

STUDI PENGGUNAAN GYPSUM DENGAN ADITIF SEMEN SEBAGAI FILTER GAS BUANG TERHADAP PERFORMA MESIN DAN EMISI GAS BUANG PADA KENDARAAN MOTOR SATRIA FU 150

STUDY ON THE USE OF GYPSUM WITH CEMENT ADDITIVES AS A EXHAUST FILTER ON ENGINE PERFORMANCE AND EMISSIONS ON MOTOR VEHICLE SATRIA FU 150

Padriansyah¹⁾, Abdul Ghofur¹⁾

¹⁾Universitas Lambung Mangkurat, Banjarbaru, Indonesia
email: Padriansyah14@gmail.com*, ghofur70@ulm.ac.id

Abstract

Received:
2 September
2022

Accepted:
20 September
2022

Published:
30 September
2022

This study aims to determine the use of a combination of gypsum, cement and glue as a exhaust gas filter at 150 cc Satria FU motorbike against HC level emissions and CO and engine performance. This study uses three variations in thickness of gypsum, namely 1 cm, 2 cm and 3 cm with rpm starting idle, 3000 rpm, 4000 rpm and 5000 rpm. From the results of the study it is known that the gypsum exhaust filter with a thickness of 3 cm can reduce CO exhaust emissions by 0.05% in idle conditions, 0.47% at 3000 rpm, 0.41% at 4000 rpm, and 0.35% at 5000 rpm compared to satellite exhaust. In HC exhaust emissions with gypsum thickness of 2 cm at 3000 rpm engine rotation yields 30.7 ppm with conditions not exceeding the permitted exhaust gas emissions limit HC. Gypsum exhaust gas filter with a thickness of 1 cm can increase torque by 4 N-m and engine performance power as much as 12.77 Hp compared to a thickness of 2 cm and 3 cm.

Keywords: Gypsum, Cement, Emission, CO, HC

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui penggunaan kombinasi gipsum, semen dan lem sebagai filter gas buang pada sepeda motor Satria FU 150 cc terhadap kadar emisi HC dan CO serta performa mesin. Penelitian ini menggunakan tiga variasi ketebalan gipsum yaitu 1 cm, 2 cm dan 3 cm dengan rpm mulai idle, 3000 rpm, 4000 rpm dan 5000 rpm. Dari hasil penelitian diketahui bahwa filter knalpot gipsum dengan ketebalan 3 cm dapat menurunkan emisi gas buang CO sebesar 0,05% pada kondisi idle, 0,47% pada 3000 rpm, 0,41% pada 4000 rpm, dan 0,35% pada 5000 rpm. dibandingkan dengan knalpot satelit. Pada emisi gas buang HC dengan ketebalan gipsum 2 cm pada putaran mesin 3000 rpm menghasilkan 30,7 ppm dengan kondisi tidak melebihi batas emisi gas buang yang diizinkan HC. Filter gas buang gipsum dengan ketebalan 1 cm dapat meningkatkan torsi sebesar 4 N-m dan tenaga performa mesin sebesar 12,77 Hp dibandingkan dengan ketebalan 2 cm dan 3 cm.

Kata kunci: Gypsum, Semen, Emisi, CO, HC

DOI: https://doi.org/10.20527/jtam_rotary.v4i2.5663

How to cite: Padriansyah., & Ghofur, A., "Studi Penggunaan Gypsum Dengan Aditif Semen Sebagai Filter Gas Buang Terhadap Performa Mesin Dan Emisi Gas Buang Pada Kendaraan Motor Satria FU 150". *JTAM ROTARY*, 4(2), 177-192, 2022.

PENDAHULUAN

Seiring dengan semakin meningkatnya taraf hidup masyarakat maka sektor transportasi pun juga meningkat. Tingginya konsentrasi dan aktivitas penduduk di kawasan tersebut berpotensi menimbulkan persoalan pencemaran udara akibat emisi dari aktivitas sektor transportasi jalan. Untuk mengurangi kadar emisi gas buang pada kendaraan maka dirancang *filter* gas buang untuk emisi yang disebabkan oleh pembakaran tidak sempurna dapat dikurangi sebelum keluar dari knalpot. Disamping itu performa mesin juga tetap harus diperhatikan dalam penambahan *filter* gas buang, sehingga menghasilkan *filter* gas buang yang mampu mengurangi emisi gas buang tanpa menurunkan performa mesin yang dirancang dengan memperhatikan aspek sederhana, efisien dan murah (Belinda, Setiadi, and Kunci 2022)(Rozaq et al. 2014), (Irawansyah 2019).

Emisi Gas Buang

Emisi gas buang yang dihasilkan pada proses pembakaran pada sepeda motor dapat bersifat racun dan membuat efek negatif.(Fajari and Ghofur 2019). Gas-gas beracun dari knalpot harinya menimbulkan karena dampaknya pada penurunan kualitas udara yang dapat mengakibatkan berbagai penyakit bila dihirup oleh manusia, kerusakan jaringan tumbuhan dan makhluk hidup lainnya (Arisma, 2004).

Gas karbon monoksida (CO) merupakan gas yang banyak terdapat di udara akibat adanya proses pembakaran yang tidak sempurna. Gas CO ini tidak berbau, tidak berasa dan tidak berwarna sehingga lingkungan yang tercemar sulit dikenali. Gas CO sangat berpengaruh bagi kesehatan manusia karena bersifat racun terhadap darah, sistem pernapasan dan sistem saraf. Daya ikat hemoglobin untuk mengikat CO sekitar 200 kali lebih besar dibandingkan daya ikatnya terhadap oksigen sehingga pada konsentrasi tertentu dapat menyebabkan kematian (Sumardjo, 2008).

Hidrokarbon (HC) merupakan gas yang tidak begitu merugikan manusia, akan tetapi merupakan penyebab terjadinya kabut campuran asap. Pancaran hidrokarbon yang terdapat pada gas buang berbentuk *gasoline* yang tidak terbakar. Hidrokarbon terdapat pada proses penguapan bahan bakar pada tangki, karburator, serta kebocoran gas yang melalui celah antara silinder dan torak yang masuk ke dalam poros engkol yang biasa disebut *blow by gases* (gas lalu).

Emisi gas buang yang dihasilkan pada proses pembakaran pada sepeda motor dapat bersifat racun dan membuat efek negatif. Gas-gas beracun dari knalpot harinya menimbulkan karena dampaknya pada penurunan kualitas udara yang dapat mengakibatkan berbagai penyakit bila dihirup oleh manusia, kerusakan jaringan tumbuhan dan makhluk hidup lainnya (Arisma, 2004).

