



Studi eksperimental penggunaan limbah karbit sebagai adsorben untuk menurunkan emisi kendaraan bermotor

Experimental study of waste carbide utilization as adsorbent for exhaust emission reduction

H.S. Tira*, M. Wirawan, Y.A. Padang, Salman, Heruwansyah

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Mataram, Jl. Majapahit no. 62, Mataram, NTB, 83125, Indonesia. HP. 087878580219

*E-mail: hendrytira@unram.ac.id

ARTICLE INFO

ABSTRACT

Article History:

Received 22 October 2019

Accepted 13 July 2020

Available online 1 October 2020

Keywords:

Emissions

Motor vehicle

Carbide waste



Motor vehicle emissions have proven lead to environmental and human health quality degradation. Therefore, efforts to reduce emissions especially motorcycles need to be done. Utilization of carbide waste has been proposed to be one of the solutions to reduce the level of emission of motorcycles. The carbide waste used is formed into granules and then installed into a reactor and placed in the exhaust line which will act as an adsorbent. The experimental study was conducted experimentally using a Yamaha Mio M3 125 CC. The results showed a reduction in exhaust emissions when using carbide waste adsorbents compared to emissions without adsorbents. The reduction was even greater when the volume of carbide waste was also greater. The reduction occurs in all types of emissions, both HC, CO, and CO₂. It was obtained a reduction in emissions could reach up to 57 % for HC. However, the reduction performance cannot last long because the adsorbent has been saturated. Therefore further research is required to be performed.

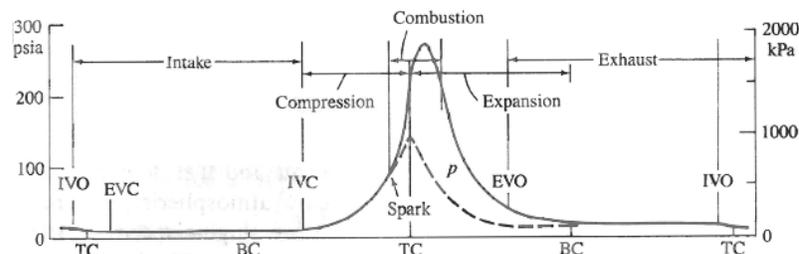
Dinamika Teknik Mesin, Vol. 10, No. 2 Oktober 2020, p. ISSN: 2088-088X, e. ISSN: 2502-1729

1. PENDAHULUAN

Pertumbuhan jumlah kendaraan roda dua dalam beberapa tahun terakhir sangat pesat. Tercatat jumlah kendaraan pada 2018 sebesar 146.858.759, Anonimus, (2020). Perkembangan ini tidak hanya membawa perubahan positif, karena mobilitas manusia semakin cepat, tetapi juga perubahan negatif yaitu bertambahnya volume kendaraan maka tingkat pencemaran udara juga semakin buruk. Hal yang menyebabkan tersebut adalah karena mayoritas atau dapat dikatakan semua kendaraan roda dua di Indonesia menggunakan bahan bakar fosil. Tak dapat dibantah lagi bahwa bahan bakar fosil adalah salah satu kontributor terbesar terhadap pencemaran lingkungan. Terlepasnya emisi hidrokarbon (HC), karbon dioksida (CO₂) dan karbon monoksida (CO) ke lingkungan adalah akibat pembakaran bahan

bakar hidro karbon, Tira dkk. (2014). Pembakaran dalam mesin kendaraan yang tidak sempurna semakin memperparah tingkat pencemaran lingkungan yang ditimbulkannya. Kendaraan roda dua yang banyak beredar di masyarakat saat ini mayoritas telah berumur lebih dari 5 tahun. Usia kendaraan yang lama akan menurunkan efisiensi pembakaran yang pada ujungnya adalah tingkat emisi yang dihasilkan akan semakin besar dibandingkan pada saat awal kendaraan diproduksi, Irawan (2012).

Mesin kendaraan yang digunakan dalam penelitian ini adalah motor bensin 4 langkah. Proses pemasukan bahan bakar ke dalam ruang bakar dilakukan melalui proses injeksi bahan bakar terkendali yang terjadi di saluran masuk (*intake manifold*). Proses pembakaran terjadi sebelum sebelum titik mati atas seperti yang diilustrasikan pada gambar 1, Heywood (2018).



