



Pengaruh Penurunan Suhu Gas Buang dengan Inovasi Penambahan *Heat Exchanger* pada Knalpot Sepeda Motor 4 Langkah

The Effect of Exhaust Gas Temperature Reduction With the Innovation of Heat Exchanger Addition on 4 Stroke Motorcycle Exhaust

Dicky Adi Tyagita^{1,a)}, Rega Nanda Ari P.^{2,b)}

^{1,2}Program Studi Mesin Otomotif, Politeknik Negeri Jember

^{a)}Corresponding author: dickyadi@polije.ac.id, ^{b)}masregananda@gmail.com

Abstrak

Salah satu faktor utama penyebab tingginya angka polusi udara di Indonesia saat ini adalah gas sisa hasil pembakaran kendaraan bermotor. Polusi udara yang ditimbulkan oleh gas sisa hasil pembakaran kendaraan bermotor ini harus segera diatasi mengingat di dalam emisi gas buang terdapat banyak senyawa kimia yang berbahaya bagi manusia. Kandungan emisi gas buang yang diuji meliputi karbon monoksida (CO), karbon dioksida (CO₂), hidrokarbon (HC) dan oksigen (O₂). Penelitian ini menggunakan metode eksperimental yang mana dilakukan pengamatan terhadap pengaruh perlakuan pendinginan pada gas buang kendaraan bermotor terhadap emisi gas buang. Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa terjadi penurunan kandungan emisi terbaik untuk gas CO dan CO₂ pada rpm *idle* serta peningkatan kandungan gas O₂ tertinggi, sedangkan pada gas HC penurunan emisi terbaik terjadi pada rpm 2000. Penurunan kadar emisi pada gas CO sebesar 34,5%, gas CO₂ sebesar 19,8%, gas HC sebesar 47,6%, dan peningkatan tertinggi kadar gas O₂ sebesar 35%.

Kata Kunci: emisi; knalpot; *heat exchanger*; kandungan

Abstract

One of the main factors causing the high rate of air pollution in Indonesia nowadays is the residual gas from the combustion of motorcycle. The air pollution caused by the residual gas from the combustion of motorcycle must be removed immediately considering that in the gas emissions there are many chemical compounds that are harmful to humans. The exhaust gas emissions contents that were tested include carbon monoxide (CO), carbon dioxide (CO₂), hydrocarbons (HC) and oxygen (O₂). This research uses an experimental method which is observations were made on the effect of cooling treatment on motorcycle exhaust gas towards the gas emissions. The results of this study indicated that the best decreased of emission content of CO and CO₂ gases at *idle* rpm with the highest increased of O₂ gas content, while in HC gas the best emission reduction occurred at 2000 rpm. The decreased of gas emission content of CO was 34.5%, CO₂ was 19.8%, HC was 47.6%, and the highest increased of O₂ gas emission content was 35%.

Keywords: emission; exhaust; *heat exchanger*; content

PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi di Indonesia dari tahun ke tahun meningkat sangat pesat khususnya di bidang otomotif. Menurut Badan Pusat Statistik (BPS), jumlah kendaraan bermotor di Indonesia menurut jenisnya pada tahun 2018 mencapai 146.858.759 unit [1]. Pertumbuhan kendaraan bermotor di Indonesia dari tahun ke tahun meningkat sebesar 12% atau 7,9 juta. Seiring dengan semakin banyak pemilik kendaraan bermotor maka semakin besar pula emisi gas buang yang dihasilkan

sehingga menyebabkan polusi udara yang ditimbulkan juga mengalami peningkatan [2]. Hasil penelitian juga menunjukkan bahwa pencemaran udara yang berasal dari sektor transportasi (emisi gas buang) menyumbang sekitar 60% polusi di udara, selebihnya pada sektor industri sebanyak 25%, rumah tangga 10%, dan sampah 5% [3].

Emisi gas buang kendaraan bermotor adalah gas sisa hasil pembakaran bahan bakar di dalam mesin kendaraan yang keluar melalui sistem pembuangan mesin, sedangkan proses pembakaran adalah reaksi kimia antara oksigen di dalam udara dengan senyawa hidrokarbon di dalam bahan

bakar untuk menghasilkan tenaga [4]. Dalam reaksi yang sempurna maka sisa hasil pembakaran adalah berupa gas buang yang mengandung karbon dioksida (CO₂), uap air (H₂O), oksigen (O₂) dan nitrogen (N₂). Namun, pembakaran yang terjadi di dalam mesin kendaraan tidak selalu berjalan sempurna sehingga di dalam gas buang mengandung senyawa berbahaya seperti karbon monoksida (CO), hidrokarbon (HC), nitrogen dioksida (NO₂), dan partikulat [5].