Gypsum

Gypsum merupakan salah satu mineral non logam, gypsum terdiri dari calcium sulphate dihydrate ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$). Gypsum adalah salah satu contoh mineral dengan kadar kalsium yang mendominasi pada mineralnya (Supriatna & Arifin, 1997). Dalam keadaan seimbang, gypsum yang berada di atas suhu 108°F atau 42°C dalam air murni akan berubah menjadi anhidrit. Gypsum dapat berubah secara perlahan-lahan menjadi hemihidrat ($\text{CaSO}_4 \cdot 0.5\text{H}_2\text{O}$) pada suhu 90°C . Bila dipanaskan atau dibakar pada suhu $190 - 200^\circ\text{C}$ akan menghasilkan kapur gypsum atau stucco yang dikenal dalam perdagangan sebagai plester paris. Pada suhu yang cukup tinggi yaitu lebih kurang 534°C akan dihasilkan anhidrit (CaSO_4) yang tidak dapat larut dalam air dan dikenal sebagai gypsum mati (Supriatna & Arifin, 1997).

Semen

Semen adalah perekat hidraulis bahan bangunan, artinya akan menjadi perekat bila bercampur dengan air. Bahan dasar semen umumnya ada 3 macam yaitu *cileker*/terak semen (70% hingga 95%, merupakan hasil olehan pembakaran batu kapur, pasir silika, pasir besi dan tanah liat), gypsum (sekitar 5%, sebagai zat pelambat pengerasan) dan material ketiga seperti batu kapur, *pozzolan*, abu terbang batubara dan lain-lain.

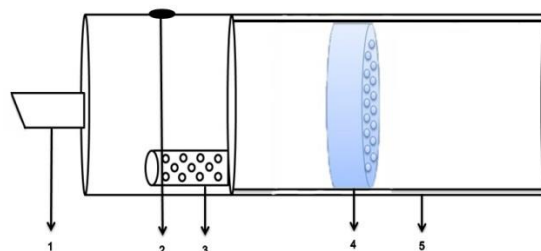
Performa Mesin

Performa mesin dipengaruhi oleh beberapa faktor, antara lain ukuran mesin, angka kompresi, suhu dan tekanan udara di sekelilingnya, proses pembakaran dan kualitas bahan bakar (Ferguson, 1986).

Siklus 4 langkah tersebut adalah langkah hisap, langkah kompresi, langkah usaha dan langkah buang. Langkah penting dalam penelitian ini adalah langkah kompresi. Campuran bahan bakar dan udara yang masuk ke dalam silinder dimampatkan oleh gerakan piston dari titik mati bawah (TMB) menuju titik mati atas (TMA). Secara ideal pada akhir langkah kompresi terjadi pembakaran campuran bahan bakar dan udara oleh percikan bunga api busi.

METODE PENELITIAN

Desain Penelitian



Gambar 1. Desain Penelitian

Keterangan :

1. Pipa silencer belakang
2. Baut penyambung
3. Saringan
4. Gypsum
5. Muffler

Alat dan Bahan

Alat yang digunakan pada penelitian ini adalah motor Suzuki Satria FU 150 cc, *Digital RPM tachometer*, *automotive emission analyzer*, timbangan, gelas ukur, gergaji, bor & mata bor, pipa, ayakan, gurinda, pengaris dan ember. Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah gypsum, semen putih, air, lem, oli dan minyak tanah.

Pembuatan Adsorben

Penelitian ini dilakukan dengan melakukan pembuatan adsorben Kombinasi campuran gypsum, semen dan lem dalam satuan percobaan penelitian :

1. Komposisi A : Gypsum
2. Komposisi B : Gypsum dan Semen
3. Komposisi C : Gypsum, semen dan lem

Proses pembuatan adsorben dilakukan dengan langkah-langkah sebagai berikut :

1. Mengayak gypsum dan semen.
2. Menimbang bahan yang akan digunakan yaitu gypsum, semen dan lem.

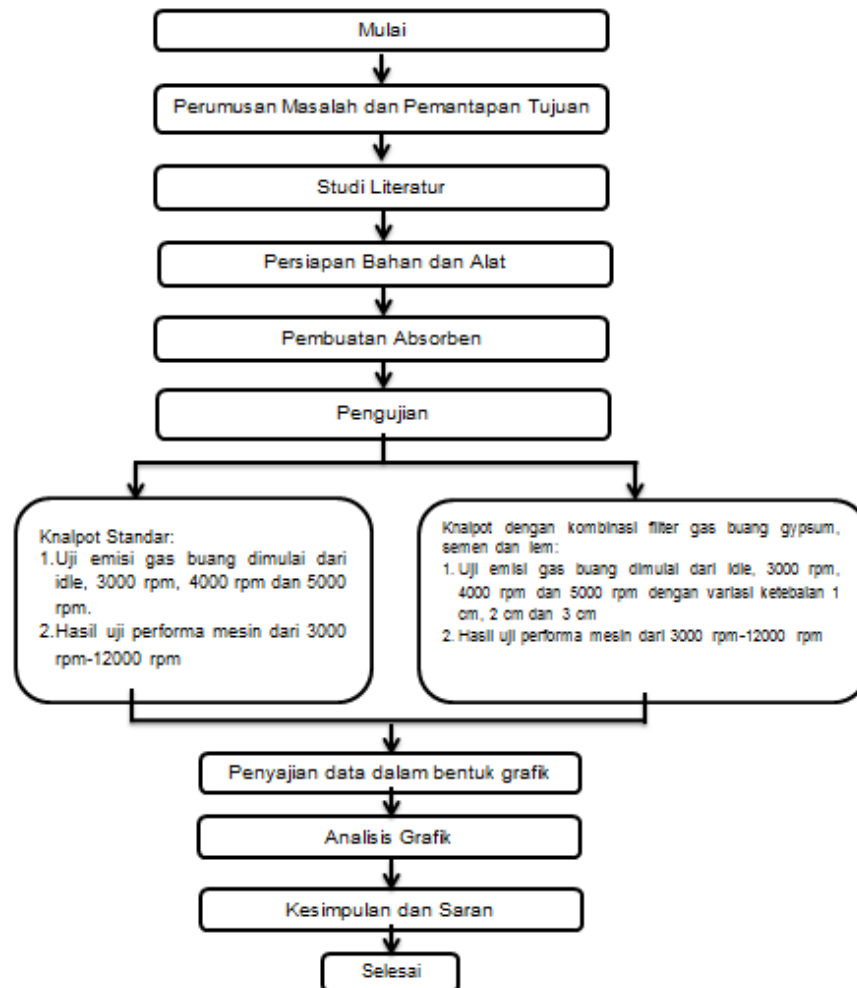
3. Menyiapkan cetakan bahan yang akan digunakan.
4. Cetakan yang akan digunakan dioleskan campuran oli dan minyak tanah.
5. Mencampur semua bahan dengan air.
6. Setelah dicampur bahan dimasukkan kedalam cetakan yang sudah disiapkan.
7. Bahan dalam cetakan dibiarkan selama 15 menit.

Tahap Pengujian dan Pengambilan Data

Sebelum melakukan penelitian, pada motor bahan bakar empat langkah dilakukan *service* dan penggantian komponen yang dianggap perlu.

