



***THE EFFECT OF THE INSTALLATION OF MODIFIED COPPER IN THE MUFFLER AND THE USE OF PERTALIT-ETHANOL MIXED FUEL ON THE REDUCTION OF CO EXHAUST GAS***

**PENGARUH PEMASANGAN TEMBAGA TERMODIFIKASI DI KNALPOT DAN PENGGUNAAN BAHAN BAKAR CAMPURAN PERTALIT-ETANOL TERHADAP PENURUNAN CO GAS BUANG**

Nasrun<sup>1</sup>, Arif Setyo Nugroho<sup>1\*</sup>

**Abstract**

*This study aims to determine the effectiveness of the use of modified copper waste to reduce levels of carbon monoxide (CO). Incomplete combustion in the combustion motor will produce very high toxic gases, one of which is CO. Copper waste in the form of plates is shaped like a honeycomb and modified with the addition of SiO, activated carbon and ZSM-5. Testing using a motorized two-wheeled motor vehicle 4 stroke 125 CC, fuel using pertalit, gasohol E5, E10, E15. The test carried out is an emission test. The maximum results of carbon monoxide reduction are using copper modified Sio-C 75% and ZSM-5 25%, the fuel used is pure pertalit at RPM 9000, reducing CO by 3.59%, where the test using a standard exhaust is not given modified copper CO levels of 4.97% and when fitted with a modified exhaust the CO level becomes 1.38%.*

**Keywords**

*Carbon monoxide, pollution, copper, fuel, reduction*

**Abstrak**

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui efektifitas pemanfaatan limbah tembaga yang dimodifikasi untuk menurunkan kadar karbon monoksida (CO). Pembakaran tidak sempurna di motor bakar akan menghasilkan gas beracun yang sangat tinggi salah satunya adalah CO. Limbah tembaga berupa plat dibentuk seperti sarang lebah dan di modifikasi dengan penambahan SiO, karbon aktif dan ZSM-5. Pengujian menggunakan kendaraan bermotor roda dua 4 langkah 125 CC, bahan bakar menggunakan pertalit, gasohol E5, gasohol E10, gasohol E15. Pengujian yang dilakukan adalah uji emisi. Hasil maksimal reduksi karbon monoksida yaitu menggunakan tembaga termodifikasi Sio-C 75% dan ZSM-5 25%, bahan bakar yang digunakan pertalit murni pada RPM 9000 reduksi CO sebesar 3,59%, dimana pengujian menggunakan knalpot standar tidak diberi tembaga termodifikasi kadar CO sebesar 4,97 % dan ketika dipasang knalpot yang dimodifikasi kadar CO menjadi 1,38% .

**Kata Kunci**

Karbon monoksida, polusi, tembaga, bahan bakar, kendaraan

<sup>1</sup> Jurusan Teknik Mesin STT Warga Surakarta

Jl Raya Solo Baki Km 2 Kwarasan Solobaru Sukoharjo.

\*[nasrulasnan97@gmail.com](mailto:nasrulasnan97@gmail.com)

Submitted : November 30, 2020. Accepted : July 10, 2021. Published : December 14, 2021.



## PENDAHULUAN

Udara merupakan kebutuhan penting dalam kehidupan manusia, akan tetapi di era yang semakin maju ini, adanya pencemaran udara membuat udara yang awalnya bersih dan segar berubah menjadi kotor dan membahayakan kesehatan, selain disebabkan oleh asap industri penyebab lain dari pencemaran udara adalah meningkatnya jumlah kendaraan bermotor, dimana kondisi kendaraan tersebut ada yang sesuai standar emisi dan ada yang tidak sesuai standar emisi. Besarnya polusi udara yang ditimbulkan oleh gas buang kendaraan menyumbang polusi terbesar bagi pencemaran udara, artinya gas buang kendaraan berperan besar dalam bertambahnya polusi udara terlebih kondisi kendaraan lama yang tidak sesuai standar emisi [1].

Kandungan dari emisi gas buang yang beracun salah satunya yaitu CO (karbon monoksida) yang dapat membahayakan kesehatan manusia. Penyebab paling berpengaruh dari bertambahnya kandungan emisi gas buang beracun adalah terjadinya pembakaran bahan bakar yang tidak sempurna di dalam silinder [2].

