan angin cukup keras sebagai simulasi hembusan angin saat di jalan raya. Hal ini penting agar mesin tidak mengalami *overheat*.
- Data mobil dimasukkan dan dilakukan kalibrasi (seperti jumlah silinder mesin hingga *gear ratio* untuk menentukan pada gigi berapa proses *dynotest* dilakukan nanti).
- Dijalankan hingga beberapa kali *run*. Selama proses *run* berjalan, secara *realtime* grafik tergambar di layar monitor.

3. Hasil dan Pembahasan

Hasil pengujian dan analisa hasil pengujian *back pressure*

Pengujian *back pressure* dilakukan untuk mengetahui pengaruh pemasangan DPT terhadap tekanan balik pada Toyota Kijang LGX kondisi standar tanpa DPT. Akibat dari *back pressure* yang tinggi adalah kurang efektifnya langkah hisap dan langkah buang sehingga mempengaruhi prestasi mesin.



Gambar 12. Pengujian *back pressure* kondisi standar



Gambar 13. Pengujian *back pressure* setelah dipasang DPT

Hasil pengujian *back pressure* kondisi standar sebesar 18 in/Hg sedangkan pada kondisi setelah dipasang DPT sebesar 17 in/Hg. Hal ini menunjukkan terjadinya *back pressure* setelah dipasang dengan DPT namun tidak signifikan sehingga tidak terlalu mengganggu kinerja mesin dan proses pengujian selanjutnya bisa dilanjutkan.

Hasil pengujian dan analisa hasil pengujian opasitas gas buang

Pengujian opasitas gas buang dilakukan sebanyak 2x yaitu kondisi standar tanpa DPT dan setelah dipasang DPT. Pada kondisi standar, saluran pipa gas buang yang digunakan masih dalam keadaan standar dan bahan bakar yang digunakan yaitu biosolar. Berikut hasil pengujian opasitas gas buang:



Gambar 14. Hasil pengujian opasitas gas buang standar

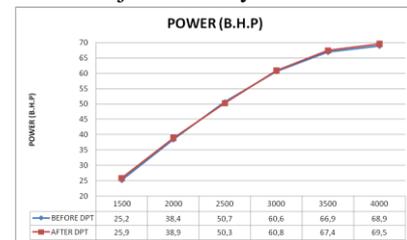


Gambar 15. Hasil pengujian opasitas gas buang dengan DPT

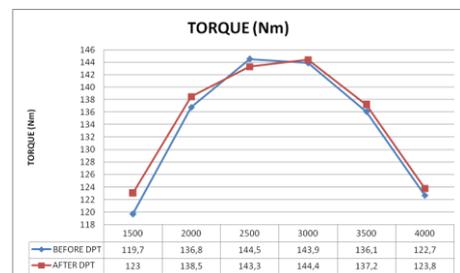
Pengujian opasitas gas buang kondisi standar setelah pembacaan 5x diperoleh rata-rata sebesar 69,8%. Setelah dipasang DPT diperoleh rata-rata sebesar 23,8%. Penggunaan DPT menunjukkan penurunan opasitas gas buang sebesar 46%. Pengujian ini membuktikan penambahan DPT berbahan paduan *ceramic* dan tembaga dapat mengurangi opasitas gas buang secara signifikan.

Hasil pengujian dan analisa hasil pengujian *dynotest*

Pengujian *dynotest* dilakukan untuk mengetahui perbandingan performa mesin kondisi standar dengan kondisi setelah dipasang DPT. Penambahan DPT diupayakan agar tidak membuat performa mesin turun drastis sehingga membuat kendaraan menjadi tidak nyaman dikendarai.



Gambar 16. Data *Dynotest* (Power)



Gambar 17. Data *Dynotest* (Torque)

Hasil pengujian *dynotest* pada keadaan standar memiliki power sebesar 68,9 HP pada 4000 RPM dan torsi sebesar 144,5 Nm pada 2500 RPM.

Sedangkan saat menggunakan DPT diperoleh hasil pengujian power sebesar 69,5 HP pada 4000 RPM dan torsi sebesar 144,4 Nm pada 3000 RPM. Dari perbandingan hasil pengujian sebelum dan sesudah pemasangan DPT dapat dilihat bahwa tidak terjadi penurunan performa mesin yang signifikan.

4. Kesimpulan

Dari hasil pengujian DPT dengan media pereduksi *ceramic* dipadu dengan tembaga berbentuk *honeycomb* diketahui bahwa terjadi penurunan tekanan pada *back pressure* sebesar 1 in/Hg. Hal ini menunjukkan adanya tekanan balik namun tidak terlalu signifikan sehingga tidak mengganggu kinerja mesin. Pada uji *dynotest* sebelum dipasang DPT didapat hasil *power* sebesar 68,9 HP pada 4000 RPM dan torsi sebesar 144,5 Nm pada 2500 RPM sedangkan pada kondisi setelah dipasang DPT diperoleh hasil *power* 69,5 HP pada 4000 RPM dan torsi sebesar 144,4 Nm pada 3000 RPM. Tidak terjadi perubahan pada kondisi sebelum dan sesudah dipasang dengan DPT. Pada uji coba opasitas gas buang, kondisi sebelum dipasang DPT menunjukkan besar opasitas 69,8% dan kondisi setelah dipasang DPT menunjukkan besar opasitas 23,8%. Hal ini menunjukkan DPT dengan material paduan *ceramic* dan tembaga dapat menurunkan opasitas gas buang kendaraan diesel dengan cukup signifikan yaitu sebesar 46%.

5. Daftar Pustaka

1. 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.
2. Sastrawijaya, T. 1995. Pencemaran Lingkungan. Jakarta: Penerbit Rineka Cipta.
3. Sukoco, & Arifin, Z. 2013. Teknologi Motor Diesel. Bandung: Penerbit Alfabeta.