



# PENGARUH KOMPOSISI KATALIS Cu-Fe/AL<sub>2</sub>O<sub>3</sub> DAN PANJANG HOUSING CATALYTIC CONVERTER TERHADAP EMISI GAS BUANG MESIN 4 LANGKAH 125 CC

Muhammad Akhlis Rizza<sup>1\*</sup>, Haris Puspito Buwono<sup>1</sup>, Muhammad Fikrul Aksa<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Politeknik Negeri Malang, Jl Soekarno Hatta 9 Malang, Indonesia  
Email Penulis: : [muh.akhlis@polinema.ac.id](mailto:muh.akhlis@polinema.ac.id)

## INFORMASI ARTIKEL

Naskah Diterima 19/06/2023  
Naskah Direvisi 29/06/2023  
Naskah Disetujui 29/06/2023  
Naskah Online 30/06/2023

## ABSTRAK

*Catalytic Converter* adalah alat yang digunakan sebagai pengontrol emisi gas buang pada knalpot. Pada *Catalytic Converter* terdapat media yang bersifat katalis, dimana media tersebut diharapkan dapat membantu atau mempercepat terjadinya proses perubahan suatu zat (reaksi kimia). Umumnya katalis yang digunakan saat ini masih menggunakan logam aktif mulia, seperti Platinum (Pt), Palladium (Pd), dan Rhodium (Rh) yang ketersediannya yang rendah dan harganya relatif mahal. Sebagai penggantinya digunakan bahan alternatif lain yaitu logam aktif transisi seperti Tembaga (Cu), Kromium (Cr), Nikel (Ni), dan Besi (Fe) yang mudah ditemukan dan memiliki harga yang lebih murah.

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh komposisi Cu-Fe/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> pada katalis *catalytic converter* terhadap emisi gas buang mesin 4 langkah 125cc. Metode penelitian yang digunakan adalah metode *experiment* dengan mencampurkan komposisi 10% Cu, 0% Fe, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 90%; 2,5% Cu, 2,5% Fe, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 90%; 5% Cu, 5% Fe, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 90%; 2,5% Cu, Fe 7,5%, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 90%; 0% Cu, Fe 10%, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 90%; pada katalis dan variasi panjang *housing* dengan ukuran 30 mm, 60 mm.

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa katalis dengan panjang *housing* 30 mm dengan komposisi 2,5 Cu - Fe 7,5% mampu menurunkan gas CO hingga 0,8%. Dengan rata-rata 1,82 % dibanding dengan knalpot standar yang memiliki rata-rata 4,86 %, sehingga terjadi penurunan gas CO sebesar 3,06 %. Serta terjadi penurunan gas HC pada komposisi katalis 0% Cu - 10% Fe yang mampu menurunkan gas HC hingga 51 ppm. Dengan rata-rata 53 ppm dibanding dengan knalpot standart yang memiliki rata-rata 152 ppm, sehingga terjadi penurunan gas HC 99 ppm.

Kata kunci: : *Catalytic converter*, Cu, Fe, Emisi Gas.

## 1. PENDAHULUAN

Jumlah penduduk negara Indonesia berbanding lurus dengan bertambahnya jumlah kendaraan yang beredar di pasaran. Jenis kendaraan sepeda motor adalah penyumbang jenis kendaraan terbanyak yang digunakan saat ini. Jumlah kendaraan sepeda motor di Indonesia mencapai lebih dari 133 juta unit pada tahun 2019. Menurut riset data yang terangkum dalam catatan Badan Pusat Statistik (BPS) Jumlah kendaraan naik sekitar lima persen sejak tiga tahun lalu. Pada tahun 2019, jumlah kendaraan naik bertambah 7.108.236 unit atau meningkat 5,3 persen menjadi 133.617.012 unit dari tahun sebelumnya

sebanyak 126.508.776 unit. Jumlah kendaraan di tahun 2018 naik 5,9 persen dari tahun 2017 sejumlah 118.922.708 unit. (CNN, 2021)

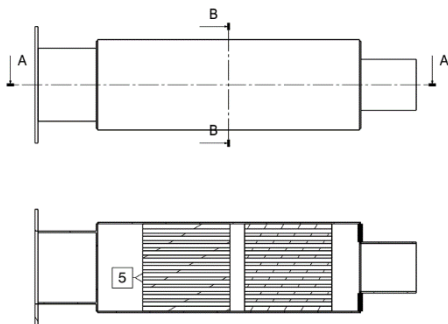
Dampak dari bertambahnya kendaraan adalah semakin meningkatnya pencemaran polusi udara. Polusi udara yang dihasilkan antara lain gas CO (karbon monoksida) dan gas HC (hidrokarbon) yang apabila terhirup oleh manusia melalui saluran pernafasan akan terjadi endapan pada haemoglobin darah membentuk (COHb). Semakin tinggi konsentrasi CO mengakibatkan semakin buruk bagi kesehatan manusia, bahkan bisa mengakibatkan kematian. Hal ini dikarenakan daya ikat gas CO terhadap Hb sebesar 240 kali lebih besar daripada daya ikat daya ikat CO terhadap O<sub>2</sub>..