Gambar 1. Urutan proses yang terjadi pada siklus 4-langkah mesin bensin (IVO=*inlet valve open*, EVC=*exhaust valve open*, IVC=*inlet valve close*, EVO=*exhaust valve open*, TC=*top center*, BC=*bottom center*)

Beberapa usaha telah dilakukan untuk menurunkan tingkat emisi yang dihasilkan dari kendaraan. Beberapa diantaranya adalah penggunaan bahan bakar terbarukan, perbaikan manajemen transportasi, penerapan teknologi kendaraan yang ramah lingkungan, control emisi dengan mewajibkan uji emisi berkala dan penggunaan teknologi *aftertreatment*, Mehregan and Moghirman (2020), Amin dan Subri (2015).

Teknologi *aftertreatment* digunakan untuk mereaksikan hasil pembakaran yang beracun menjadi gas buang yang ramah lingkungan. Untuk kendaraan bensin peralatan *aftertreatment* ini dikenal dengan katalitik konverter. Katalitik konverter umumnya digunakan pada kendaraan roda empat sedangkan pada roda dua tidak digunakan. Hal ini dikarenakan volume emisi pada kendaraan roda dua lebih rendah dibandingkan kendaraan roda empat. Namun karena jumlah kendaraan roda dua lebih banyak maka total volume emisi yang dihasilkannya memberikan kontribusi yang besar pada pencemaran lingkungan. Material yang umum digunakan pada sistem *aftertreatment* adalah paladium, platinum, rodium, ruterium, iridium, dan emas, Biswas dkk, (2009), Smith dkk. (2019). Semua material tersebut sulit diperoleh dan harganya mahal. Karena itu upaya penggunaan material yang lebih murah perlu dilakukan. Disamping itu permasalahan yang timbul dari pemakaian katalitik konverter ini adalah kurangnya informasi maupun penelitian tentang penggunaan limbah karbit untuk menurunkan emisi gas buang kendaraan bermotor. Dilatarbelakangi oleh masalah tersebut maka dalam penelitian ini akan menganalisa pengaruh penggunaan limbah karbit sebagai media *adsorben* untuk mengurangi emisi gas buang kendaraan bermotor berbahan bakar bensin.

2. METODE PENELITIAN

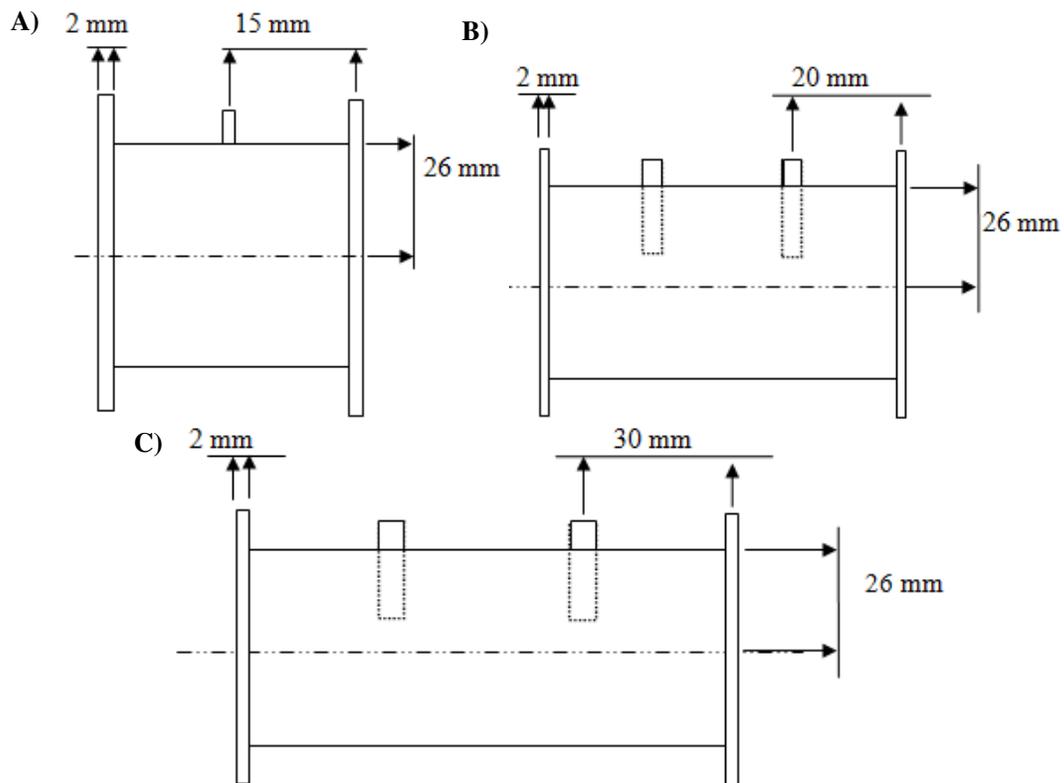
Penelitian dilakukan dengan menggunakan kendaraan roda dua silinder tunggal dengan kapasitas 125 CC. Adapun spesifikasi mesin dapat dilihat pada tabel 1.