1. Menyiapkan Motor Suzuki Satria FU 150 cc dengan knalpot standar dan knalpot modifikasi gypsum.
2. Memasang *digital rpm* pada mesin.
3. Menyiapkan alat ukur emisi gas buang *Automotive emission analyzer*.
4. Memasukkan *probi* alat uji (*Automotive emission analyzer*) ke dalam knalpot.
5. Menghidupkan mesin dan tunggu selama 5 menit agar mesin panas.
6. Selanjutnya kembalikan pada kondisi *idle*.
7. Naikan perputaran mesin pada 3000 rpm selama 5 menit.
8. Lalu naikan perputaran mesin pada 4000 rpm selama 5 menit.
9. Lalu naikan lagi perputaran mesin pada 5000 rpm selama 5 menit.
10. Mengulang langkah dari d sampai i sebanyak satuan percobaan.

Diagram Alir Penelitian

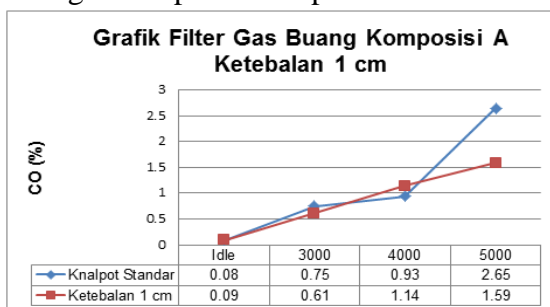


Gambar 2. Diagram Alir Penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

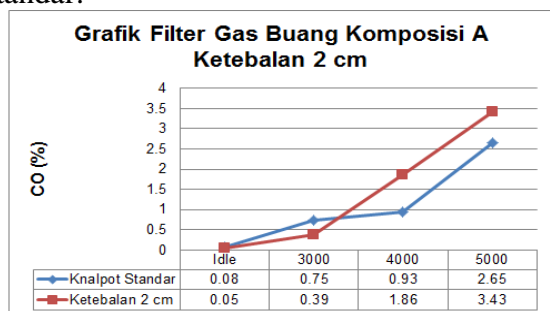
Hasil Pengujian Filter Gas Buang CO Dengan Komposisi Gypsum, Semen dan Lem dengan Variasi Ketebalan dan Variasi RPM

Perbandingan filter gas buang komposisi A ketebalan 1,2 dan 3 cm dengan knalpot standar untuk emisi gas buang CO dapat dilihat pada Gambar 3 sampai Gambar 5.



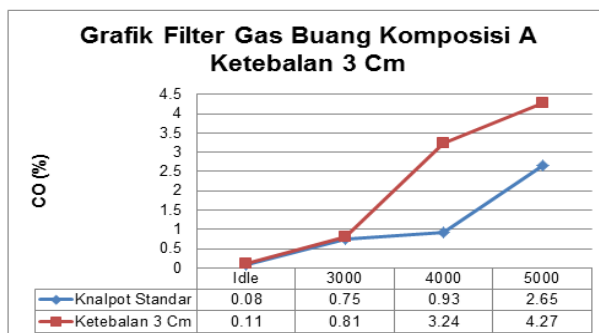
Gambar 3. Grafik Perbandingan Knalpot Dengan Filter Gas Buang Komposisi A Ketebalan 1 Cm Dengan Knalpot Standar

Pada kondisi idle knalpot dengan filter gas buang Komposisi A ketebalan 1 cm menghasilkan lebih banyak kadar CO sebesar 0,01% dibandingkan dengan knalpot standar. Pada rpm 3000 knalpot dengan filter gas buang Komposisi A ketebalan 1 cm menghasilkan 0,14% kadar CO lebih sedikit dibandingkan knalpot standar. Pada rpm 4000 knalpot dengan filter gas buang Komposisi A ketebalan 1 cm menghasilkan lebih banyak kadar CO sebesar 0,21% dibandingkan dengan knalpot standar. Pada rpm 5000 knalpot dengan filter gas buang gypsum ketebalan 1 cm menghasilkan 1,06% kadar CO lebih sedikit dibandingkan knalpot standar.



Gambar 4. Grafik Perbandingan Knalpot Dengan Filter Gas Buang Komposisi A Ketebalan 2 Cm Dengan Knalpot Standar

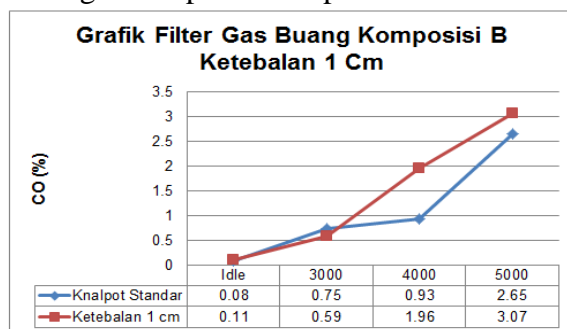
Pada kondisi idle knalpot dengan filter gas buang Komposisi A ketebalan 2 cm menghasilkan 0,03% kadar CO lebih sedikit dibandingkan knalpot standar. Pada rpm 3000 knalpot dengan filter gas buang Komposisi A ketebalan 2 cm menghasilkan 0,36% kadar CO lebih sedikit dibandingkan knalpot standar. Pada rpm 4000 knalpot dengan filter gas buang Komposisi A ketebalan 2 cm menghasilkan lebih banyak kadar CO sebesar 0,93% dibandingkan dengan knalpot standar. Pada rpm 5000 knalpot dengan filter gas buang Komposisi A ketebalan 2 cm menghasilkan lebih banyak kadar CO sebesar 0,78%.



Gambar 5. Grafik Perbandingan Knalpot Dengan Filter Gas Buang Komposisi A Ketebalan 3 Cm Dengan Knalpot Standar

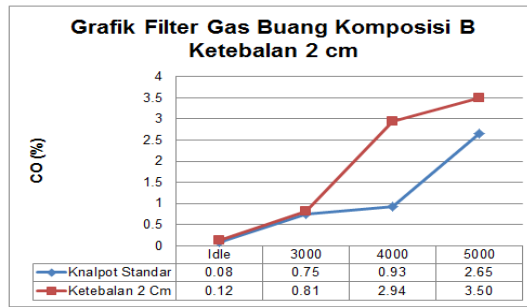
Pada kondisi idle knalpot dengan filter gas buang Komposisi A ketebalan 3 cm menghasilkan lebih banyak kadar CO sebesar 0,03% dibandingkan dengan knalpot standar. Pada rpm 3000 knalpot dengan filter gas buang Komposisi A ketebalan 3 cm menghasilkan lebih banyak kadar CO sebesar 0,06% dibandingkan dengan knalpot standar. Pada rpm 4000 knalpot dengan filter gas buang Komposisi A ketebalan 3 cm menghasilkan lebih banyak kadar CO sebesar 2,31% dibandingkan dengan knalpot standar. Pada rpm 5000 knalpot dengan filter gas buang gypsum ketebalan 3 cm menghasilkan lebih banyak kadar CO sebesar 1,62% dibandingkan dengan knalpot standar. Hal ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh (F, Hadi, and Ghofur 2020), (Hamid et al. 2021),(Prasetyo 2020), (Fajari and Ghofur 2019),

Perbandingan filter gas buang komposisi B ketebalan 1, 2 dan 3 cm dengan knalpot standar untuk emisi gas buang CO dapat dilihat pada Gambar 6 sampai 8.