Untuk mengurangi pencemaran udara perlu adanya usaha untuk menurunkan konsentrasi gas CO dan HC yaitu dengan menggunakan alat yang bernama *Catalytic converter* sebagai pengontrol emisi gas buang. Pada *Catalytic Converter* terdapat media yang bersifat katalis, dimana media tersebut diharapkan dapat membantu atau mempercepat terjadinya proses perubahan suatu zat (reaksi kimia) (Palinggi et al., 2018). Umumnya katalis yang digunakan saat ini masih menggunakan logam aktif mulia, seperti Platinum (Pt), Palladium (Pd), dan Rhodium (Rh) (Pambudi, 2018) yang ketersediannya yang rendah dan harganya relatif mahal. Sebagai penggantinya digunakan bahan alternatif lain yaitu logam aktif transisi seperti Tembaga (Cu), Kromium (Cr), Nikel (Ni), dan Besi (Fe) yang mudah ditemukan dan memiliki harga yang lebih murah.

Oleh sebab itu peneliti akan melakukan penelitian dengan mengkaji dan melakukan rancang bangun *catalytic converter* dengan memanfaatkan logam transisi sebagai bahan katalis yaitu Tembaga (Cu) dan besi (Fe) pada penyangga alumina ( $Al_2O_3$ ).

## 2. METODE PENELITIAN

Pada sepeda motor ini, *catalytic converter* dipasang dengan komposisi dan panjang *housing* yang telah ditentukan. Dengan pemasangan *catalytic converter* diharapkan dapat menurunkan kadar emisi gas CO dan HC dari kondisi standar sehingga lebih ramah lingkungan terhadap peencemaran udara.



Gambar 1 : Pemasangan *Catalytic Converter*

Penambahan bubuk logam pada keramik dengan cara mencampur tiap-tiap variabel komposisi Cu-Fe/ $Al_2O_3$  dengan 60 gram *aquadest* kemudian di *drying* pada suhu  $100^{\circ}C$  dan dilanjutkan dengan proses kalsinasi pada suhu  $500^{\circ}C$ .

Tabel 1. Berat Komposisi

Komposisi Target (%)	Cu (gram)	Fe (gram)
2,5	5,01	9,04
5	10,28	18,56
7,5	15,84	28,6
10	21,7	39,2

Pada penelitian ini jenis penelitian dengan menggunakan metode yang digunakan adalah metode yang digunakan adalah metode eksperimen. Alasannya dikarenakan untuk mengetahui hubungan sebab akibat yang ditimbulkan dengan adanya pemberian pengaruh terhadap proses penelitian.



Gambar 2: pengujian emisi

## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Dari pengujian pada varian komposisi Cu-Fe/ $Al_2O_3$  dan panjang *housing* didapatkan hasil terbaik dengan data sebagai berikut :

1. Komposisi 10% Cu- 0%Fe / 90% Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>

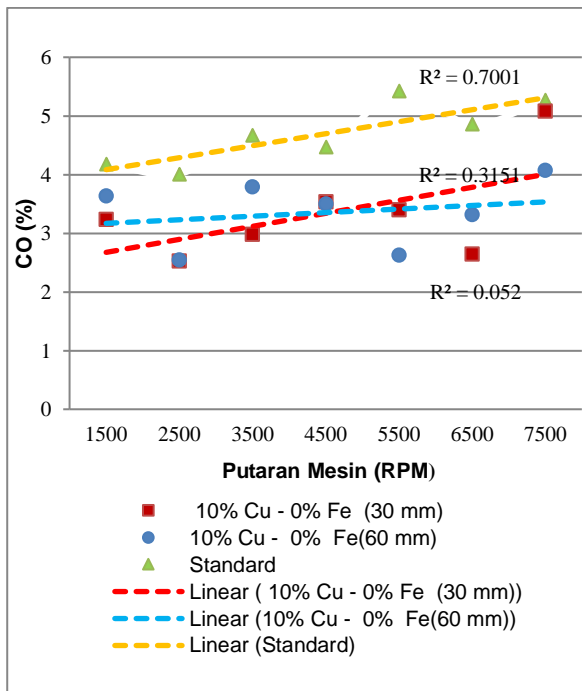
diperoleh nilai emisi gas CO tertinggi 4,07 % dan nilai emisi gas CO terendah 2,54 %

