

## Pengaruh Modifikasi Permukaan Piston terhadap Emisi Gas Buang Motor Bakar Kapasitas 100 cc

<sup>1</sup>Gennarki Dini Setyawan Putra, <sup>2</sup>Khambali Khambali\*

<sup>1,2</sup> Politeknik Negeri Malang

Jl. Soekarno Hatta No.9, Jatimulyo, Kec. Lowokwaru, Kota Malang, Jawa Timur 65141

\*Email: [khambali@polinema.ac.id](mailto:khambali@polinema.ac.id)

**Abstract.** Technological advances in motorized transportation are progressing rapidly, making motorized vehicles the main mode of transportation. The increasing number of motorized vehicles in society results in a significant increase in exhaust emissions. Combustion in vehicle engines is not always perfect, producing exhaust gases containing compounds harmful to human health, such as carbon monoxide (CO), hydrocarbons (HC), carbon dioxide (CO<sub>2</sub>), and nitrogen oxides (NO<sub>x</sub>). This study investigates the effect of variations in piston dome shape on exhaust emissions in a 100cc internal combustion engine using RON 90 fuel. The goal is to find the optimal compression ratio to produce cleaner exhaust emissions. The research data are presented in tabular form and analyzed using one-way ANOVA and graphs. The results showed a significant reduction in CO and HC emissions at all engine speeds (1000, 2000, 4000, and 5000 rpm) with variations in piston dome shape. The reduction in CO emissions ranged from 55.07% to 85.73%, while the reduction in HC emissions ranged from 54.14% to 86.10%. These results suggest that variations in piston dome shape can be an effective solution to minimize harmful exhaust emissions in internal combustion engines.

**Keywords:** exhaust gas, standard piston, high dome piston, Ron 90 fuel

**Abstrak.** Kemajuan teknologi pada alat transportasi bermotor melaju pesat, mengantarkan kendaraan bermotor sebagai moda transportasi utama. Meningkatnya jumlah kendaraan bermotor di masyarakat berakibat pada peningkatan emisi gas buang yang signifikan. Pembakaran dalam mesin kendaraan tidak selalu sempurna, menghasilkan gas buang yang mengandung senyawa berbahaya bagi kesehatan manusia, seperti karbon monoksida (CO), hidrokarbon (HC), karbon dioksida (CO<sub>2</sub>), dan oksida nitrogen (NO<sub>x</sub>). Penelitian ini menyelidiki pengaruh variasi bentuk kubah piston terhadap emisi gas buang pada motor bakar 100 cc yang menggunakan bahan bakar RON 90. Tujuannya adalah untuk menemukan rasio kompresi yang optimal dalam menghasilkan emisi gas buang yang lebih ramah lingkungan. Data hasil penelitian disajikan dalam bentuk tabel dan dianalisis menggunakan metode one-way ANOVA dan grafik. Hasil menunjukkan penurunan emisi CO dan HC yang signifikan pada semua putaran mesin (1000, 2000, 4000, dan 5000 RPM) dengan variasi bentuk kubah piston. Penurunan emisi CO mencapai 55,07% hingga 85,73%, sedangkan emisi HC berkurang hingga 54,14% - 86,10%. Temuan ini menunjukkan bahwa variasi bentuk kubah piston dapat menjadi solusi efektif untuk meminimalkan emisi gas buang berbahaya pada motor bakar.

**Kata kunci:** gas buang, piston standar, piston high dome, bahanbakar RON 90

### 1. LATAR BELAKANG

Perkembangan pesat teknologi alat transportasi bermotor telah mengantarkan kendaraan ini menjadi primadona dalam mobilitas masyarakat. Namun, di balik kemudahan dan kepraktisan yang ditawarkan, terdapat konsekuensi serius, yaitu peningkatan emisi gas buang yang signifikan. Gas buang kendaraan bermotor menjadi salah satu kontributor utama polusi udara global (Khatami, 2023). Sektor transportasi menjadi penyumbang utama polutan udara, dengan 60% emisi berasal dari karbon monoksida dan 15% dari hidrokarbon. Data ini menjadi pengingat bahwa kesehatan bumi dan manusia dipertaruhkan seiring dengan ketergantungan berlebihan pada kendaraan bermotor (Srikandi, 1992). Dengan demikian, kendaraan bermotor

secara berkelanjutan menyumbang terhadap pencemaran udara, dengan konsentrasi karbon monoksida yang cukup signifikan sehingga dapat membahayakan lingkungan.