Dengan adanya kemajuan teknologi, diciptakan teknologi yang berguna untuk kehidupan manusia, yaitu gas filter yang membuat kandungan karbon, partikel, bensin, dan lain-lain tidak masuk ke sistem kontrol emisi. Teknologi lain yang berfungsi untuk mengurangi jumlah emisi gas buang kendaraan yaitu Katalitik Konverter. Palladium, platinum, dan rodium untuk bahan katalis pada Katalitik Konverter memiliki harga yang mahal dan sulit untuk didapatkan di pasaran. Selain itu penggunaan bahan bakar premium yang berkadar timbal tinggi beresiko untuk bahan katalis tersebut, sehingga dapat mengganggu fungsi dari katalis [3].

Karena sebagian dari kendaraan yang digunakan dalam masyarakat tidak dilengkapi dengan katalitik konverter, maka dibutuhkan penelitian untuk menghasilkan alat yang dapat mengurangi jumlah emisi gas buang pada kendaraan dengan harga yang lebih terjangkau dan bahan yang mudah diperoleh sehingga dapat diterapkan ke semua kendaraan bermotor.

Salah satu bahan yang dapat mengurangi kandungan karbon monoksida yaitu tembaga (Cu). Tembaga dapat menurunkan kadar karbon monoksida (CO) pada emisi gas buang kendaraan melalui proses reaksi oksidasi. Disisi lain banyak tembaga yang digunakan dalam bidang elektronik atau perlistrikan dan dunia industri seperti baterai, elektroda, penarik sulfur, kerajinan yang kemudian dapat menjadi limbah tembaga dari tidak berfungsinya benda tersebut karena kerusakan. Limbah tembaga belum dimanfaatkan secara maksimal. Salah satu pengolahan tembaga untuk mengurangi kadar CO pada knalpot merupakan pemilihan material yang mudah didapat.

Selain penggunaan tembaga untuk mereduksi kadar emisi gas buang CO. Adanya karbon aktif (SiO-C) dari pengolahan limbah biomassa dapat dimanfaatkan sebagai bahan modifikasi tembaga untuk lebih efektif fungsinya [4]. Karbon aktif (SiO-C) merupakan adsorben yang dapat menyerap fluida gas, maka adsorben pada tembaga dapat membantu penyerapan CO.

Bahan bakar berasal dari biomassa sangat ramah lingkungan dibandingkan dengan bahan bakar minyak [5]. Propertis dari bahan bakar sudah pernah dilakukan adalah sebagai berikut [6]:

*Tabel 1. Properties variasi bahan bakar*

Variasi Bahan Bakar	Viscositas ( mm <sup>2</sup> /s)	(Densitas (g/cm <sup>3</sup> ))	Nilai Kalor (kJ/kg)
Pertalit (E0)	0,49	0,706	44931
Pertalit + Ethanol 5% Volume campuran (E5)	0,50	0,712	43155
Pertalit + Ethanol 10% Volume campuran (E10)	0,50	0,716	39489

Pertalit + Ethanol 15% Volume campuran (E15)	0,51	0,719	37729
Acuan	ASTM D 445-97	ASTM D-1298	ASTM D-240

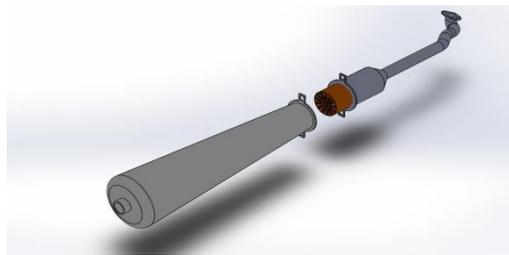
Oleh karena itu, perlu untuk dilakukan penelitian mengenai “Pemanfaatan limbah tembaga termodifikasi untuk mengurangi kadar karbon monoksida (CO) gas buang pembakaran kendaraan”.

## METODE

Penelitian yang dilakukan menggunakan metode kuantitatif eksperimen, untuk mengetahui efektifitas tembaga termodifikasi dan variasi bahan bakar. Motor bakar yang digunakan adalah motor bakar roda dua 4 langkah 125 CC dengan modifikasi knalpot untuk pemasangan tembaga termodifikasi. Data bahan bakar yang digunakan adalah Pertalit, gasohol E5, E10, E15 [6].