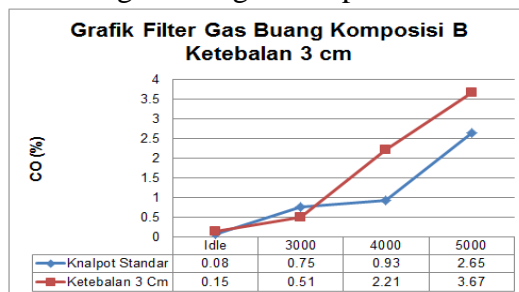
Gambar 6. Grafik Perbandingan Knalpot Dengan Filter Gas Buang Komposisi B Ketebalan 1 Cm Dengan Knalpot Standar

Pada kondisi idle knalpot dengan filter gas buang Komposisi B ketebalan 1 cm menghasilkan lebih banyak kadar CO sebesar 0,03% dibandingkan dengan knalpot standar. Pada rpm 3000 knalpot dengan filter gas buang Komposisi B ketebalan 1 cm menghasilkan 0,16% kadar CO lebih sedikit dibandingkan knalpot standar. Pada rpm 4000 knalpot dengan filter gas buang Komposisi B ketebalan 1 cm menghasilkan lebih banyak kadar CO sebesar 1,03% dibandingkan dengan knalpot standar. Pada rpm 5000 knalpot dengan filter gas buang Komposisi B ketebalan 1 cm menghasilkan lebih banyak kadar CO sebesar 0,42% dibandingkan dengan knalpot standar.



Gambar 7. Grafik Perbandingan Knalpot Dengan Filter Gas Buang Komposisi B Ketebalan 2 Cm Dengan Knalpot Standar

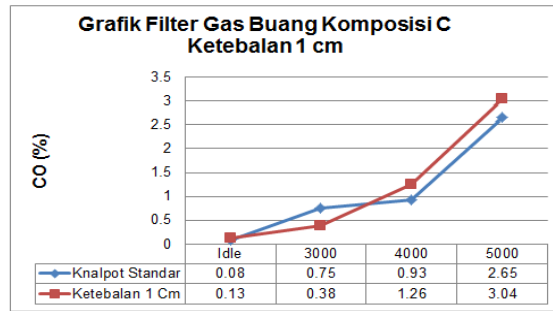
Pada kondisi idle knalpot dengan filter gas buang Komposisi B ketebalan 2 cm menghasilkan lebih banyak kadar CO sebesar 0,04% dibandingkan dengan knalpot standar. Pada rpm 3000 knalpot dengan filter gas buang Komposisi B ketebalan 2 cm menghasilkan lebih banyak kadar CO sebesar 0,06% dibandingkan dengan knalpot standar. Pada rpm 4000 knalpot dengan filter gas buang Komposisi B ketebalan 2 cm menghasilkan lebih banyak kadar CO sebesar 2,01% dibandingkan dengan knalpot standar. Pada rpm 5000 knalpot dengan filter gas buang Komposisi B ketebalan 2 cm menghasilkan lebih banyak kadar CO sebesar 0,85% dibandingkan dengan knalpot standar.



Gambar 8. Grafik Perbandingan Knalpot Dengan Filter Gas Buang Komposisi B Ketebalan 3 Cm Dengan Knalpot Standar

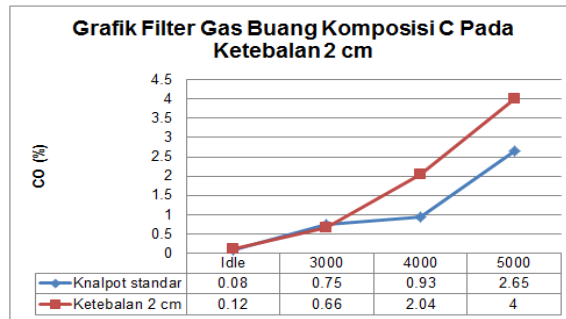
Pada kondisi idle knalpot dengan filter gas buang Komposisi B ketebalan 3 cm menghasilkan lebih banyak kadar CO sebesar 0,07% dibandingkan dengan knalpot standar. Pada rpm 3000 knalpot dengan filter gas buang Komposisi B ketebalan 3 cm menghasilkan 0,24% kadar CO lebih sedikit dibandingkan knalpot standar. Pada rpm 4000 knalpot dengan filter gas buang Komposisi B ketebalan 3 cm menghasilkan lebih banyak kadar CO sebesar 1,28% dibandingkan dengan knalpot standar. Pada rpm 5000 knalpot dengan filter gas buang Komposisi B ketebalan 3 cm menghasilkan lebih banyak kadar CO sebesar 1,02% dibandingkan dengan knalpot standar.

Perbandingan filter gas buang komposisi C ketebalan 1, 2 dan 3 cm dengan knalpot standar untuk emisi gas buang CO dapat dilihat pada Gambar 9 sampai Gambar 11.



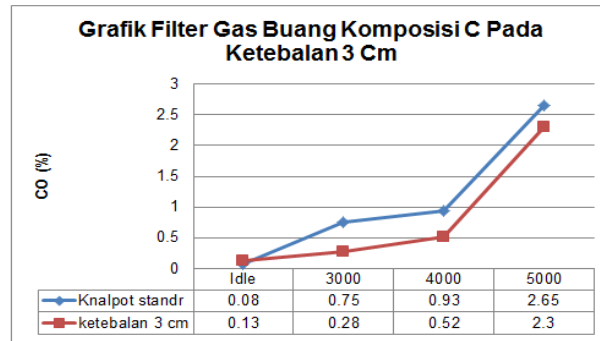
Gambar 9. Grafik Perbandingan Knalpot Dengan Filter Gas Buang Komposisi C Ketebalan 1 Cm Dengan Knalpot Standar

Pada kondisi idle knalpot dengan filter gas buang Komposisi C ketebalan 1 cm menghasilkan lebih banyak kadar CO sebesar 0,05% dibandingkan dengan knalpot standar. Pada rpm 3000 knalpot dengan filter gas buang Komposisi C ketebalan 1 cm menghasilkan 0,37% kadar CO lebih sedikit dibandingkan knalpot standar. Pada rpm 4000 knalpot dengan filter gas buang Komposisi C ketebalan 1 cm menghasilkan lebih banyak kadar CO sebesar 0,33% dibandingkan dengan knalpot standar. Pada rpm 5000 knalpot dengan filter gas buang knalpot dengan filter gas buang Komposisi C ketebalan 1 cm menghasilkan lebih banyak kadar CO sebesar 0,39% dibandingkan dengan knalpot standar.



Gambar 10. Grafik Perbandingan Knalpot Dengan Filter Gas Buang Komposisi C Ketebalan 2 Cm Dengan Knalpot Standar

Pada kondisi idle knalpot dengan filter gas buang Komposisi C ketebalan 2 cm menghasilkan lebih banyak kadar CO sebesar 0,04% dibandingkan dengan knalpot standar. Pada rpm 3000 knalpot dengan filter gas buang Komposisi C ketebalan 2 cm menghasilkan 0,09% kadar CO lebih sedikit dibandingkan knalpot standar. Pada rpm 4000 knalpot dengan filter gas buang Komposisi C ketebalan 2 cm menghasilkan lebih banyak kadar CO sebesar 1,11% dibandingkan dengan knalpot standar. Pada rpm 5000 knalpot dengan filter gas buang knalpot dengan filter gas buang Komposisi C ketebalan 2 cm menghasilkan lebih banyak kadar CO sebesar 1,35% dibandingkan dengan knalpot standar.