Tabel 2 Data pengujian gas CO

Putaran Mesin (RPM)	Gas CO (%)		
	Standar	30mm	60mm
1500	4,18	3,23	3,63
2500	4,01	2,52	2,54
3500	4,67	2,98	3,79
4500	4,47	3,53	3,493
5500	5,42	3,4	2,627
6500	4,54	2,64	3,313
7500	5,28	5,08	4,07

Tabel 3 Data pengujian gas HC

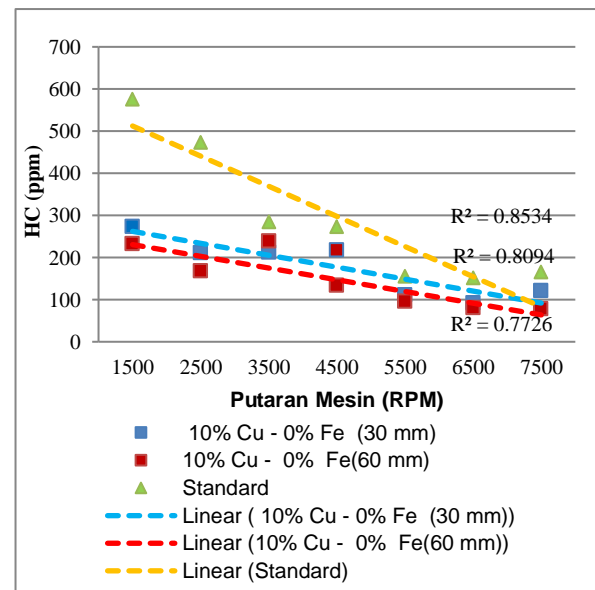
Putaran Mesin (RPM)	Gas HC (ppm)		
	Standar	30mm	60mm
1500	577	320	327
2500	474	247	240
3500	286	233	184
4500	275	185	125
5500	156	110	97
6500	148	89	83
7500	167	88	68



Gambar 3. Grafik perbandingan CO

Pada gambar 3 dapat dilihat pada pengujian dengan katalis emisi gas CO lebih rendah dari pada tanpa menggunakan katalis. Hal ini disebabkan karena penggunaan katalis logam 10% Cu - 0% Fe mengakibatkan proses oksidasi pada emisi gas CO lebih cepat.

Penggunaan katalis logam 10% Cu - 0% Fe dengan panjang housing 30 mm diperoleh nilai emisi gas CO tertinggi 5,08 % dan nilai emisi gas CO terendah 2,52 %. Pada penggunaan katalis logam 10% Cu - 0% Fe dengan panjang housing 60 mm



Gambar 4. Grafik perbandingan HC

Pada gambar 4 dapat dilihat pada pengujian dengan katalis emisi gas HC lebih rendah dari pada tanpa menggunakan katalis. Hal ini disebabkan karena penggunaan katalis logam 10% Cu - 0% Fe mengakibatkan proses penguraian gas HC lebih cepat.

Pada penggunaan katalis logam 10% Cu - 0% Fe dengan panjang housing 30 mm diperoleh nilai emisi gas HC tertinggi 273 ppm dan nilai emisi gas HC terendah 93 ppm. Pada penggunaan katalis logam 10% Cu - 0% Fe dengan panjang housing 60 mm diperoleh nilai emisi gas HC tertinggi 239 ppm dan nilai emisi gas HC terendah 79 ppm.

diperoleh nilai emisi gas CO tertinggi 4,31 % dan nilai emisi gas CO terendah 1,93 %.

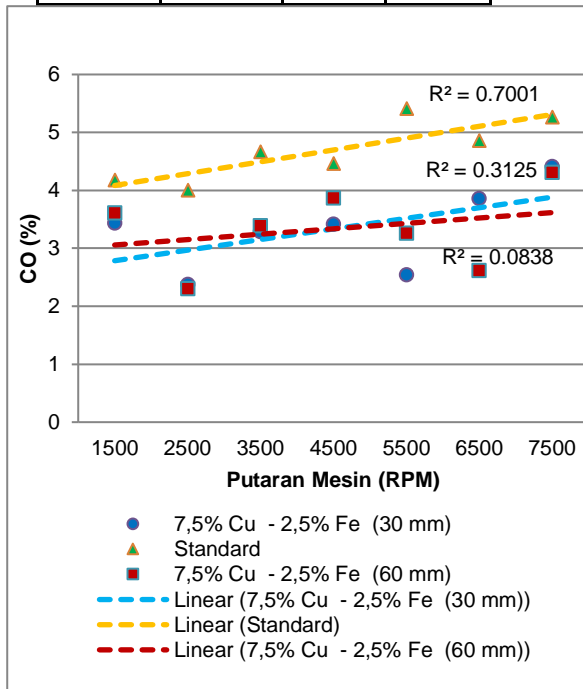
2. 7,5% Cu- 2,5% Fe/ 90% Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>.