Untuk pengambilan data, beberapa alat ukur digunakan seperti stopwatch untuk mencatat durasi pencatatan data emisi, mikroskop untuk mengamati struktur permukaan limbah karbit, gas analyzer (*automotive emission analyzer* tipe 4/5 Im 2400 merk Hanatech) untuk mengamati emisi gas buang berupa HC, CO, dan CO₂, tachometer untuk mengukur putaran mesin dan beberapa alat perbengkelan.

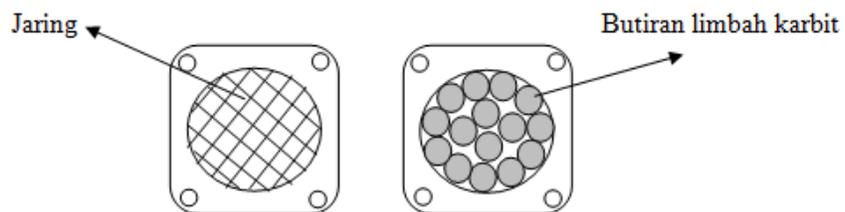
Sebelum melakukan penelitian terlebih dahulu dipersiapkan tempat atau sarang adsorben. Dipersiapkan tiga buah sarang dengan bentuk dan ukuran seperti pada gambar 2 dan 3 di bawah. Sarang adsorben dipasang pada saluran gas buang. Untuk mencapai hal tersebut sebuah unit saluran gas buang yang telah dimodifikasi dibuat, gambar 4, untuk memfasilitasi penempatan sarang adsorben dimana beberapa titik pengukuran suhu dibuat untuk pengamatan (T1-T5). Dalam penelitian ini bahan bakar yang digunakan adalah premium dengan nilai oktan (RON) 88.

Tabel 1. Spesifikasi mesin

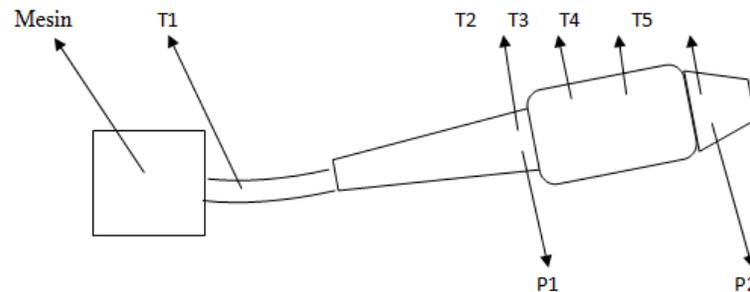
Spesifikasi mesin	Data
Jumlah silinder	1
Tipe mesin	4 langkah pendingin udara
Volume langkah	125 cm ³
Rasio kompresi	9,5 : 1
Daya maksimum (kW)	7,0 kW pada 8000 rpm
Torsi maksimum (Nm)	9,6 Nm pada 5500 rpm
Ssitem transmisi	<i>V-belt automatic</i>
Sistem kelistrikan	TCI-AC magneto
System pengapian	Busi CR6HSA



Gambar 2. Sarang untuk adsorben A). 30 mm, B). 60 mm, C). 90 mm



Gambar 3. Tampak depan sarang adsorben



Gambar 4. Lokasi pemasangan termokopel

Tiga unit sarang adsorben yang digunakan mempunyai panjang masing-masing 30, 60, dan 90 mm dengan ukuran butiran limbah karbit mes $\frac{1}{2}$ (12,7 mm). Pengujian dilakukan sebanyak 3 kali dengan putaran mesin 1500 rpm. Adapun luas bidang kontak antara volume butiran limbah karbit dan gas buang pada sarang adsorben dapat dihitung dengan menggunakan persamaan 1, dimana n adalah jumlah butiran karbit dan V adalah volume butiran karbit dimana butiran dianggap berbentuk bola.:

$$\text{Luasbidangkontak} = nV \quad (1)$$

Dengan demikian luas bidang kontak pada masing-masing sarang adsorben adalah sebesar 32.708, 66.438, dan 98.125 mm³.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Gambar 5 menunjukkan hasil yang diperoleh dari pengukuran emisi gas HC, CO, dan CO₂. Dari hasil tersebut memperlihatkan bahwa adsorben limbah karbit efektif menurunkan gas emisi. Semakin besar volume limbah karbit yang terpasang pada saluran gas buang maka semakin besar pula penurunan emisi.