Piston merupakan bagian krusial dalam mesin pembakaran dalam yang berperan penting dalam menekan campuran bahan bakar dan udara di dalam ruang bakar.. bentuk kubah piston sangat berpengaruh dalam hal menentukan rasio kompresi yang berdampak pada emisi gas buang. Ada beberapa bentuk kubah piston pada motor bakar 4 langkah. Untuk piston standar permukaan piston cenderung datar atau *flat*, sedangkan untuk yang variasi kita bisa memodifikasi sendiri bentuk permukaan piston dan biasanya cenderung di buat lebih cembung yang bertujuan untuk meningkatkan rasio kompresi Gas buang pada kendaraan bermotor menjadi faktor yang cukup krusial karena beberapa alasan yang berkaitan dengan dampak terhadap lingkungan, kesehatan dan perubahan iklim.

## 2. KAJIAN TEORITIS

### Emisi Gas Buang

Hasil pembakaran sempurna di dalam ruang bakar menghasilkan gas buang. Gas buang ini kemudian dikeluarkan melalui knalpot dan dilepaskan ke atmosfer. Gas buang mengandung berbagai senyawa, yang dapat dikategorikan menjadi dua kelompok utama: senyawa berbahaya dan senyawa tidak berbahaya (Swisscontact, 1998). Selain itu, dampak negatif dari emisi gas buang yang tidak sempurna sangatlah beragam. Salah satu akibatnya adalah pencemaran tanah dan air yang bersifat asam (Amalia, 2017).

Pembakaran di mesin tidak selalu sempurna, sehingga menghasilkan emisi berbahaya seperti karbon monoksida (CO) dan hidrokarbon (HC). CO merupakan produk utama pembakaran bahan bakar yang tidak sempurna, sedangkan HC muncul karena bahan bakar yang belum terbakar sepenuhnya ikut keluar bersama gas buang (Harto, 2018).

### Piston

Piston, bagaikan tabung silinder, bergerak naik turun (translasi) di dalam silindernya. Komponen penting ini berperan sebagai penampung tenaga pembakaran, penyalur tenaga pembakaran, dan penekan campuran bahan bakar dan udara di dalam ruang bakar. Pada motor bakar 4 langkah, terdapat beberapa variasi bentuk kubah piston, seperti permukaan datar yang umum digunakan pada motor standar, dan permukaan cembung (*high dome*) yang lazim ditemukan pada piston variasi.

#### 1. Piston Standar

Piston dengan permukaan datar, bagaikan meja bundar, biasanya memiliki dua cekungan setengah lingkaran untuk ruang gerak klep saat terbuka. Tipe piston ini umumnya

digunakan pada motor standar lawas dengan rasio kompresi rendah. Efisiensi piston datar membuatnya ideal untuk bahan bakar oktan rendah (RON rendah). Kontur permukaan datar ini menjadi patokan utama dalam merancang piston cembung, dengan nilai dasar 0% (Sutiman, 2005).

## 2. Piston Modifikasi

Piston cembung (*high dome*), memiliki permukaan melengkung ke luar. Bentuk ini meningkatkan efisiensi pembilasan campuran udara-bahan bakar dan memperlancar pembuangan gas sisa pembakaran. Fungsi utama piston jenong adalah meningkatkan kompresi saat piston mencapai Titik Mati Atas (TMA). Dibandingkan piston standar, saat piston jenong mencapai TMA, permukaannya lebih dekat ke kepala silinder, menghasilkan kompresi yang lebih tinggi (Sutiman, 2005).

## **Bahan Bakar**

Bahan Bakar Minyak (BBM) menjadi sumber energi utama bagi penduduk Indonesia, terutama di sektor transportasi dan kendaraan bermotor. Di Tanah Air, beberapa perusahaan menyediakan berbagai jenis BBM, dengan RON 90 sebagai pilihan terpopuler. Harganya yang terjangkau menjadi alasan utama di balik popularitasnya. Dibandingkan dengan pendahulunya, RON 88, RON 90 lebih banyak digunakan, terutama pada sepeda motor lama, karena sedikit lebih murah dibandingkan RON 92. Faktor inilah yang mendorong banyak orang memilih BBM jenis ini.