Tabel 4 Data pengujian CO

Putaran Mesin (RPM)	Gas CO (%)		
	Standar	30mm	60mm
1500	4,18	3,44	3,61
2500	4,01	2,38	2,3
3500	4,67	3,29	3,39
4500	4,47	3,42	3,87
5500	5,42	2,54	3,26
6500	4,54	3,86	2,62
7500	5,28	4,41	4,31

Tabel 5 Data pengujian HC

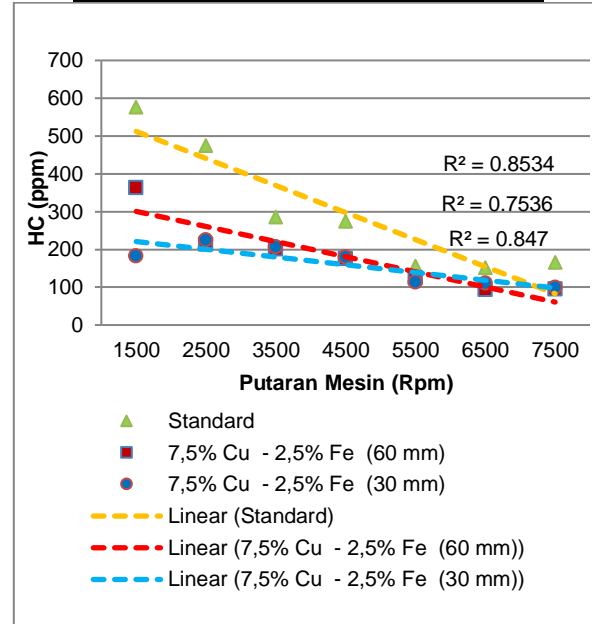
Putaran Mesin (RPM)	Gas HC (ppm)		
	Standar	30mm	60mm
1500	577	183	363
2500	474	225	213
3500	286	206	201
4500	275	179	175
5500	156	113	124
6500	148	111	94
7500	167	99	95



Gambar 5. Grafik pengujian CO

Pada gambar 5 dapat dilihat pada pengujian dengan katalis emisi gas CO lebih rendah dari pada tanpa menggunakan katalis. Hal ini disebabkan karena penggunaan katalis logam 7,5% Cu - 2,5% Fe mengakibatkan proses oksidasi pada emisi gas CO lebih cepat.

Pada penggunaan katalis logam 7,5% Cu - 2,5% Fe dengan panjang housing 30 mm diperoleh nilai emisi gas CO tertinggi 4,41 % dan nilai emisi gas CO terendah 2,38 %. Pada penggunaan katalis logam 7,5% Cu - 2,5% Fe dengan panjang housing 60 mm



Gambar 6. Grafik pengujian HC

Pada gambar 6 dapat dilihat pada pengujian dengan katalis emisi gas HC lebih rendah dari pada tanpa menggunakan katalis. Hal ini disebabkan karena penggunaan katalis logam 7,5% Cu - 2,5% Fe mengakibatkan proses penguraian gas HC lebih cepat.

Pada penggunaan katalis logam 7,5% Cu - 2,5% Fe dengan panjang housing 30 mm diperoleh nilai emisi gas HC tertinggi 225 ppm dan nilai emisi gas HC terendah 99 ppm. Pada penggunaan katalis logam 7,5% Cu - 2,5% Fe dengan panjang housing 60 mm diperoleh nilai emisi gas HC tertinggi 363 ppm dan nilai emisi gas HC terendah 95 ppm.

nilai emisi gas CO tertinggi 3,75% dan nilai emisi gas CO terendah 2,00%.

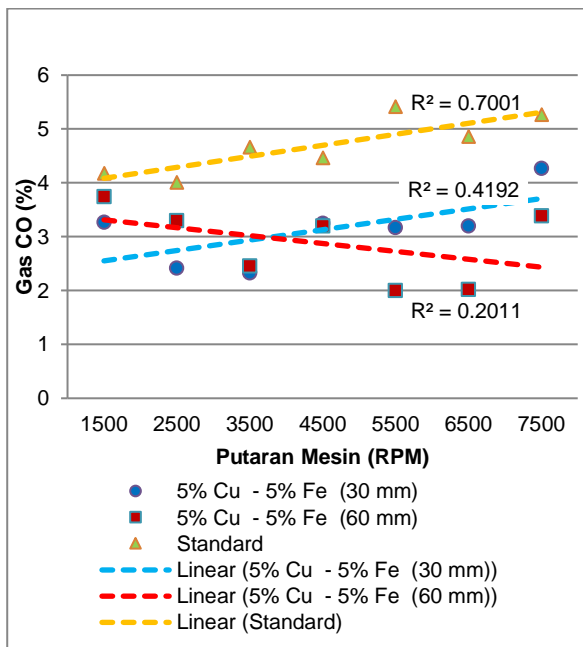
3. 5% Cu- 5% Fe/ 90% Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>