Bertambahnya volume (panjang sarang adsorben) akan menyebabkan semakin banyak pula jumlah butiran (*granule*) limbah karbit, sehingga kemampuan untuk mengurangi kandungan emisi gas-gas sisa pembakaran akan semakin maksimal. Hal ini dikarenakan butiran (*granule*) limbah karbit mempunyai pori-pori kecil yang sangat halus dan berfungsi untuk menangkap dan menyerap partikel gas sisa pembakaran. Struktur *granule* yang memiliki lubang-lubang kecil seperti gua memungkinkan emisi gas terperangkap di dalamnya dan mekanisme ikatan Van der Waals membantu gas dapat bertahan lebih lama pada dinding karbit, Endayani dan Putra (2011), Tira dan Padang (2016).

Namun demikian penurunan emisi tidak dapat berlangsung dalam jangka waktu yang lama. Setelah beberapa jam pengambilan data tingkat emisi kembali perlahan meningkat. Hal ini diakibatkan limbah karbit telah mengalami kejenuhan sehingga tidak mampu lagi menyerap emisi gas buang. Hal ini juga disebabkan karena proses penyerapan emisi pada butiran karbit terjadi secara fisika dan bukan secara kimia. Akibatnya gas buang kendaraan yang dilepaskan tidak mengalami reaksi kimia dimana gas tidak dirubah menjadi gas yang lebih sederhana dan aman, tetapi gas tersebut ditangkap oleh butiran karbit dan sebagiannya lagi dilepas ke lingkungan.

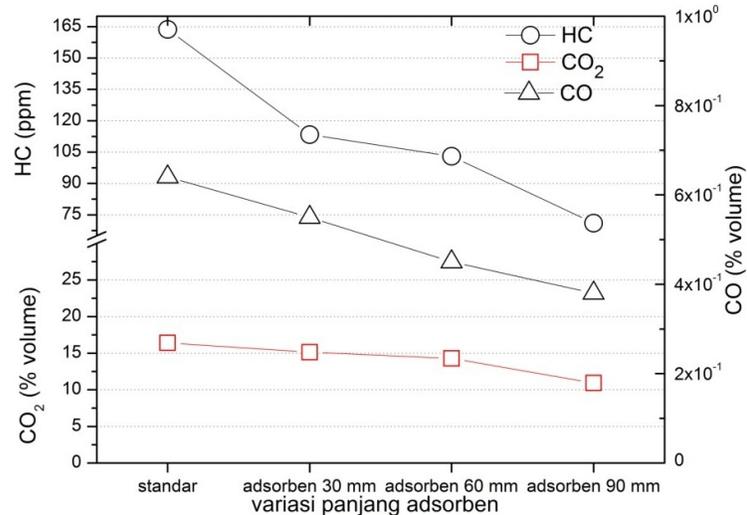
Gambar 6 menunjukkan tekanan P1 (tekanan sebelum masuk sarang adsorben) dan P2 (tekanan sesudah sarang adsorben) pada masing-masing variasi volume adsorben. Hasil penelitian memperlihatkan bahwa selisih tekanan P1 dan P2 semakin besar seiring dengan semakin besarnya volume adsorben.

Peningkatan yang terjadi pada P1 disebabkan temperatur yang dihasilkan dari gas buang naik, dengan naiknya temperatur pada gas buang secara tidak langsung menyebabkan kerapatan emisi gas buang berkurang sehingga gas sisa pembakaran menjadi mengembang di dalam saluran gas buang dan berusaha mencari jalan keluar yang mengakibatkan tekanan gas menjadi naik. Disamping itu pengaruh penambahan jumlah butiran limbah karbit yang menghalangi gas sisa pembakaran untuk keluar juga bisa membuat aliran gas berbalik akibat tumbukan terhadap butiran limbah karbit. Seiring dengan berjalannya waktu pengujian maka akan mempengaruhi peningkatan temperatur sehingga tekanan pada P1 semakin besar.