Gambar 11. Grafik Perbandingan Knalpot Dengan Filter Gas Buang Komposisi C Ketebalan 3 Cm Dengan Knalpot Standar

Pada kondisi idle knalpot dengan filter gas buang Komposisi C ketebalan 3 cm menghasilkan lebih banyak kadar CO sebesar 0,05% dibandingkan dengan knalpot standar. Pada rpm 3000 knalpot dengan filter gas buang Komposisi C ketebalan 3 cm menghasilkan 0,47% kadar CO lebih sedikit dibandingkan knalpot standar. Pada rpm 4000 knalpot dengan filter gas buang Komposisi ketebalan 3 cm menghasilkan 0,41% kadar CO lebih sedikit dibandingkan knalpot standar. Pada rpm 5000 knalpot dengan filter gas buang knalpot dengan filter gas buang Komposisi C ketebalan 3 cm menghasilkan 0,35% kadar CO lebih sedikit dibandingkan knalpot standar.

Karbon Monoksida (CO) merupakan hasil dari pembakaran yang tidak tuntas yang disebabkan karena tidak seimbangnya jumlah udara pada rasio udara bahan bakar (AFR). Nilai CO berdasarkan Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 05 Tahun 2006 tentang batas emisi gas buang yang diizinkan untuk maksimal 1,5% pada kondisi idle.

Berdasarkan Gambar 4.1 sampai 4.9, dapat dilihat hasil gas buang CO tertinggi terjadi pada filter gas buang Komposisi A ketebalan 3 cm pada perputaran mesin 5000 rpm dengan nilai 4,27%, sedangkan hasil gas buang CO terendah terjadi pada filter gas buang gypsum ketebalan 2 cm pada perputaran mesin kondisi idle dengan nilai 0,05%. Pada kondisi terendah hasil gas buang CO ini tidak melebihi batas emisi gas buang yang diizinkan.

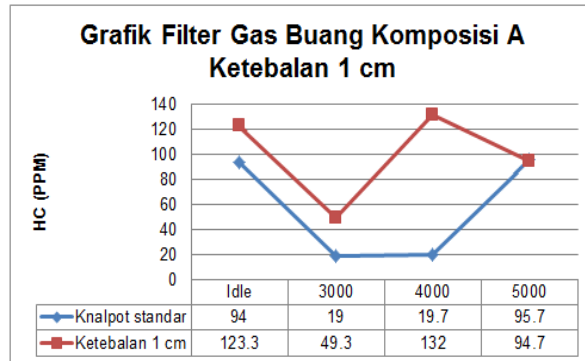
Filter gas buang Komposisi C ketebalan 3 cm mengalami penurunan dibandingkan knalpot standar dengan rpm mulai dari idle, 3000 rpm, 4000 rpm dan 5000 rpm. Hasil ini menunjukkan bahwa penggunaan filter gas buang gypsum, semen dan lem ketebalan 3 cm mampu mengurangi emisi CO dibandingkan knalpot standar sebanyak 0,05 % pada kondisi Idle, 0,47% pada 3000 rpm, 0,41% pada 4000 rpm, dan 0,35% pada 5000 rpm.

Pembakaran sering terjadi tidak sempurna, sehingga akan menghasilkan polutan. Semakin besar persentase ketidaksempurnaan pembakaran, akan semakin besar polutan yang dihasilkan. Karbon monoksida terjadi karena pembakarannya tidak sempurna yang disebabkan kurangnya jumlah udara dalam campuran yang masuk ke ruang bakar atau bisa juga karena kurangnya waktu yang tersedia untuk menyelesaikan pembakaran (Jayanti, dkk. 2014).

Emisi gas buang bergantung pada perbandingan bahan bakar udara yang digunakan. Perbandingan bahan bakar yang kaya menyebabkan kadar CO naik dan jika menggunakan perbandingan campuran yang miskin kadar CO menurun. Hal tersebut disebabkan karena terjadinya kesulitan penyalaan, kecepatan pembakaran yang rendah serta pembakaran yang tidak stabil (Arismunandar, 2015).

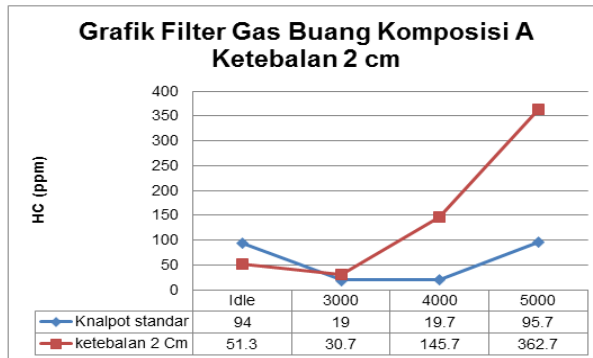
Hasil Pengujian Filter Gas Buang CO Dengan Komposisi Gypsum, Semen dan Lem dengan Variasi Ketebalan dan Variasi RPM

Perbandingan filter gas buang komposisi A ketebalan 1, 2 dan 3 cm dengan knalpot standar untuk emisi gas buang HC dapat dilihat pada Gambar 12 sampai 14.



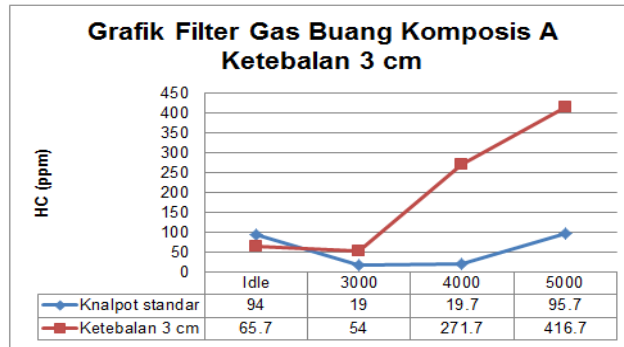
Gambar 12. Grafik Perbandingan Knalpot Dengan Filter Gas Buang Komposisi A Ketebalan 1 Cm Dengan Knalpot Standar

Pada kondisi idle knalpot dengan filter gas buang Komposisi A ketebalan 1 cm menghasilkan lebih banyak kadar HC sebesar 29,3 ppm dibandingkan dengan knalpot standar. Pada rpm 3000 knalpot dengan filter gas buang Komposisi A ketebalan 1 cm menghasilkan lebih banyak kadar HC sebesar 30,3 ppm dibandingkan dengan knalpot standar. Pada rpm 4000 knalpot dengan filter gas buang Komposisi A ketebalan 1 cm menghasilkan lebih banyak kadar HC sebesar 112,3 ppm dibandingkan dengan knalpot standar. Pada rpm 5000 knalpot dengan filter gas buang Komposisi A ketebalan 1 cm menghasilkan 1 ppm kadar HC lebih sedikit dibandingkan knalpot standar.