Tabel 6 Data pengujian CO

Putaran Mesin (RPM)	Gas CO (%)		
	Standar	30mm	60mm
1500	4,18	3,27	3,75
2500	4,01	2,42	3,3
3500	4,67	2,33	2,46
4500	4,47	3,25	3,20
5500	5,42	3,17	2,00
6500	4,54	3,2	2,02
7500	5,28	4,27	3,39

Tabel 7 Data pengujian HC

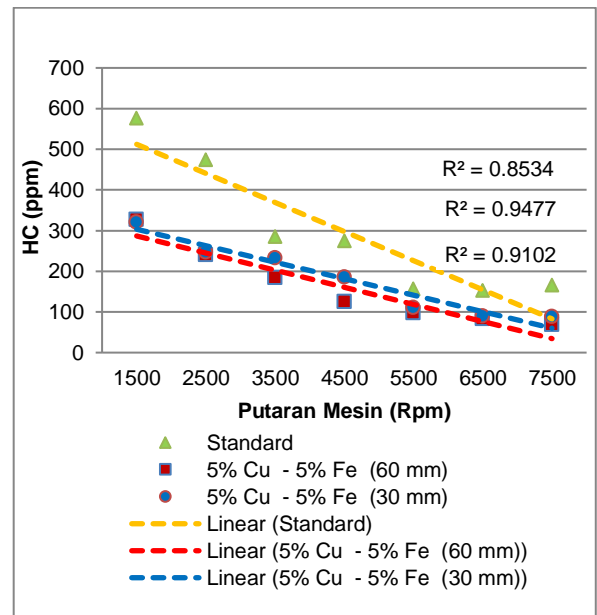
Putaran Mesin (RPM)	Gas HC (ppm)		
	Standar	30mm	60mm
1500	577	320	327
2500	474	247	240
3500	286	233	184
4500	275	185	125
5500	156	110	97
6500	148	89	83
7500	167	88	68



Gambar 7. Grafik pengujian CO

Pada gambar 7 dapat dilihat pada pengujian dengan katalis emisi gas CO lebih rendah dari pada tanpa menggunakan katalis. Hal ini disebabkan karena penggunaan katalis logam 5% Cu - 5% Fe mengakibatkan proses oksidasi pada emisi gas CO lebih cepat.

Pada penggunaan katalis logam 5% Cu - 5% Fe dengan panjang housing 30 mm diperoleh nilai emisi gas CO tertinggi 4,27% dan nilai emisi gas CO terendah 2,33%. Pada penggunaan katalis logam 5% Cu - 5% Fe dengan panjang housing 60 mm diperoleh



Gambar 8. Grafik pengujian HC

Pada gambar 8 dapat dilihat pada pengujian dengan katalis emisi gas HC lebih rendah dari pada tanpa menggunakan katalis. Hal ini disebabkan karena penggunaan katalis logam 7,5% Cu - 2,5% Fe mengakibatkan proses penguraian gas HC lebih cepat.

Pada penggunaan katalis logam 5% Cu - 5% Fe dengan panjang housing 30 mm diperoleh nilai emisi gas HC tertinggi 320 ppm dan nilai emisi gas HC terendah 88 ppm. Pada penggunaan katalis logam 5% Cu - 5% Fe dengan panjang housing 60 mm diperoleh nilai emisi gas HC tertinggi 327 ppm dan nilai emisi gas HC terendah 68 ppm.

diperoleh nilai emisi gas CO tertinggi 4,32% dan nilai emisi gas CO terendah 2,58%.

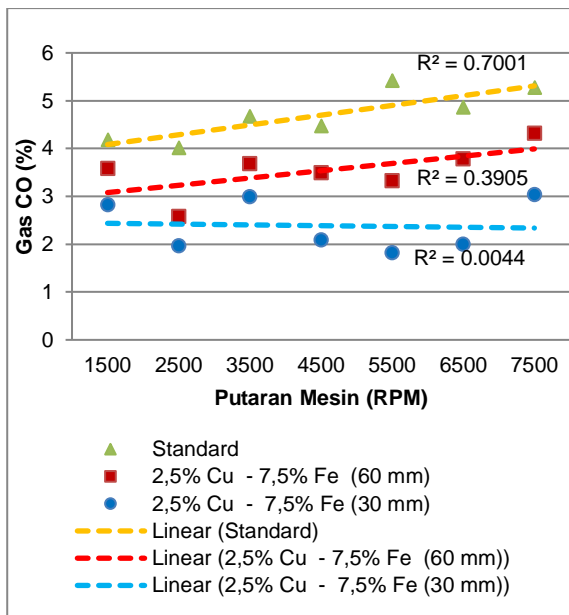
4. 7,5% Cu- 2,5% Fe/ 90% Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>