Pengujian emisi gas buang dengan menggunakan gas analiser merk Qrotech ( QRO 401) Pengujian gas buang hanya fokus pada kadar Karbon Monoksida (CO) Pengukuran kecepatan gas buang kendaraan menggunakan anemometer merk krisbow. Variasi penelitian adalah Variasi bahan bakar pertalite dan campuran pertalite dengan ethanol (E-5, E-10, E-15). Variasi Rpm mesin 1300 rpm (stasioner), 3000 rpm, 5000 rpm, 7000 rpm, 9000 rpm.

Pemasangan tembaga termodifikasi di dekat leher knalpot.



Gambar 1. Tempat pemasangan tembaga termodifikasi

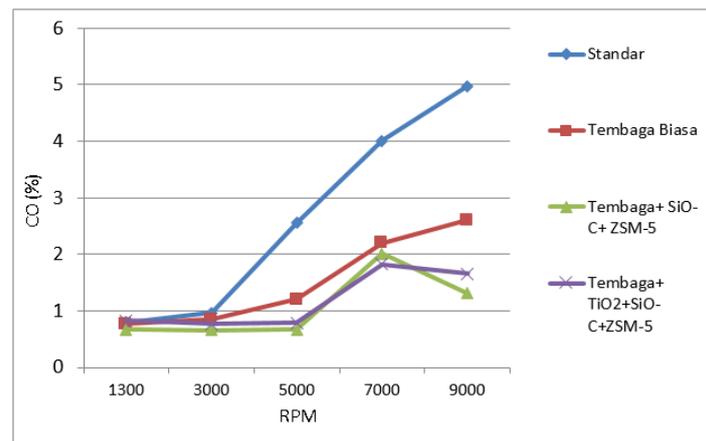
Penggunaan knalpot standar dan knalpot dengan Tembaga berbentuk sarang lebah yang tidak dimodifikasi , Tembaga berbentuk sarang lebah dengan dimodifikasi karbon aktif (75%)+ZSM-5 (25%) dan Tembaga berbentuk sarang lebah dimodifikasi  $TiO_2$  (40%)+karbon aktif (45%)+ZSM-5



Gambar 2. Tembaga dibentuk mejadi sarang lebah tidak dimodifikasi

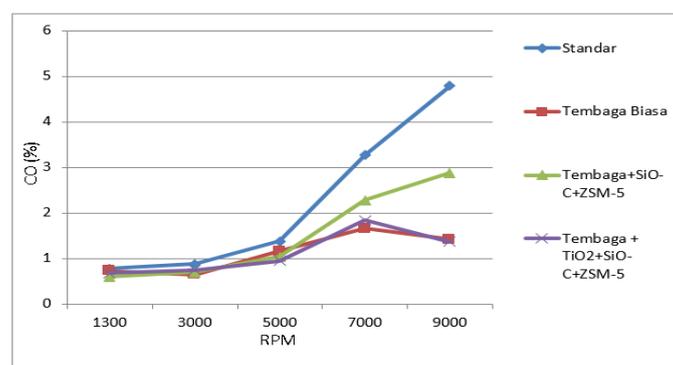
## HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil dari pengujian emisi gas buang kendaraan dengan variasi knalpot standar, knalpot dengan tembaga sarang lebah biasa, knalpot dengan tembaga sarang lebah termodifikasi karbon aktif (SiO-C) +ZSM-5, dan knalpot dengan tembaga sarang lebah termodifikasi titan dioksida ( $TiO_2$ ) 40%+karbon aktif (SiO-C) +ZSM-5 adalah sebagai berikut :



Gambar 3. Grafik hubungan pengaruh RPM mesin terhadap hasil CO bahan bakar pertalite