Gambar 13. Grafik Perbandingan Knalpot Dengan Filter Gas Buang Komposisi A Ketebalan 2 Cm Dengan Knalpot Standar

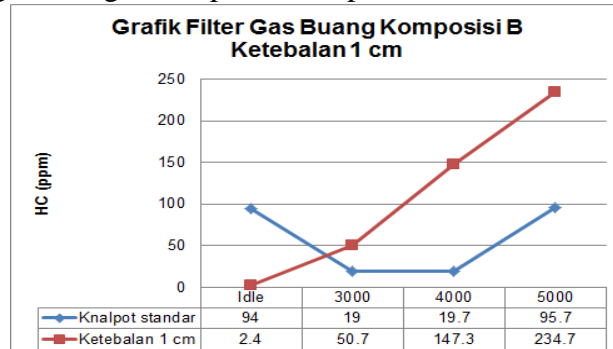
Perbandingan kadar HC antara knalpot dengan filter gas buang komposisi A ketebalan 2 cm dengan knalpot standar. Pada kondisi idle knalpot dengan filter gas buang Komposisi A ketebalan 2 cm menghasilkan 43,7 ppm kadar HC lebih sedikit dibandingkan knalpot standar. Pada rpm 3000 knalpot dengan filter gas buang Komposisi A ketebalan 2 cm menghasilkan lebih banyak kadar HC sebesar 11,7 ppm dibandingkan dengan knalpot standar. Pada rpm 4000 knalpot dengan filter gas buang Komposisi A ketebalan 2 cm menghasilkan lebih banyak kadar HC sebesar 126 ppm dibandingkan dengan knalpot standar. Pada rpm 5000 knalpot dengan filter gas buang Komposisi A ketebalan 2 cm menghasilkan lebih banyak kadar HC sebesar 267 ppm dibandingkan dengan knalpot standar.



Gambar 14. Grafik Perbandingan Knalpot Dengan Filter Gas Buang Komposisi A Ketebalan 3 Cm Dengan Knalpot Standar

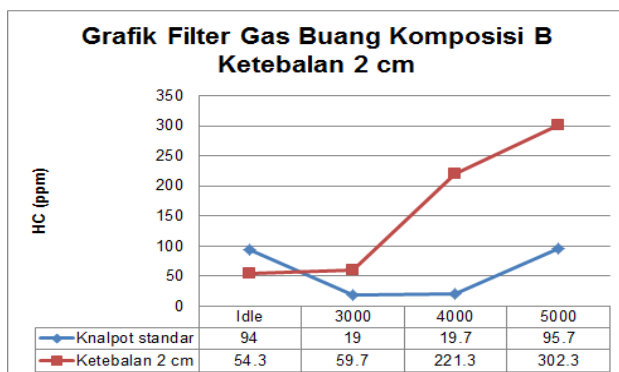
Pada kondisi idle knalpot dengan filter gas buang Komposisi A ketebalan 3 cm menghasilkan 28,3 ppm kadar HC lebih sedikit dibandingkan knalpot standar. Pada rpm 3000 knalpot dengan filter gas buang Komposisi A ketebalan 3 cm menghasilkan lebih banyak kadar HC sebesar 35 ppm dibandingkan dengan knalpot standar. Pada rpm 4000 knalpot dengan filter gas buang Komposisi A ketebalan 3 cm menghasilkan lebih banyak kadar HC sebesar 252 ppm dibandingkan dengan knalpot standar. Pada rpm 5000 knalpot dengan filter gas buang Komposisi A ketebalan 3 cm menghasilkan lebih banyak kadar HC sebesar 321 ppm dibandingkan dengan knalpot standar.

Perbandingan filter gas buang komposisi B ketebalan 1, 2 dan 3 cm dengan knalpot standar untuk emisi gas buang HC dapat dilihat pada Gambar 15 dan 17.



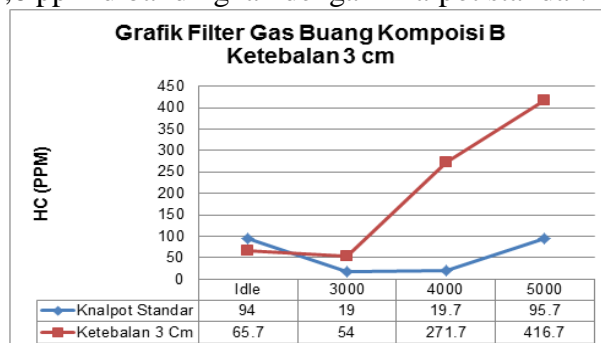
Gambar 15. Grafik Perbandingan Knalpot Dengan Filter Gas Buang Komposisi B Ketebalan 1 Cm Dengan Knalpot Standar

Pada kondisi idle knalpot dengan filter gas buang Komposisi B ketebalan 1 cm menghasilkan 91,6 ppm kadar HC lebih sedikit dibandingkan knalpot standar. Pada rpm 3000 knalpot dengan filter gas buang Komposisi B ketebalan 1 cm menghasilkan lebih banyak kadar HC sebesar 31,7 ppm dibandingkan dengan knalpot standar. Pada rpm 4000 knalpot dengan filter gas buang Komposisi B ketebalan 1 cm menghasilkan lebih banyak kadar HC sebesar 172,6 ppm dibandingkan dengan knalpot standar. Pada rpm 5000 knalpot dengan filter gas buang Komposisi B ketebalan 1 cm menghasilkan lebih banyak kadar HC sebesar 139 ppm dibandingkan dengan knalpot standar.



Gambar 16. Grafik Perbandingan Knalpot Dengan Filter Gas Buang Komposisi B Ketebalan 2 Cm Dengan Knalpot Standar

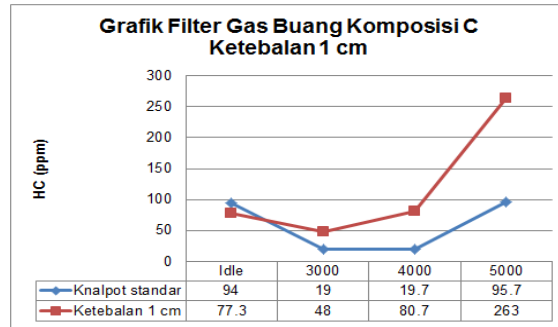
Pada kondisi idle knalpot dengan filter gas buang Komposisi B ketebalan 2 cm menghasilkan lebih banyak kadar CO sebesar 0,04% dibandingkan dengan knalpot standar. Pada rpm 3000 knalpot dengan filter gas buang Kombinasi B ketebalan 2 cm menghasilkan lebih banyak kadar HC sebesar 35,7 ppm dibandingkan dengan knalpot standar. Pada rpm 4000 knalpot dengan filter gas buang Kombinasi B ketebalan 2 cm menghasilkan lebih banyak kadar HC sebesar 201,6 ppm dibandingkan dengan knalpot standar. Pada rpm 5000 knalpot dengan filter gas buang Kombinasi B ketebalan 2 cm menghasilkan lebih banyak kadar HC sebesar 206,6 ppm dibandingkan dengan knalpot standar.