Tabel 8 Data Pengujian CO

Putaran Mesin (RPM)	Gas CO (%)		
	Standar	30mm	60mm
1500	4,18	2,82	3,58
2500	4,01	1,96	2,58
3500	4,67	2,99	3,68
4500	4,47	2,09	3,49
5500	5,42	1,82	3,32
6500	4,54	2,00	3,78
7500	5,28	3,03	4,32

Tabel 9 Data pengujian HC

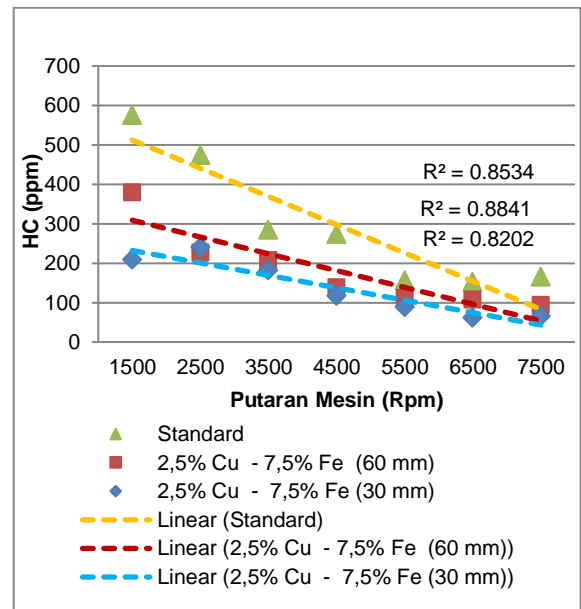
Putaran Mesin (RPM)	Gas HC (ppm)		
	Standar	30mm	60mm
1500	577	209	380
2500	474	240	227
3500	286	182	208
4500	275	117	139
5500	156	88	112
6500	148	62	108
7500	167	65	94



Gambar 9. Grafik pengujian CO

Pada gambar 9 dapat dilihat pada pengujian dengan katalis emisi gas CO lebih rendah dari pada tanpa menggunakan katalis. Hal ini disebabkan karena penggunaan katalis logam 2,5% Cu - Fe 7,5% mengakibatkan proses oksidasi pada emisi gas CO lebih cepat.

Pada penggunaan katalis logam 2,5% Cu - Fe 7,5% dengan panjang housing 30 mm diperoleh nilai emisi gas CO tertinggi 3,03% dan nilai emisi gas CO terendah 1,82 %. Pada penggunaan katalis logam 2,5% Cu - Fe 7,5% dengan panjang housing 60 mm



Gambar 10. Grafik pengujian HC

Pada gambar 10 dapat dilihat pada pengujian dengan katalis emisi gas HC lebih rendah dari pada tanpa menggunakan katalis. Hal ini disebabkan karena penggunaan katalis logam 2,5% Cu - Fe 7,5% mengakibatkan proses penguraian gas HC lebih cepat.

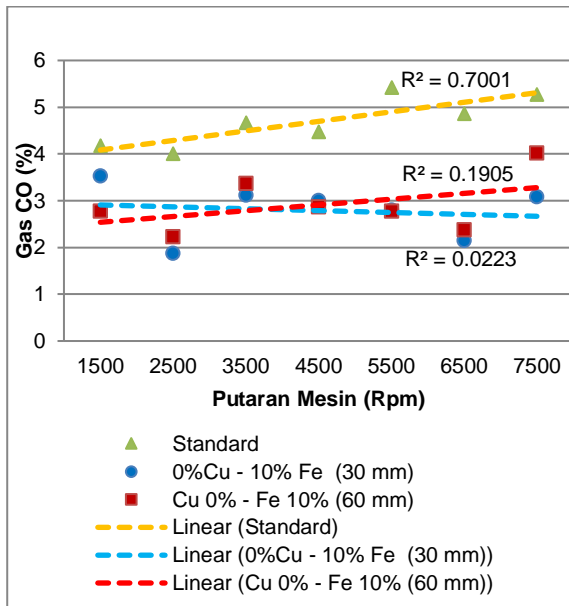
Pada penggunaan katalis logam 2,5% Cu - Fe 7,5% dengan panjang housing 30 mm diperoleh nilai emisi gas HC tertinggi 209 ppm dan nilai emisi gas HC terendah 65 ppm. Pada penggunaan katalis logam 2,5% Cu - Fe 7,5% dengan panjang housing 60 mm diperoleh nilai emisi gas HC tertinggi 380 ppm dan nilai emisi gas HC terendah 94 ppm.

terendah 1,87%. Pada penggunaan katalis logam 0% Cu - Fe 10% dengan panjang housing 60 mm diperoleh nilai emisi gas CO tertinggi 4,02% dan nilai emisi gas CO terendah 1,90%.