## **3. METODE PENELITIAN**

Penelitian ini menggunakan metode eksperimen nyata (*true experimental research*) untuk memanipulasi variabel dan mempelajari hubungan sebab-akibat. Variabel bebas dalam penelitian ini adalah model piston, dengan piston datar dan piston modifikasi (*high dome*) sebagai pilihan. Emisi gas buang HC dan CO menjadi variabel terikat yang diamati. Pengujian dilakukan untuk mengukur pengaruh variasi bentuk kubah piston terhadap emisi gas buang pada sepeda motor Honda Supra 100 cc.

## **Waktu dan Tempat Penelitian**

Penelitian ini dilaksanakan di Bengkel Teknik Otomotif Elektronik Politeknik Negeri Malang, yang dilakukan selama periode Februari hingga Mei 2022. Adapun modifikasi piston dilakukan di Bengkel Produksi.

### Alat dan Bahan Penelitian

Alat yang digunakan:

1. Sepeda motor Honda Supra 100 cc
2. *Gas Analyzer*
3. *Toolset*
4. *Tachometer*
5. Jangka Sorong
6. Mesin Bubut

Bahan yang digunakan:

1. Piston standar
2. Bahan Bakar RON 90

### Variable Penelitian

Varibel bebas pada penelitian ini menggunakan model piston datar dan piston modifikasi (*high dome*). Sedangkan variabel terikatnya adalah emisi gas buang HC dan CO.

### Prosedur Modifikasi Piston

1. Memodifikasi Piston standar dengan cara menambahkan permukaan piston menggunakan las alumunium di bagian atas, sebagaimana yang ditunjukkan dalam Gambar 1.



**Gambar 1.** Modifikasi piston

2. Berikutnya membentuk bagian kubah piston menggunakan mesin bubut dengan berbagai ukuran sebagaimana yang ditunjukkan dalam Gambar 2.



**Gambar 2.** Ukuran modifikasi piston

- Lebar kubah bagian bawah 35 mm
- Lebar kubah bagian atas 30 mm
- Tinggi kubah piston 2 mm
- Lebar coakan klep in 23,5 mm
- Lebar coakan klep ex 20,5 mm
- Dalam coakan klep in dan ex 4 mm (diukur dari bagian kubah paling atas)

#### Metode Pengolahan dan Analisa Data

Data emisi gas buang dari kedua jenis piston dihimpun dan disajikan dalam bentuk tabel. Hal ini memungkinkan identifikasi data terbaik. Analisis data dilakukan dengan metode *one-way ANOVA* dan grafik perbandingan untuk variabel bebas dan terikat. Pengolahan data meliputi beberapa tahapan, yaitu; pencatatan data selama pengujian, perhitungan rata-rata hasil dari 3 pengujian pada setiap putaran mesin, transformasi data dari format tabel ke format grafik, analisis grafik untuk mengamati perbedaan hasil uji dan penyimpulan hasil yang diperoleh dari penelitian.

## 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

### Analisa Data Pengujian Gas Buang CO

Analisa Uji *One Way Anova* Gas Buang CO ditunjukkan dalam Tabel 1.

**Tabel 1.** Hasil Uji *Analysis Of Variance* Gas Buang CO

#### Analysis of Variance

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Factor	1	53.51	53.510	6.24	0.047
Error	6	51.42	8.571		
Total	7	104.93			

#### Means

Factor	N	Mean	StDev	95% CI
STANDAR	4	8.04	3.47	(4.45, 11.62)
HD	4	2.86	2.26	(-0.72, 6.44)

Nilai *p-value* dalam tabel 1 di atas menunjukkan pengaruhnya terhadap variabel yang telah ditentukan. Berikut penjelasan pengambilan keputusan berdasarkan tabel ANOVA tersebut:

Keputusan:

- Tolak H0 dan terima H1 jika nilai *p-value* < 0,05.
- Terima H0 dan tolak H1 jika nilai *p-value* > 0,05.

Penjelasan:

Berdasarkan data pada Tabel 1, nilai *p-value* adalah 0,047, yang lebih kecil dari 0,05. Hal ini menunjukkan bahwa H0 ditolak dan H1 diterima. Dengan kata lain, terdapat pengaruh putaran mesin dan modifikasi piston high dome terhadap emisi gas buang berupa kadar CO.