Gambar 17. Grafik Perbandingan Knalpot Dengan Filter Gas Buang Komposisi B Ketebalan 3 Cm Dengan Knalpot Standar

Pada kondisi idle knalpot dengan filter gas buang Komposisi B ketebalan 3 cm menghasilkan 28,3 ppm kadar HC lebih sedikit dibandingkan knalpot standar. Pada rpm 3000 knalpot dengan filter gas buang Komposisi B ketebalan 3 cm menghasilkan lebih banyak kadar HC sebesar 35 ppm dibandingkan dengan knalpot standar. Pada rpm 4000 knalpot dengan filter gas buang Komposisi B ketebalan 3 cm menghasilkan lebih banyak kadar HC sebesar 252 ppm dibandingkan dengan knalpot standar. Pada rpm 5000 knalpot dengan filter gas buang Komposisi B ketebalan 3 cm menghasilkan lebih banyak kadar HC sebesar 321 ppm dibandingkan dengan knalpot standar.

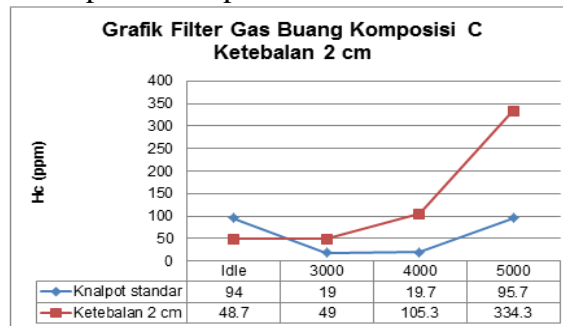
Perbandingan filter gas buang komposisi C ketebalan 1, 2 dan 3 cm dengan knalpot standar untuk emisi gas buang HC dapat dilihat pada Gambar 18 sampai 20.



Gambar 18. Grafik Perbandingan Knalpot Dengan Filter Gas Buang Komposisi C Ketebalan 1 Cm Dengan Knalpot Standar

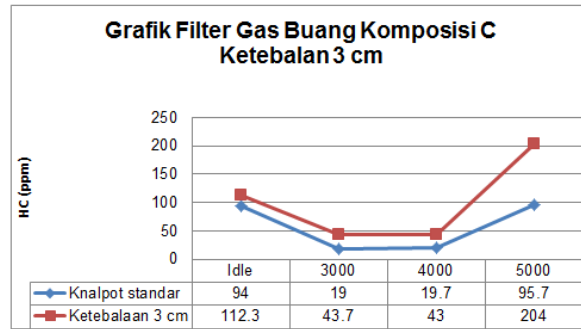
Pada kondisi idle knalpot dengan filter gas buang Komposisi C ketebalan 1 cm menghasilkan 16,7 ppm kadar HC lebih sedikit dibandingkan knalpot standar. Pada rpm 3000 knalpot dengan filter gas buang Komposisi C ketebalan 1 cm menghasilkan lebih banyak kadar HC sebesar 29 ppm dibandingkan dengan knalpot standar. Pada rpm 4000 knalpot dengan filter gas buang Komposisi C ketebalan 1 cm menghasilkan lebih banyak kadar HC sebesar 61 ppm dibandingkan dengan knalpot standar. Pada rpm 5000 knalpot dengan filter gas buang Komposisi C ketebalan 1 cm menghasilkan lebih banyak kadar HC sebesar 167,3 ppm dibandingkan dengan knalpot standar.

Perbandingan filter gas buang komposisi C ketebalan 2 cm dengan knalpot standar untuk emisi gas buang HC dapat dilihat pada Gambar 19.



Gambar 19. Grafik Perbandingan Knalpot Dengan Filter Gas Buang Komposisi C Ketebalan 2 Cm Dengan Knalpot Standar

Pada kondisi idle knalpot dengan filter gas buang Komposisi C ketebalan 2 cm menghasilkan 45,3 ppm kadar HC lebih sedikit dibandingkan knalpot standar. Pada rpm 3000 knalpot dengan filter gas buang Komposisi C ketebalan 2 cm menghasilkan lebih banyak kadar HC sebesar 30 ppm dibandingkan dengan knalpot standar. Pada rpm 4000 knalpot dengan filter gas buang Komposisi C ketebalan 2 cm menghasilkan lebih banyak kadar HC sebesar 85,6 ppm dibandingkan dengan knalpot standar. Pada rpm 5000 knalpot dengan filter gas buang Komposisi C ketebalan 2 cm menghasilkan lebih banyak kadar HC sebesar 238,6 ppm dibandingkan dengan knalpot standar.



Gambar 20. Grafik Perbandingan Knalpot Dengan Filter Gas Buang Komposisi C Ketebalan 3 Cm Dengan Knalpot Standar

Pada kondisi idle knalpot dengan filter gas buang Komposisi C ketebalan 3 cm menghasilkan 18,3 ppm kadar HC lebih banyak dibandingkan knalpot standar. Pada rpm 3000 knalpot dengan filter gas buang Komposisi C ketebalan 3 cm menghasilkan lebih banyak kadar HC sebesar 24,7 ppm dibandingkan dengan knalpot standar. Pada rpm 4000 knalpot dengan filter gas buang Komposisi C ketebalan 3 cm menghasilkan lebih banyak kadar HC sebesar 23,3 ppm dibandingkan dengan knalpot standar. Pada rpm 5000 knalpot dengan filter gas buang Komposisi C ketebalan 3 cm menghasilkan lebih banyak kadar HC sebesar 108,3 ppm dibandingkan dengan knalpot standar.

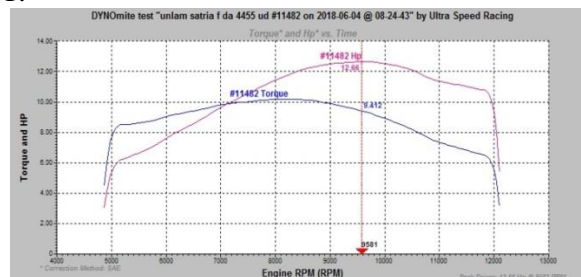
Berdasarkan Gambar 4.10 sampai 4.18, dapat dilihat hasil gas buang HC tertinggi terjadi pada filter gas buang Kombinasi A ketebalan 3 cm pada perputaran mesin 5000 rpm dengan nilai 416,7 ppm, sedangkan hasil gas buang HC terendah terjadi pada filter gas buang Kombinasi A ketebalan 2 cm pada perputaran mesin 3000 rpm dengan nilai 30,7 ppm. Kondisi terendah hasil gas buang HC ini tidak melebihi batas emisi gas buang yang diizinkan.

Filter gas buang Kombinasi C dengan ketebalan 1 cm, 2 cm dan 3 cm dengan rpm mulai dari idle, 3000 rpm, 4000 rpm dan 5000 rpm rata-rata mengalami kenaikan untuk hasil gas buang HC dibandingkan dengan knalpot standar.