Beberapa dampak yang ditimbulkan dari adanya senyawa kimia yang berbahaya ini adalah gangguan saluran pernapasan, gangguan pada paru-paru, gangguan syaraf, gangguan reproduksi, dapat menurunkan tingkat kecerdasan pada anak bahkan dapat menyebabkan kematian [6].

Adanya dampak berbahaya yang diakibatkan oleh emisi gas buang, kebutuhan untuk mengurangi emisi telah mendorong perancang mesin kendaraan bermotor untuk mengembangkan berbagai teknologi, yang secara garis besar dapat diklasifikasikan ke dalam dua kategori, yaitu: metode internal (pencegahan) dan metode eksternal (pengurangan atau pengolahan gas buang). Metode internal bertujuan untuk membatasi produksi polutan yang tidak diinginkan. Sedangkan metode eksternal bertujuan untuk pengurangan emisi gas tetapi tidak pada produksinya [7]. Hal ini tentang teknologi yang dikembangkan di luar mesin kendaraan bermotor yang dapat menyaring atau mengubah bahan kimia yang tidak diinginkan serta polutan yang dihasilkan oleh pembakaran yang tidak sempurna di dalam mesin [8].

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh perlakuan pendinginan terhadap gas buang kendaraan bermotor untuk berbagai putaran mesin pada sepeda motor 4 langkah yang hasilnya akan dibandingkan dengan tanpa perlakuan pendinginan. Analisa hasil perbandingan tersebut mengacu pada Peraturan Menteri LH nomor 05 tahun 2006 tentang ambang batas emisi gas buang kendaraan bermotor lama [9].

METODE PENELITIAN

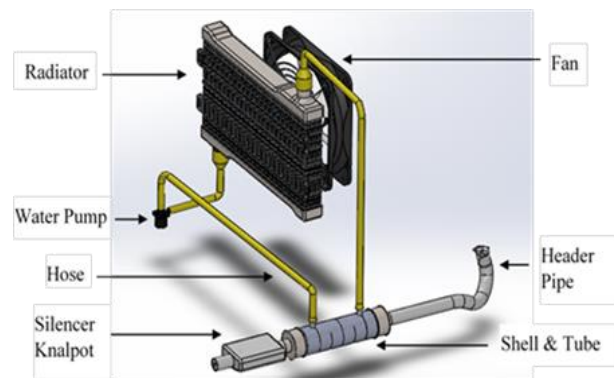
Penelitian ini menggunakan sepeda motor bermesin bensin konvensional (non injeksi) 4 langkah yang dapat dilihat pada Tabel 1. dengan variasi putaran mesin pada saat dilakukan pengujian adalah rpm *idle*, rpm 2000, rpm 2500, rpm 3000, rpm 3500, dan rpm 4000. Bahan bakar yang digunakan dalam penelitian ini adalah pertalite.

Gambar 1. merupakan skema alat yang digunakan dalam penelitian ini. Radiator digunakan untuk mendinginkan *coolant* yang telah mengabsorpsi kalor gas buang kendaraan yang melalui *heat exchanger (shell & tube)*. *Coolant* yang telah turun temperaturnya akan kembali dialirkan ke area *heat exchanger* di knalpot.

Tabel 1. Spesifikasi mesin

Variabel	Keterangan
Tipe mesin	4-langkah, sohc, pendingin udara
Volume langkah	97,1 cc
Sistem bahan bakar	Karburator
Diameter x langkah	50 x 49,5 mm
Tipe transmisi	4-speed (N-1-2-3-4-N), rotary
Rasio kompresi	9,0 : 1
Daya maksimum	7,29 ps @ 8000 rpm
Torsi maksimum	0,74 kgf.m @ 6000 rpm
Tipe starter	Electric dan kick
Tipe kopling	Otomatis sentrifugal, tipe basah, ganda

Temperatur gas buang akan diukur sebelum dan sesudah melewati *heat exchanger* secara *real time* untuk memastikan terjadi penurunan temperatur gas buang. *Probe* alat uji emisi dipasang di ujung knalpot untuk mengambil sampel emisi gas buang. Kandungan emisi gas buang yang diukur meliputi karbon monoksida (CO), karbon dioksida (CO₂), oksigen (O₂), hidrokarbon (HC), dan nilai lambda (λ).