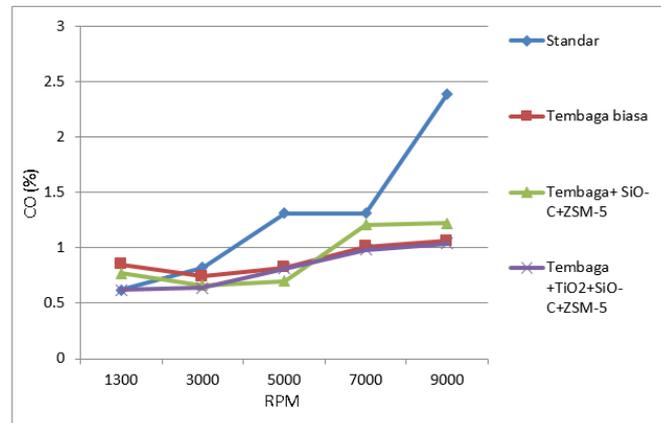
Hasil pengujian seperti terlihat di gambar 3 menunjukkan hasil penggunaan knalpot standar dan knalpot modifikasi ditambah tembaga termodifikasi terhadap gas CO dengan bahan bakar pertalite. Pada penggunaan knalpot standar kadar gas CO semakin bertambah seiring bertambahnya putaran mesin, kadar gas CO paling besar yaitu senilai 4,97% pada knalpot standar di putaran mesin 9000 rpm. Hal itu disebabkan karena kurangnya kadar oksigen pada campuran bahan bakar sehingga pembakaran pada ruang bakar kurang sempurna. Nilai reduksi gas CO terbesar di bahan bakar pertalite yaitu sebesar 3,66%, dari 4,97% saat menggunakan knalpot standar dan menjadi 1,31% saat menggunakan knalpot dengan tembaga termodifikasi karbon aktif (SiO-C) +ZSM-5 dengan putaran mesin 9000 rpm. Dapat diartikan bahwa dengan menggunakan tembaga yang termodifikasi dengan karbon aktif (SiO) dan ZSM-5 dapat membantu mereduksi kadar gas CO karena bersifat adsorben. Penggunaan arang aktif berbentuk SiO<sub>2</sub> juga efektif menurunkan emisi gas buang [4]. Sehingga kadar gas CO yang tereduksi lebih besar dibandingkan penggunaan tembaga sarang lebah biasa tanpa modifikasi [7][8].



Gambar 4. Grafik hubungan pengaruh RPM mesin terhadap hasil CO bahan bakar gasohol E5

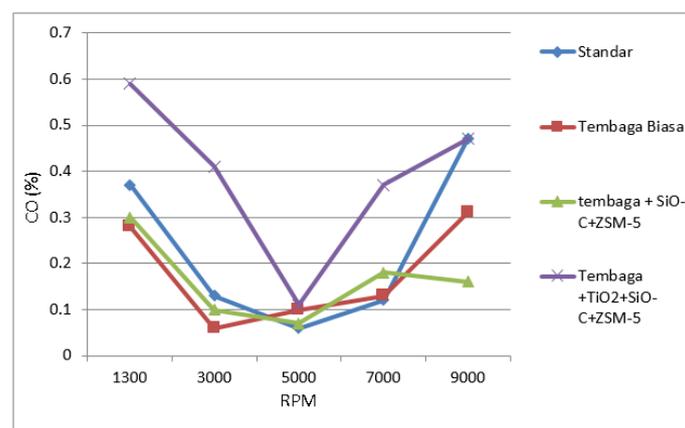
Gambar 4 menunjukkan hasil reduksi gas CO saat menggunakan pereduksi tembaga pada bahan bakar E5. Pada penggunaan knalpot standar semakin bertambahnya putaran mesin semakin bertambah pula kadar gas CO yang keluar. Kadar gas CO yang paling besar saat menggunakan bahan bakar E5 yaitu pada knalpot standar dengan putaran mesin 9000 rpm yaitu sebesar 4,79%. Saat penggunaan knalpot yang ditambah tembaga, kadar gas CO dapat tereduksi di semua variasi RPM dan variasi tembaga. Sedangkan nilai reduksi yang paling besar yaitu 3,42% pada penggunaan knalpot dengan tembaga berbentuk sarang lebah +Titan dioksida (TiO<sub>2</sub>)+Karbon aktif (SiO-C)+ZSM-5 di putaran mesin 9000 rpm, dimana saat

menggunakan knalpot standar kadar gas CO sebesar 4,79% menjadi 1,37 % saat menggunakan knalpot dengan tembaga berbentuk sarang lebah+Titan dioksida ( $\text{TiO}_2$ ) +Karbon aktif ( $\text{SiO-C}$ )+ZSM-5. Hal itu memberikan arti bahwa ketika putaran mesin bertambah dan temperatur gas buang yang ikut bertambah dapat membantu tembaga sarang lebah untuk mereduksi gas CO lebih baik. Dan penggunaan Titan dioksida ( $\text{TiO}_2$ ) +Karbon aktif ( $\text{SiO-C}$ ) + ZSM-5 dapat mereduksi kadar CO lebih banyak [9].