5. 0% Cu- 10% Fe/ 90% Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>.

Tabel 10 Data pengujian CO

Putaran Mesin (RPM)	Gas CO (%)		
	Standar	30mm	60mm
1500	4,18	3,53	2,77
2500	4,01	2,22	1,90
3500	4,67	3,11	3,36
4500	4,47	3,00	2,86
5500	5,42	2,79	2,77
6500	4,54	2,14	2,37
7500	5,28	3,08	4,02



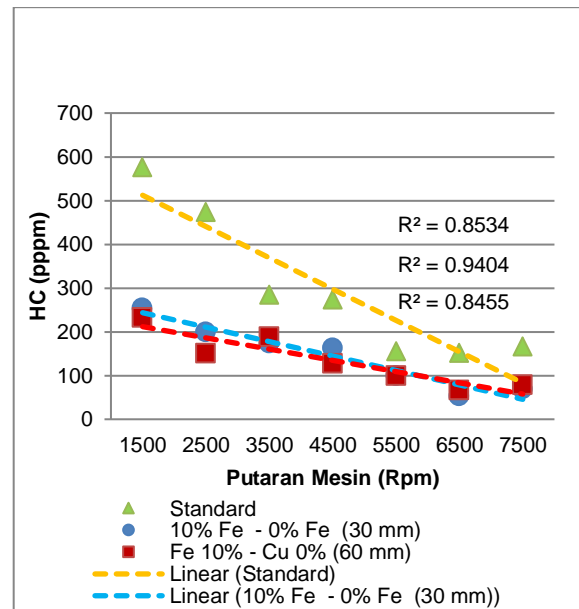
Gambar 11. Grafik pengujian CO

Pada gambar 11 dapat dilihat pada pengujian dengan katalis emisi gas CO lebih rendah dari pada tanpa menggunakan katalis. Hal ini disebabkan karena penggunaan katalis logam 0% Cu - Fe 10% mengakibatkan proses oksidasi pada emisi gas CO lebih cepat.

Pada penggunaan katalis logam 0% Cu - Fe 10% dengan panjang housing 30 mm diperoleh nilai emisi gas CO tertinggi 3,53% dan nilai emisi gas CO

Tabel 11 Data pengujian HC

Putaran Mesin (RPM)	Gas HC (ppm)		
	Standar	30mm	60mm
1500	577	254	232
2500	474	200	151
3500	286	174	189
4500	275	163	127
5500	156	99	99
6500	148	53	66
7500	167	69	79



Gambar 12. Grafik pengujian HC

Pada gambar 12 dapat dilihat pada pengujian dengan katalis emisi gas HC lebih rendah dari pada tanpa menggunakan katalis. Hal ini disebabkan karena penggunaan katalis logam 0% Cu - Fe 10% mengakibatkan proses penguraian gas HC lebih cepat.

Pada penggunaan katalis logam 0% Cu - Fe 10% dengan panjang housing 30 mm diperoleh nilai emisi gas HC tertinggi 254 ppm dan nilai emisi gas HC terendah 69 ppm. Pada penggunaan katalis logam 2,5% Cu - Fe 7,5% dengan panjang housing

60 mm diperoleh nilai emisi gas HC tertinggi 232 ppm dan nilai emisi gas HC terendah 79 ppm.

#### 4. KESIMPULAN

Pengaruh komposisi Cu-Fe/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> terhadap kadar emisi gas CO dan HC pada motor bensin 4 langkah 125 cc sebagai berikut :

1. Penggunaan komposisi 2,5%Cu – 7,5%Fe pada putaran mesin 5500 RPM mampu menurunkan gas CO terendah pada 1,82 %, pada komposisi 5% Cu – 5% Fe dan putaran mesin 6500 RPM mampu menurunkan gas CO terendah pada 2,0 %.
2. Penggunaan komposisi 0% Cu – 10% Fe pada putaran mesin 6500 RPM mampu menurunkan gas HC hingga 53 ppm.
3. Variasi dalam penelitian ini menunjukkan bahwa katalis dengan panjang *housing* 60 mm lebih efektif dari pada *housing* 30 mm dalam menurunkan emisi gas CO dan HC. Hal ini disebabkan karena semakin panjang *housing* maka semakin banyak kontak emisi gas CO dan HC dengan permukaan katalis. Pada panjang *housing* 30 mm memiliki luas penampang 290.928,065 mm<sup>2</sup> dan sedangkan pada *housing* 60 mm memiliki luas penampang 318.340,265 mm<sup>2</sup>.