Gambar 1. Skema alat

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

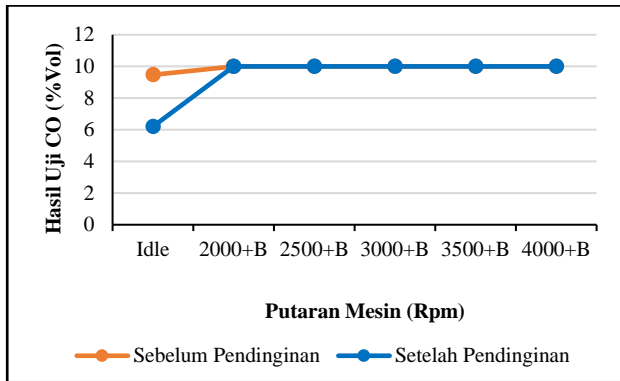
1. Alat ukur emisi gas buang
2. *Tachometer*
3. *Thermocouple* / termometer suhu
4. Kipas angin
5. Knalpot standar
6. Selang tahan panas
7. Radiator mobil Daihatsu Espass
8. Pompa DC 12V
9. *Heat exchanger shell and tube*

Pengujian emisi gas buang dilakukan pada putaran mesin 2000 rpm+beban, 2500 rpm+beban, 3000 rpm+beban, 3500 rpm+beban, dan 4000 rpm+beban. Beban yang diberikan adalah beban pengereman sebesar 50% dari jarak maksimal penekanan pedal rem. Perbandingan juga dilakukan antara pengukuran emisi gas

buang dengan pendinginan dan tanpa pendinginan dengan variasi putaran mesin dan beban yang sama.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Data yang didapatkan dari hasil pengujian tanpa dan dengan perlakuan pendinginan pada gas buang kendaraan bermotor menggunakan bahan bakar pertalite dengan variasi putaran mesin (rpm) dan pemberian beban pengereman yang selanjutnya ditandai dengan simbol (+B) pada 2000-4000 rpm pada masing-masing kandungan emisi gas buang dapat dilihat pada Gambar 2-7.



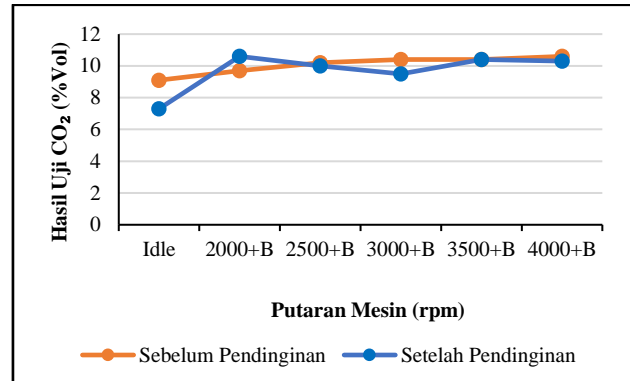
Gambar 2. Perbandingan kadar gas CO terhadap putaran mesin

Pada Gambar 2. di atas dapat diketahui bahwa hasil uji kadar CO pada putaran mesin *idle* terjadi penurunan nilai dibandingkan tanpa perlakuan pendinginan dengan hasil sebesar 6,20% Vol, turun sebesar 33% dari pengukuran tanpa pendinginan. Namun, hasil ini masih melebihi peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 5 pada tahun 2006 tentang ambang batas emisi gas buang kendaraan roda dua bermotor lama untuk gas CO yaitu sebesar 5,5 % Vol. Hal ini disebabkan oleh kondisi ruang bakar kurang baik, terdapat deposit karbon dan banyak terdapat goresan pada piston dan silinder blok, yang disinyalir menyebabkan kebocoran kompresi. Selanjutnya pada putaran mesin 2000+B, 2500+B, 3000+B, 3500+B, dan 4000+B mendapatkan baik dari kedua perlakuan mendapatkan hasil $\geq 10\%$ Vol, hasil yang sama tersebut diakibatkan oleh keterbatasan pembacaan alat uji emisi.