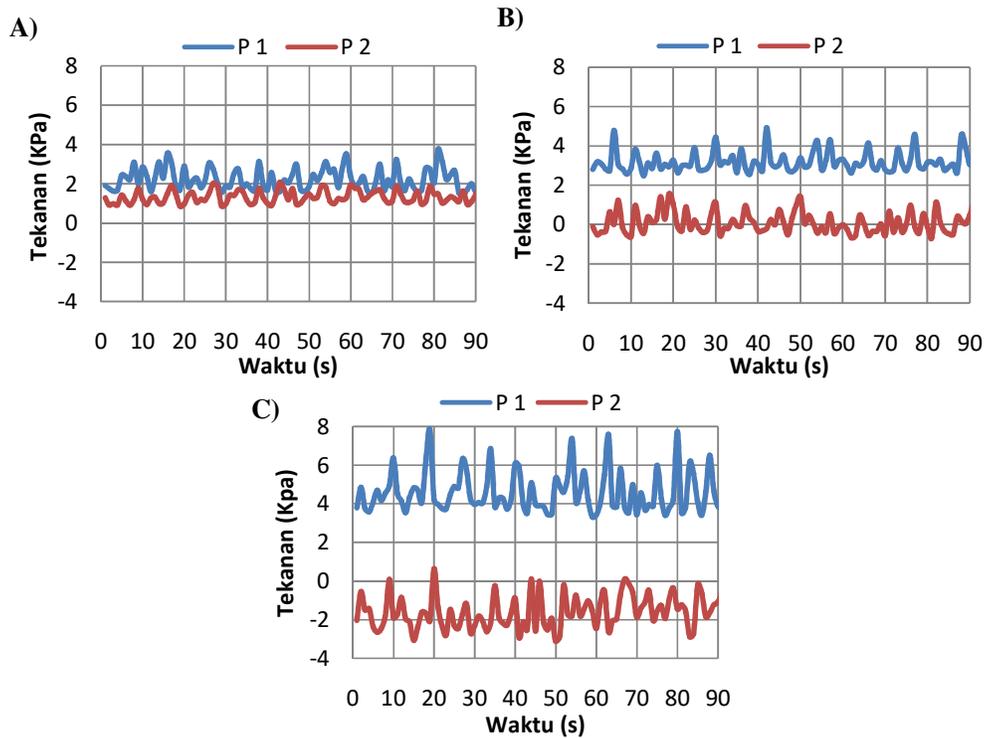
Di sisi yang lain penurunan pada P2 pada masing-masing variasi volume adsorben disebabkan karena kurangnya tekanan aliran gas buang yang keluar, Uchisawa dkk. (2008), Park dkk. (2007).

Semakin besar volume adsorben maka semakin banyak juga gas buang yang diserap oleh butiran limbah karbit menyebabkan tekanan pada dinding saluran dan sisi luar saluran gas buang juga berkurang.

Gambar 7 memperlihatkan morfologi permukaan limbah karbit sebelum dan sesudah dilewati oleh emisi gas buang.



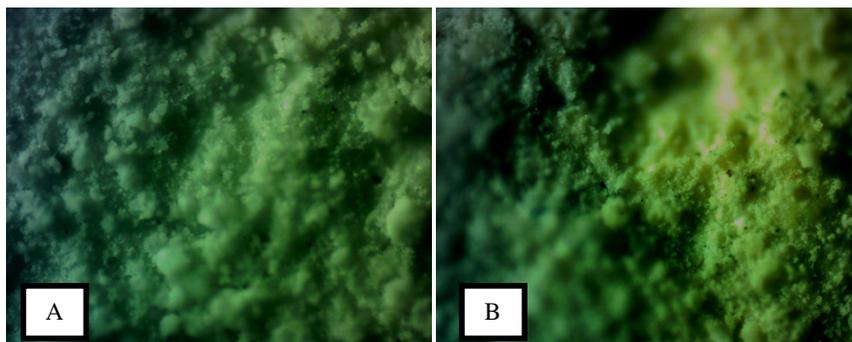
Gambar 5. Emisi HC, CO, dan CO₂ tanpa dan dengan menggunakan adsorbent



Gambar 6. Profil tekanan pada sarang adsorben A). 30 cm, B). 60 cm, C). 90 cm

Dari gambar 7 terlihat bahwa terjadi perubahan fisik pada limbah karbit sesudah dilewati gas buang. Salah satunya adalah adanya perubahan warna pada permukaan sampel sesudah dilewati oleh gas buang dengan munculnya titik atau daerah hitam (nomor 1) dan perubahan warna yang semakin menguning (nomor 2). Hal ini menunjukkan bahwa telah terjadi penumpukan molekul karbon yang

berasal dari emisi gas buang pada butiran limbah karbit tersebut. Warna hitam berarti memiliki konsentrasi karbon yang lebih besar dibandingkan daerah yang berwarna kuning. Titik atau daerah hitam tersebut adalah partikel dari karbon yang telah terbakar dan menempel pada permukaan pada butiran limbah karbit. Perubahan warna yang terjadi bisa juga diakibatkan karena adanya karbon yang terbakar pada butiran limbah karbit tersebut dimana panas dari emisi gas buang sisa hasil pembakaran sebagai penyebabnya, Unjanto dkk. (2015).