Naik-turunnya kadar HC yang dihasilkan disebabkan oleh jumlah pasokan bahan bakar yang bercampur dengan udara bersih. Campuran yang miskin mengakibatkan kadar HC yang dihasilkan semakin besar karena lambatnya proses pembakaran yang terjadi sehingga bahan bakar akan keluar sebelum bahan bakar terbakar sempurna (Jayanti, dkk. 2014).

Hasil Pengujian Filter Gas Buang Komposisi Gypsum, Semen dan Lem Terhadap Daya dan Torsi

Hasil *pengujian* daya dan torsi knalpot dengan filter gas buang knalpot standar dapat dilihat pada Gambar 21.



Gambar 21. Grafik Hasil Pengujian Daya Dan Torsi Knalpot Standar

Dari Gambar 21 dapat diketahui performa daya mesin terbaik pada knalpot standar terdapat pada rpm 9582 adalah 12,66 Hp dan torsi mesin terbaik pada rpm 8237 adalah 10,19 N^m.

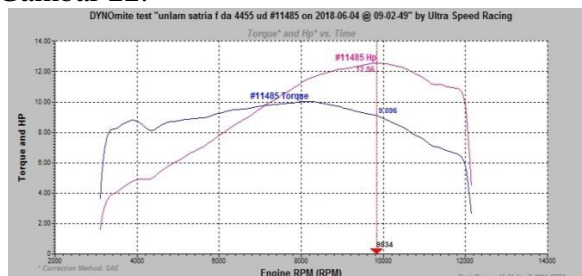
Hasil pengujian daya dan torsi knalpot dengan filter gas buang gypsum ketebalan 1 cm dapat dilihat pada Gambar 21.



Gambar 22. Grafik Hasil Pengujian Daya Dan Torsi Knalpot Dengan Filter Gas Buang Gypsum Ketebalan 1 cm

Performa daya mesin terbaik pada knalpot dengan menggunakan filter gas buang gypsum ketebalan 1 cm terdapat pada rpm 9850 adalah 12,77 Hp dan torsi mesin terbaik pada rpm 8147 adalah 10,33 N^m.

Hasil pengujian daya dan torsi knalpot dengan filter gas buang gypsum ketebalan 2 cm dapat dilihat pada Gambar 22.



Gambar 23. Grafik Hasil Pengujian Daya Dan Torsi Knalpot Dengan Filter Gas Buang Gypsum Ketebalan 2 Cm

Performa daya mesin terbaik pada knalpot dengan menggunakan filter gas buang gypsum ketebalan 2 cm terdapat pada rpm 9834 adalah 12,56 Hp dan torsi mesin terbaik pada rpm 8186 adalah 10,02 N^m.

Hasil pengujian daya dan torsi knalpot dengan filter gas buang gypsum ketebalan 3 cm dapat dilihat pada Gambar 23.



Gambar 24. Grafik Hasil Pengujian Daya Dan Torsi Knalpot Dengan Filter Gas Buang Gypsum Ketebalan 3 cm

Performa daya mesin terbaik pada knalpot dengan menggunakan filter gas buang gypsum ketebalan 3 cm terdapat pada rpm 9823 adalah 12,76 Hp dan torsi mesin terbaik pada rpm 7926 adalah 10,29 N^m. Penggunaan *filter* gas buang gypsum ketebalan 1 cm dapat meningkatkan performa mesin dibandingkan dengan knalpot dengan gypsum

ketebalan 2 cm dan 3 cm. Hal ini dikarenakan bentuk *filter* gas buang yang tidak menghalangi secara langsung aliran gas buang sehingga *back preses* yang dihasilkan dari pemasangan filter gas buang sangat kecil.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian yang telah dilakukan maka dapat ditarik beberapa kesimpulan :

1. Pada filter gas buang gypsum, semen dan lem ketebalan 3 cm mampu mengurangi emisi CO dibandingkan knalpot standar sebanyak 0,05% pada kondisi idle, 0,47% pada 3000 rpm, 0,41% pada 4000 rpm, dan 0,35% pada 5000 rpm.
2. Pada emisi gas HC tidak mengalami penurunan saat menggunakan filter gas buang gypsum namun pada pada filter gas buang gypsum ketebalan 2 cm pada perputaran mesin 3000 rpm dengan nilai 30,7 ppm. Kondisi terendah hasil gas buang HC ini tidak melebihi batas emisi gas buang yang diizinkan.
3. Filter gas buang gypsum ketebalan 1 cm mampu meningkatkan torsi sebanyak 4 Nm dibandingkan gypsum ketebalan 2 cm dan 3 cm.
4. Filter gas buang gypsum ketebalan 1 cm mampu meningkatkan daya performa mesin sebanyak 12,77 Hp dibandingkan gypsum ketebalan 2 cm dan 3 cm.

REFERENSI

- Arisma, D. *Pengaruh Penambahan Reheater Pada Knalpot Terhadap Emisi Gas Buang CO Sepeda Motor Yamaha Jupiter Z Tahun 2004*, Surakarta : Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Sebelas Maret.
- Sumardjo, D., 2008, *Pengantar Kimia : Buku Panduan Kuliah Mahasiswa Kedokteran dan Program Strata I Fakultas Bioeksakta*, Buku Kedokteran EGC, Jakarta.
- Supriatna, S., Arifin, M., 1997, *Bahan Galian Industri, Pusat Penelitian dan Pengembangan Teknologi Material*, Bandung.
- Ferguson R.F., 1986, *Internal Combustion Engine : Appied Thermodynamics*, John Wiley & Sons, New York.
- Belinda, Dea, Budi Setiadi, and Kata Kunci. 2022. "Rancang Bangun Dynamometer Model Prony Brake Untuk Alat Uji Motor Listrik." : 13–14.
- F, Performa Satria, Nasrul Hadi, and Abdul Ghofur. 2020. "Penggunaan Kaolin Dengan Aditif Tembaga Sebagai Catalytic Converter Terhadap Emisi Gas Buang Dan Performa Satria F150." 2(1): 23–38.
- Fajari, Fendi Agong, and Abdul Ghofur. 2019. "Pengaruh Valve Clearance Terhadap Performance Dan Emisi Gas Buang Pada Mesin Yamaha Jupiter Z1." *Jtam Rotary* 1(2): 193.
- Hamid, Abdul et al. 2021. "Pemanfaatan Karbon Aktif Dari Limbah Kulit Pisang Untuk Catalytic Converter Pada Mesin Diesel." *Jurnal Rekayasa Mesin* 12(3): 709–16.
- Irawansyah, Herry., Pathur Razi Ansyah. 2019. "Pengujian Dinamometer Prony Brake Untuk Praktikum Prestasi Mesin Motor Diesel." *Jurnal Polhasains* 07: 9–12.
- Prasetyo, Arif. A. Ghofur. 2020. "Pengaruh Penggunaan Catalytic Converter Berbahan Kaolin Aditif Tembaga (Cu) Terhadap Performa Dan Emisi Gas Buang Pada Kendaraan Bermotor Satria F150." 2(1): 93–108.
- Rozaq, Abdul et al. 2014. "Pengujian Dinamometer Prony Brake Untuk Praktikum Prestasi Mesin Motor Diesel." *Universitas Lambung Mangkurat* 3(1): 28–34.