Gambar 5. Grafik hubungan pengaruh RPM mesin terhadap hasil CO bahan bakar gasohol E10

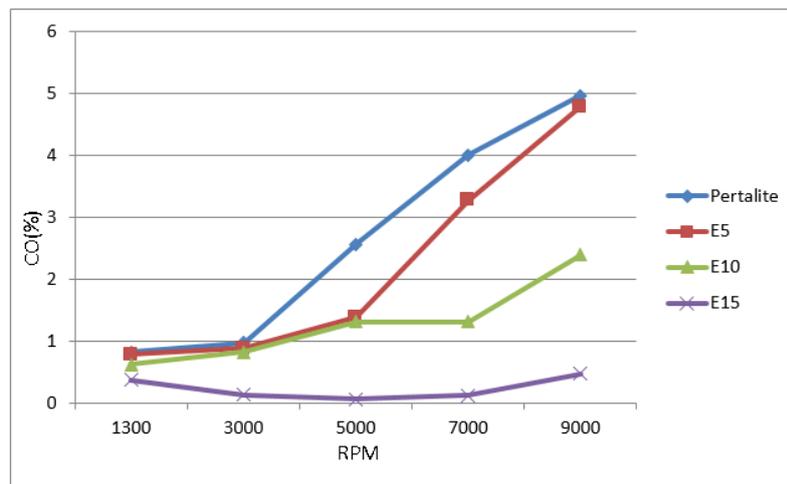
Gambar 5 menunjukkan hasil penggunaan knalpot standar dan knalpot dengan adsorb tembaga terhadap kadar gas CO pada bahan bakar E10. Kadar gas CO yang paling kecil yaitu pada penggunaan knalpot dengan tembaga sarang lebah +Titan dioksida ( $\text{TiO}_2$ ) +Karbon aktif ( $\text{SiO-C}$ ) +ZSM-5 dan knalpot standar dengan putaran mesin 1300 rpm yaitu sama-sama sebesar 0,62%, sedangkan kadar gas CO yang paling besar yaitu pada penggunaan knalpot standar sebesar 2,39% dengan 9000 rpm. Pada penggunaan knalpot dengan tembaga berbentuk sarang lebah+Titan dioksida ( $\text{TiO}_2$ ) +Karbon aktif ( $\text{SiO-C}$ ) +ZSM-5 dengan putaran mesin 9000 rpm dapat mereduksi nilai gas CO paling banyak yaitu sebesar 1,35%, dimana dari knalpot standar sebesar 2,39% menjadi 1,04% saat menggunakan knalpot dengan tembaga termodifikasi dengan Titan dioksida ( $\text{TiO}_2$ ) +Karbon aktif ( $\text{SiO-C}$ ) +ZSM-5.



Gambar 6. Grafik hubungan pengaruh RPM mesin terhadap hasil CO bahan bakar gasohol E15

Gambar 6 menunjukkan hasil penggunaan adsorb tembaga pada bahan bakar E15. Kadar gas CO yang paling kecil yaitu pada penggunaan knalpot standar dengan putaran mesin 5000 rpm dan penggunaan knalpot dengan tembaga sarang lebah biasa pada 3000 rpm yaitu sama-sama

0,06 %. Reduksi kadar CO hanya terjadi saat penggunaan knalpot dengan tembaga sarang lebah biasa dan knalpot dengan tembaga berbentuk sarang lebah+Karbon aktif (SiO-C) +ZSM-5 pada putaran mesin 1300 rpm, 3000 rpm, 9000 rpm. Pada knalpot dengan tembaga berbentuk sarang lebah + Titan dioksida (TiO<sub>2</sub>) + Karbon aktif (SiO-C) +ZSM-5 tidak dapat mereduksi kadar CO gas buang. Dari data tersebut terlihat bahwa pada penggunaan bahan bakar E15, pemasangan adsorb tembaga tidak efektif karena kadar etanol yang semakin tinggi mengakibatkan pembakaran dalam silinder semakin sempurna, sehingga nilai kadar CO semakin kecil dan adsorb tembaga tidak dapat mereduksi kadar CO secara signifikan [10] .