Pemberian perlakuan pendinginan terhadap gas buang dapat mereduksi kadar gas CO dalam emisi gas buang kendaraan bermotor. Hasil penelitian ini juga diperkuat oleh adanya penelitian sebelumnya yang menyatakan bahwa menurunnya suhu gas buang menghasilkan penurunan pada kandungan CO [10].

Adanya kandungan emisi gas CO (karbon monoksida) dikarenakan pembakaran tidak sempurna yang terjadi di dalam ruang bakar dan kurangnya pasokan oksigen (O_2) yang masuk ke dalam ruang bakar, artinya semakin kaya campuran maka semakin banyak kandungan gas CO di dalam emisi gas buang. Hal ini senada dengan penelitian

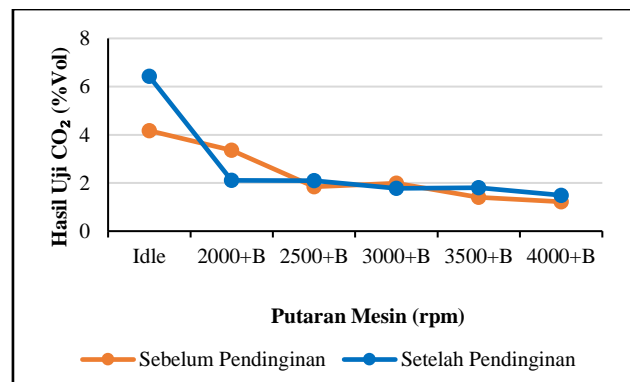
yang dilakukan oleh Ismiyati yang menyatakan bahwa adanya gas CO diakibatkan oleh pembakaran yang tidak sempurna di dalam ruang bakar kendaraan bermotor [11].



Gambar 3. Grafik perbandingan kadar gas CO₂ terhadap putaran mesin

Berdasarkan Gambar 3. dapat diketahui bahwa hasil uji kadar CO₂ di posisi putaran mesin *idle* hingga 4000 rpm +B terjadi fluktuasi nilai. Nilai rata-rata kadar CO₂ pada semua variasi putaran mesin menunjukkan penurunan sebesar 10% setelah perlakuan pendinginan dengan nilai rata-rata kadar CO₂ sebesar 9,6% Vol.

Pemberian perlakuan pendinginan terhadap gas buang kendaraan bermotor berpengaruh terhadap kandungan emisi gas CO₂. Hasil penelitian ini juga membuktikan bahwasanya penelitian yang dilakukan oleh peneliti terdahulu yaitu Charalampos Arapatsakos dkk. pada 2012 tentang pengaruh penurunan suhu gas buang terhadap emisi gas buang dapat menurunkan kandungan CO₂. Penurunan kadar CO₂ setelah proses pendinginan disebabkan penurunan temperatur gas buang mampu menghasilkan reaksi termokimia yang memecah unsur CO₂ menjadi unsur C dan O₂ [12].

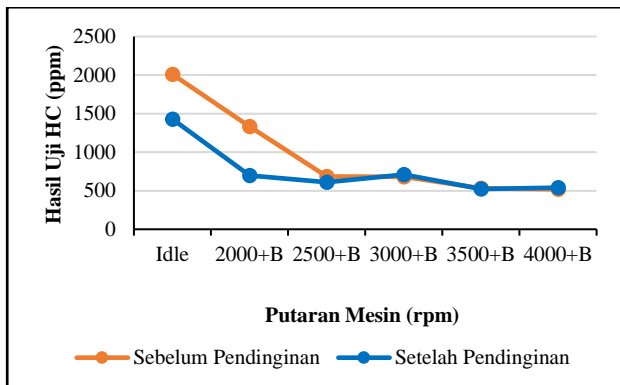


Gambar 4. Grafik perbandingan kadar gas O₂ terhadap putaran mesin

Berdasarkan Gambar 4. dapat diketahui bahwa hasil uji kadar O₂ setelah proses pendinginan didapatkan rata-rata nilai lebih tinggi, dibandingkan dengan tanpa perlakuan pendinginan dengan kenaikan sebesar 13%. Nilai rata-rata kadar O₂ di seluruh putaran mesin adalah 2,2 % Vol.

Peningkatan kandungan gas O_2 dalam emisi gas buang dikarenakan adanya pembakaran yang tidak sempurna di dalam mesin sehingga kandungan O_2 yang seharusnya berikatan dengan kandungan HC dalam bahan bakar ikut terbuang melalui saluran gas buang hasil pembakaran. Hal tersebut juga disebabkan reaksi termokimia CO_2 menjadi O_2 akibat penurunan suhu gas buang.