#### 5. DAFTAR PUSTAKA

##### Referensi Jurnal

- [1] Arends, B., & Berenschot, H. (1980). Motor bensin. Jakarta: Erlangga.
- [2] Amalia, M. (2015). Pengaruh Penambahan Karbon Aktif Dari Arang Tempurung Kelapa Terhadap Karakteristik Cordieret (2MgO. 2Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. 5SiO<sub>2</sub>) Berpori sebagai Bahan Filter Gas Buang (Doctoral dissertation, UNIMED).
- [3] Amin, M., & Subri, M. (2015). Pengaruh penambahan tembaga terhadap densitas material *ceramic matrix composit* (cmc) untuk aplikasi filter gas emisi kendaraan. *Traksi*, 15(1).
- [4] Erman, E., & Sugiarto, S. (2020). Upaya Penurunan Emisi Gas Buang pada Mesin Bensin Sistem Bahan Bakar Konvensional Menggunakan *Catalytic Converter* Aluminium untuk Kenyamanan Praktikum. *Jurnal Ilmiah Teknik Pertanian-TekTan*, 12(1), 12-23.
- [5] Fiqhi, M. M. (2020). Pengaruh Penambahan Katalitik Konverter Kawat Nikel Dan Tembaga Berbentuk Saringan Terhadap Emisi Gas Buang Motor Supra X 125. Universitas Negeri Semarang.
- [6] Harto, S. (2018). *The Performance of Chrome-Coated Copper as Metallic Catalytic Converter to Reduce Exhaust Gas Emissions from Spark-Ignition Engine*. Paper presented at the IOP Conference Series: Materials Science and Engineering.
- [7] Irawan, B., & Hardjito, A. (2019). Optimalisasi *Composit* Absorber Pada Mufler Untuk Menurunkan Kadar Emisi Gas Buang Motor Bensin. *Jurnal Energi dan Teknologi Manufaktur (JETM)*, 2(01), 13-22.
- [8] Irawan, B., & Nurcholis, L. (2016). Pemanfaatan Logam Transisi Tembaga dan Nikel Sebagai bahan Katalis Untuk Mereduksi Emisi Gas Karbon Monoksida Kendaraan Bermotor. *Simpodium Nasional Teknologi Terapan (SNTT)*.
- [9] Irawan, R. B. (2012). Unjuk Kemampuan Katalis Tembaga Berlapis Mangan Alam Mengurangi Emisi Gas *Hidrocarbon* Motor Bensin. *Traksi*, 12(2).
- [10] Kamilan, T. Y. (2016). Uji Performa Catalytic Converter Keramik Berpori Paduan Clay Banjarnegara Dan Cu Untuk Mereduksi Gas Carbon Monoksida". *Skripsi. Semarang: Universitas Muhammadiyah Semarang*.
- [11] Mokhtar, A. (2014). Catalytic converter jenis katalis plat tembaga berbentuk sarang lebah untuk mengurangi emisi kendaraan bermotor. *Jurnal Gamma*, 10(1).
- [12] Palinggi, A., Rerung, O. D., & Hattu, E. P. (2018). Kajian Penggunaan Zeolit Alam Kabupaten Kupang Untuk Menurunkan Emisi Gas Buang Co dan HC Pada Motor Bensin 4 Silinder. *Jurnal Teknik Mesin*, 1(1), 33-42.
- [13] Pranata, A., Siregar, A. M., Dharma, B., Damanik, W. S., & Nasution, A. R. (2021). Mamfaatkan Limbah Skrap Aluminium Untuk Knalpot Sepeda Motor Vega ZR Tahun 2011 Guna Mengurangi Polusi Udara. *Jurnal Rekayasa Material, Manufaktur dan Energi*, 4(2), 160-168.
- [14] Rahma, A. (2019). Sintesis dan karakterisasi katalis nimo/ $\gamma$ -al<sub>2</sub>o<sub>3</sub> dengan penambahan zeolit hy, zeolit hirarki hy dan silika. Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Syarif Hidayatullah ....
- [15] Suharto, W. A. (2020). Pengaruh Logam Aktif Cu-Fe Pada Alumina *Catalytic Converter* Terhadap Emisi Gas Buang Kendaraan Bermotor.
- [16] Sebayang, P., Muljadi, M., & Ginting, M. (2007). Pengaruh Penambahan Serbuk Kayu Terhadap Karakteristik Keramik Cordierite Berpori Sebagai Bahan Filter Gas Buang. *Jurnal Fisika Himpunan Fisika Indonesia*, 7(1), 25-38.