Gambar 7. Grafik Penggunaan Variasi Bahan Bakar Terhadap Gas CO dengan Knalpot Standar

Gambar 7 menunjukkan hasil reduksi kadar gas CO dari penggunaan campuran bahan bakar E5, E10, E15 dengan knalpot standar. Dari data tersebut, penggunaan bahan bakar pertalite pada putaran 9000 rpm menghasilkan kadar CO yang paling besar yaitu 4,97%. Dan pada penggunaan bahan bakar E15 atau campuran pertalite 85% volume + Etanol 15% volume menghasilkan kadar gas CO yang paling kecil yaitu 0,06% pada putaran mesin 5000 rpm. Semakin bertambahnya kadar Etanol dalam campuran bahan bakar membuat semakin sedikit kadar gas CO, hal ini terjadi karena dengan Etanol yang mempunyai nilai oktan lebih tinggi dari pertalite yaitu sebesar 91-105 membuat pembakaran semakin cepat terjadi dan pembakaran semakin sempurna sehingga dapat mengurangi kadar gas CO pada emisi gas buang . Selain itu kandungan oksigen dalam etanol juga dapat mengurangi gas CO[11].

Pada pengujian laju gas buang ketika menggunakan knalpot standar tanpa tembaga sarang lebah didapatkan kecepatan gas buang sebesar 5,39 m/s pada putaran mesin 1300 rpm, 9,60 m/s pada putaran mesin 3000 rpm, 12,86 m/s pada putaran mesin 5000 rpm, 16,87 m/s pada putaran mesin 7000 rpm, 21,23 m/s pada putaran mesin 9000 rpm. Sedangkan pada saat menggunakan knalpot dengan tembaga sarang lebah kecepatan laju gas buang menjadi 5,19 m/s pada putaran mesin 1300 rpm, 8,98 m/s pada putaran mesin 3000 rpm, 12,93 m/s pada putaran mesin 5000 rpm, 18,23 m/s pada putaran mesin 7000 rpm, dan 20,26 m/s pada putaran mesin 9000 rpm.

Pada putaran mesin 1300 rpm dengan menggunakan tembaga sarang lebah pada knalpot kecepatan gas buang turun sebesar 0,2 m/s, pada putaran mesin 3000 rpm dengan menggunakan tembaga sarang lebah pada knalpot kecepatan gas buang turun sebesar 0,62 m/s, pada putaran mesin 5000 rpm dengan menggunakan tembaga sarang lebah pada knalpot kecepatan gas buang naik sebesar 0,07 m/s, pada putaran mesin 7000 rpm dengan menggunakan tembaga sarang lebah pada knalpot kecepatan gas buang naik sebesar 1,36 m/s, dan pada putaran mesin 9000 rpm dengan menggunakan tembaga sarang lebah pada knalpot

kecepatan gas buang turun sebesar 0,97 m/s. Hal ini mengartikan bahwa dalam penggunaan tembaga sarang lebah pada knalpot tidak begitu mempengaruhi laju gas buang sehingga tidak berpengaruh negatif pada kinerja mesin kendaraan.

## SIMPULAN DAN SARAN

### Simpulan

Penggunaan tembaga adsorb CO dapat mereduksi kadar CO ketika menggunakan bahan bakar Pertalite murni, E5, dan E10. Ketika menggunakan bahan bakar E15 penggunaan tembaga adsorb CO tidak dapat mereduksi kadar CO.

Ketika menggunakan bahan bakar pertalite murni, variasi tembaga sarang lebah +Karbon aktif(SiO-C) + ZSM-5 lebih efektif karena dapat mereduksi kadar CO paling banyak yaitu sebesar 3,66 % CO pada putaran mesin 9000 Rpm. Ketika menggunakan bahan bakar E5, penggunaan knalpot dipasang tembaga berbentuk sarang lebah +Titan dioksida 40%+Karbon aktif (SiO-C) +ZSM-5 lebih efektif karena lebih banyak mereduksi kadar CO yaitu sebesar 3,42% CO pada putaran mesin 9000 Rpm. Ketika menggunakan bahan bakar E10, reduksi kadar CO yang paling besar yaitu 1,35% CO ketika menggunakan knalpot dengan tembaga sarang lebah+Titan dioksida (TiO<sub>2</sub>) 40%+Karbon aktif (SiO-C) +ZSM-5. Ketika menggunakan bahan bakar E15 tembaga adsorb CO tidak dapat mereduksi kadar CO secara merata disemua RPM dan Variasi tembaga, karena penggunaan ethanol yang semakin banyak membuat pembakaran semakin sempurna dan menyebabkan kadar CO semakin kecil sehingga tembaga adsorb CO tidak bisa mereduksi secara signifikan.