Gambar 7. Morfologi permukaan limbah karbit A) sebelum B) sesudah dilalui gas buang

4. KESIMPULAN

Limbah karbit terbukti dapat digunakan dalam upaya untuk menurunkan emisi kendaraan roda dua. Penurunan emisi bahkan dapat mencapai 57 % untuk emisi HC tanpa mengurangi performansi dan efisiensi termal kendaraan. Semakin besar volume limbah karbit maka semakin besar pula penurunan emisi yang dapat dicapai. Penurunan emisi terjadi melalui mekanisme fisika dimana partikel gas buang direap oleh limbah karbit yang berbentuk *granule*. Namun demikian kestabilan dalam menurunkan emisi tidak dapat dipertahankan oleh limbah karbit dalam waktu yang lama akibat karbit mengalami kejenuhan. Dengan demikian perlu penelitian lebih lanjut untuk memperbaiki ketahanan karbit dalam mengurangi emisi gas buang seperti memodifikasi karbit agar memiliki volume karbit yang lebih banyak.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonimus, 2020, Badan pusat statistik Republik Indonesia, dikutip pada Maret 2020, <https://www.bps.go.id/linkTableDinamis/view/id/1133>.
- Amin M., Subri M., 2015, Pengaruh penambahan tembaga terhadap densitas material ceramic matrix composit (cmc) untuk aplikasi filter gas emisi kendaraan, *Traksi*, 15(1), 22-27.
- Biswas S., Verma V., Schauer J.J., Sioutas C., 2009, Chemical separation of pm emissions from heavy-duty vehicles equipped with diesel particulate filter (DPF) and selective catalytic reduction (SCR) retrofits, *Atmospheric Environment*, 43, 1914-1925.
- Endayani I.D., Putra T.D., 2011, Pengaruh penambahan zat aditif pada bahan bakar terhadap emisi gas buang mesin sepeda motor, *Proton*, 3(1), 29-34.
- Heywood J.B., 2018, *Internal combustion engine fundamentals*, Penerbit McGraw-Hill education, USA.
- Irawan R.M.B., 2012, Rancang bangun catalytic converter material substrat tembaga berlapis mangan untuk mereduksi emisi gas karbon monoksida motor bensin, *Seminar Hasil-Hasil Penelitian-LPPM UNIMUS*.
- Mehregan M., Moghirman M., 2020, Experimental investigation of the distinct effects of nanoparticles addition and urea-SCR after-treatment system on NOX emissions in a blended-biodiesel fuelled internal combustion engine, *Fuel*, 262, 116609.
- Smith J.D., Reuhl C., Burnitzki M., Sobieralski W., Quiros D., Hu S., Chernich D., Collins J., Huai T., Dwyer H., 2019, Real-time particulate emissions rates from active and passive heavy-duty diesel particulate filter regeneration, *Science of The Total Environment*, 680, 132-139.
- Tira H.S., Herreros J.M., Tsolakis A., Wyszynski M.L., 2014, Influence of the addition of LPG-reformate and H₂ on an engine dually fuelled with LPG-diesel, -RME and -GTL fuels, *Fuel*, 118, 73-82
- Tira H.S., Padang Y.A., 2016, Removal of CO₂ and H₂S from raw biogas using activated natural zeolite, *AIP Conference Proceedings*, 1778, 030006.

- Uchisawa J., Obuchi A., Ohi A., Nanba T., Nakayama N., 2008, Activity of catalysts supported on heat-resistant ceramic cloth for diesel soot oxidation, *Powder Technology*, 180(1-2), 39-44.
- Unjanto S., Palmiyanto M.H., Thoharudin, Nugroho A.S., 2015, Emisi CO dan NOx pada gas buang kendaraan menggunakan katalis tembaga berporitermodifikasi, *Prosiding SNATIF ke-2*, 117-124.