Kandungan gas O_2 tidak memiliki dampak berbahaya bagi lingkungan sekitar. Semakin tinggi kadar gas O_2 (campuran miskin) pada emisi gas buang maka akan berpengaruh pada meningkatnya kandungan emisi gas HC dan berkurangnya *output* yang dikeluarkan oleh mesin [13].



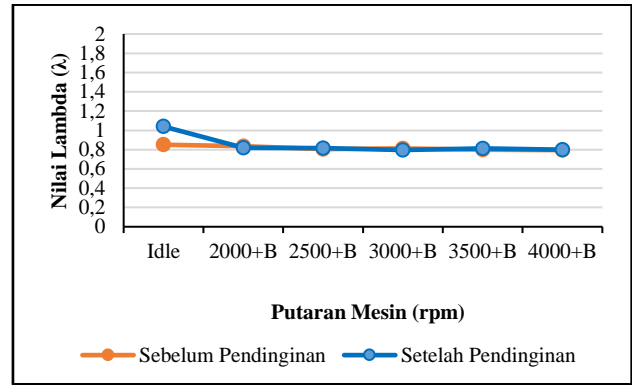
Gambar 5. Grafik perbandingan kadar gas HC terhadap putaran mesin

Berdasarkan Gambar 5. di atas dapat diketahui bahwa terjadi penurunan kadar HC pada putaran mesin *idle* dan 2000 rpm+beban, selanjutnya baik dengan perlakuan dan tanpa perlakuan pendinginan kadar HC dalam gas buang cenderung berimbang.

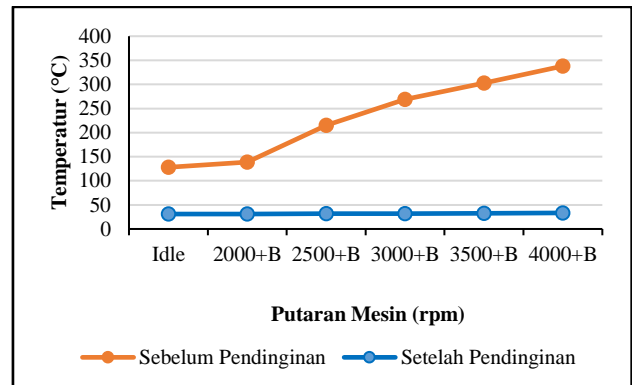
Perlakuan pendinginan terhadap gas buang kendaraan dapat mereduksi kandungan gas HC, terutama pada putaran rendah mesin. Hasil penelitian ini juga diperkuat oleh adanya penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Charalampos Arapatsakos dkk. pada 2012 yang menyatakan bahwa menurunnya suhu gas buang menghasilkan penurunan kadar HC.

Kesetimbangan nilai HC baik dengan dan tanpa perlakuan pendinginan juga disebabkan kondisi ruang bakar mesin yang terdapat deposit karbon dan goresan pada silinder blok yang menyebabkan kebocoran kompresi [14].

Berdasarkan grafik perbandingan nilai lambda terhadap putaran mesin pada Gambar 6. dapat diketahui bahwa hasil uji emisi nilai lambda tanpa perlakuan pendinginan memperoleh hasil dengan perbedaan yang tidak terlalu signifikan di antara kedua variasi perlakuan. Pada posisi *idle* perlakuan pendinginan mampu meningkatkan nilai lambda hingga mendekati 1. Pembakaran yang sempurna adalah nilai lambda yang idealnya memiliki nilai 1.



Gambar 6. Grafik perbandingan nilai lambda terhadap putaran mesin



Gambar 7. Grafik perbandingan suhu gas buang terhadap putaran mesin

Efektivitas penambahan *heat exchanger* pada saluran gas buang terlihat pada Gambar 7. yang mana temperatur terjaga normal di bawah $35^{\circ}C$. Penurunan temperatur gas buang disebabkan perpindahan kalor dari gas buang ke *coolant* yang kan didinginkan oleh radiator.