Dengan penambahan etanol pada bahan bakar pertalite dapat mereduksi kadar CO. Ketika menggunakan knalpot standar, penggunaan variasi bahan bakar E5, E10, dan E15 dapat mereduksi kadar CO. Semakin tinggi kadar ethanol semakin banyak Kadar CO yang tereduksi. Nilai kadar CO yang paling kecil yaitu pada penggunaan bahan bakar E15 yaitu sebesar 0,06%.

Penggunaan tembaga sarang lebah pada knalpot tidak terlalu mengurangi kecepatan laju gas buang sehingga tidak mengurangi kinerja mesin pada kendaraan.

### Saran

Perlu penggunaan plat tembaga yang lebih tebal dari 0,3 mm karena ada sirip-sirip bagian tengah tembaga sarang lebah yang melebar karena terdorong laju gas buang yang bertambah tinggi. Perlu dilakukan pembersihan atau pengurusan bahan bakar pada karburator ketika penggantian variasi bahan bakar.

## DAFTAR RUJUKAN

- [1] D. S. Ismiyati, Devi Marlita, "Pencemaran Udara Akibat Emisi Gas Buang Kendaraan Bermotor.pdf," *J. Manaj. Transp. Logistik (JIM TransLog)*, vol. 01, no. 03, pp. 241–248, 2014.
- [2] Lelawati, "Pengujian Emisi Gas Buang Sepeda Motor Dengan Bahan Bakar Premium," *Maj. Tek. Simes*, vol. 11, no. 1, pp. 1–5, 2017.
- [3] A. H. P. Arif Setyo Nugroho, "KATALIS GRANULE CU-SiO<sub>2</sub>-C GUNA MEREDUKSI GAS BUANG CO PADA KENDARAAN BERBAHAN BAKAR GASOLIN DAN ETHANOL," in *Prosiding SNATIF*, 2018, pp. 507–510.
- [4] D. Maryanto, S. A. Mulasari, and D. Suryani, "Penurunan Kadar Emisi Gas Buang Karbon Monoksida ( CO ) Dengan Penambahan Arang Aktif," *KES MAS*, vol. 3, no. 3, pp. 198–205, 1978.
- [5] T. Arif Setyo Nugroho, Y Yulianto Kristiawan, "Reduction of CO and HC Emission on ZSM - 5 Catalyst Supported o Activated Carbon in Motorcycle Fueled Gasolin-Ethanol Blends," *Medwell Journals*, vol. 11, no. 6, pp. 1196–1200, 2016.
- [6] G. Setyono and D. Khusna, "Pengaruh Variasi Penambahan Bahan Bakar Pertalite

- 
- dengan Ethanol terhadap Performa Mesin SI ( Spark Ignition ) Fi -125cc 4 Langkah 1 Silinder," *J. Saintek*, vol. 14, no. 2, pp. 69–73, 2017.
- [7] A. S. Nugroho, "TRAKSI: Majalah Ilmiah Teknik Mesin," *Traksi*, vol. 20, no. 1, pp. 59–71, 2020.
- [8] A. H. Listiyono, Bambang Irawan, "Optimalisasi Composite Absorber Pada Muffler Untuk Menurunkan Kadar Emisi Gas Buang Motor Bensin," *J. Energi dan Teknol. Manufaktur*, vol. 02, no. 01, pp. 13–22, 2019.
- [9] D. R. Setiyono and D. Widjanarko, "Penggunaan Serbuk TiO 2 dan Karbon Aktif Sebagai Campuran Bahan Catalytic Converter Keramik untuk Mengurangi Polutan Berbahaya pada Kendaraan Bermesin Bensin Use of TiO 2 Powder and Activated Carbon as Catalytic Ceramic Filling Material to Reduce Hazardou," vol. 13, no. 2, pp. 165–173, 2018.
- [10] A. Mokhtar, "Catalityc converter jenis katalis plat tembaga berbentuk sarang lebah untuk mengurangi emisi kendaraan bermotor," *J. Gamma*, vol. 10, no. 1, pp. 104–108, 2014.
- [11] A. S. N. Stefanus Unjanto, Martinus Heru Palmiyanto, Thoharudin, "Emisi CO DAN NOX Pada Gas Buang Kendaraan Menggunakan Katalis Tembaga Berporitermodifikasi.pdf." pp. 117–124, 2015.