PENUTUP

Simpulan

Berdasarkan hasil dari penelitian dapat ditarik kesimpulan yakni perlakuan pendinginan dengan modifikasi knalpot dengan penambahan *heat exchanger* dapat menurunkan kandungan CO , CO_2 , HC, meningkatkan kandungan O_2 , dan berpengaruh terhadap nilai lambda dibanding dengan tanpa perlakuan pendinginan terutama dalam kondisi *idle*.

Saran

Berdasarkan penelitian yang penulis lakukan maka saran yang dapat diberikan antara lain:

1. Guna memperoleh hasil pengujian yang maksimal, maka penelitian selanjutnya diharapkan menyesuaikan kapasitas alat uji dengan kendaraan yang diuji agar tidak terjadi *over value reading*.
2. Dalam penyusunan penelitian ini, semoga bisa menjadi bahan pertimbangan untuk diterapkan dalam pengujian

kandungan emisi gas buang kendaraan bermotor berbahan bakar solar (*diesel fuel*).

[14] Fasha, Ryan., "Waspada, ini 4 Penyebab Utama yang Bikin Kompresi Mesin Jadi Bocor, <https://www.gridoto.com/read/221871790/waspada-ini-4-penyebab-utama-yang-bikin-kompresi-mesin-jadi-bocor?page=all>, Oktober 2019.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Badan Pusat Statistik, "Perkembangan Jumlah Kendaraan Bermotor Menurut Jenis (Unit) 2017-2019," Jakarta: Badan Pusat Statistik, 2019.
- [2] Umar, M., "Analisis Dampak Emisi Gas Buang Kendaraan Bermotor CO di UIN Raden Intan Lampung", Skripsi, Universitas Islam Negeri Raden Intan Lampung, 2018.
- [3] Saepudin, A., dan Admono, T., "Kajian Pencemaran Udara Akibat Emisi Kendaraan Bermotor di DKI Jakarta," dalam Jurnal Teknologi Indonesia 28, vol. 2, pp 29-39, 2005.
- [4] Sugiarti, "Gas Pencemar Udara dan Pengaruhnya Bagi Kesehatan Manusia", dalam Jurnal Chemica Vol. 10 No. 1 Juni, 2009.
- [5] Winarno, Joko, "Studi Emisi Gas Buang Kendaraan Bermesin Bensin Pada Berbagai Merk Kendaraan dan Tahun Pembuatan. Kementerian Kebudayaan dan Pariwisata Indonesia", dalam Jurnal Manajemen Transportasi dan Logistik. Vol. 1, No. 3, 2014.
- [6] Ismiyati, Marlita D., dan Saidah, D., "Pencemaran Udara Akibat Emisi Gas Buang Kendaraan Bermotor," dalam Jurnal Manajemen Transportasi & Logistik (JMTransLog), vol. 03, pp 241-247, 2014, doi: 10.25292/j.mtl.v1i3.23.
- [7] Syarifudin dan Saiful., "Pengaruh Penggunaan Exhaust Gas Temperature (EGR) Terhadap Temperatur Gas Buang dan Emisi Jelaga Mesin Diesel", dalam Jurnal Mechanical Engineering, Vol 7, No 2 Juli 2018 Universitas Diponegoro Semarang
- [8] Arapatsakos, C., Karkanis, A. and Strofylla S. M., "The Effect of Temperature on Gas Emissions," in *Journal of Arpapress*, vol. 11, pp 89-100, 2012.
- [9] Departemen Lingkungan Hidup., "PERMEN LH 05 Tahun 2006 tentang Ambang batas Emisi Gas Buang Kendaraan Bermotor Lama," Jakarta: Departemen Lingkungan Hidup, 2016.
- [10] Fatah, A. K., "Pengaruh Catalytic Converter Tembaga (Cu) Berlapis Mangan (Mn) Terhadap Emisi Gas Buang dengan Variasi Bahan Bakar", Skripsi, Politeknik Negeri Jember, 2017.
- [11] Arifin, Z., "Diklat Emisi Gas Buang Balai Pendidikan dan Pelatihan Transportasi Darat", Badan Diklat Perhubungan Bali, 2011.
- [12] Yasupandi, Fauzi, " Teknologi Baru yang Mengubah Gas CO₂ Menjadi Gas O₂ dan Bahan Bakar, <https://warstek.com/co2/>, Februari 2022.
- [13] Syahrani, Awal., "Analisa Kinerja Mesin Bensin Berdasarkan Hasil Uji Emisi", dalam Jurnal AMAERTek, Vol. 4, November, 2006.