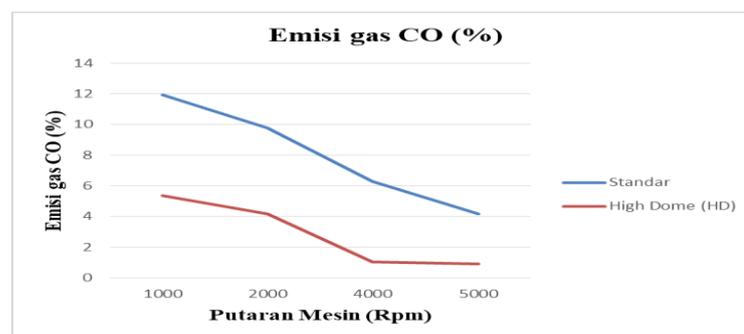
Tabel 2 dan Gambar 2, menunjukkan pengaruh putaran mesin terhadap rata-rata emisi CO (%) pada dua jenis piston: piston standar dan piston high dome.

**Tabel 2.** PutaranMesinTerhadap Rata-Rata Emisi CO

Putaran Mesin Terhadap Rata-Rata Emisi CO (%)		
Putaran Mesin (RPM)	Standar	High Dome (HD)
1000	11.93	5.36
2000	9.76	4.18
4000	6.28	1.02
5000	4.17	0.89

Pada Tabel 2, terlihat bahwa kadar emisi gas CO tertinggi terjadi pada pengujian yang menggunakan piston standar di setiap putaran mesin, dengannilai sebesar 11,93% pada 1000 rpm, 9,76% pada 2000 rpm, 6,28% pada 4000 rpm, 4,17% pada 5000 rpm, sedangkan menggunakan piston modifikasi mendapat nilai sebesar 5,35% pada 1000 rpm, 4,18% pada 2000 rpm, 1,02% pada 4000 rpm, 0,89 pada 5000 rpm, yang berarti mengalami penurunan sebesar 55,07% pada 1000 rpm, 57,17% pada 2000 rpm, 85,73% pada 4000 rpm, 78,65% pada 5000 rpm.

Adapun hubungan putaran mesin dengan kadar CO lebih detail, dapat ditunjukkan dalam Gambar 3.



**Gambar 3.** Pengaruh putaran *engine* terhadap emisi gas buang CO

Pada semua putaran mesin sebagaimana yang tampak dalam Grafik (Gambar 3), emisi CO pada piston *high dome* lebih rendah daripada emisi CO pada piston standar. Hal ini menunjukkan bahwa modifikasi piston *high dome* dapat mengurangi emisi CO pada sepeda motor. Perbedaan emisi CO antara piston standar dan piston *high dome* semakin besar pada putaran mesin yang lebih tinggi.

Hal ini menunjukkan bahwa efektivitas modifikasi piston *high dome* dalam menurunkan emisi CO lebih optimal pada putaran mesin yang tinggi. Pada putaran mesin 1000 RPM, emisi CO pada piston *high dome* 5,36% lebih rendah daripada emisi CO pada piston standar. Hal ini berarti modifikasi piston *high dome* dapat menurunkan emisi CO hingga 5,36% pada putaran mesin 1000 RPM.

Pada putaran mesin 2000 RPM, emisi CO pada piston *high dome* 4,18% lebih rendah daripada emisi CO pada piston standar. Hal ini berarti modifikasi piston *high dome* dapat menurunkan emisi CO hingga 4,18% pada putaran mesin 2000 RPM. Pada putaran mesin 4000 RPM, emisi CO pada piston *high dome* 1,02% lebih rendah daripada emisi CO pada piston standar. Hal ini berarti modifikasi piston *high dome* dapat menurunkan emisi CO hingga 1,02% pada putaran mesin 4000 RPM. Pada putaran mesin 5000 RPM, emisi CO pada piston *high dome* 0,89% lebih rendah daripada emisi CO pada piston standar. Hal ini berarti modifikasi piston *high dome* dapat menurunkan emisi CO hingga 0,89% pada putaran mesin 5000 RPM.

Piston *high dome* menghasilkan emisi CO (%) yang lebih rendah dibandingkan piston standar pada semua putaran mesin. Hal ini menunjukkan bahwa modifikasi piston *high dome* dapat meningkatkan efisiensi pembakaran dan mengurangi emisi gas buang. Perbedaan emisi CO (%) antara piston standar dan piston *high dome* semakin besar pada putaran mesin yang lebih tinggi. Hal ini menunjukkan bahwa efektivitas modifikasi piston *high dome* dalam mengurangi emisi CO (%) lebih signifikan pada putaran mesin yang tinggi.

### Analisa Data Pengujian Gas Buang HC

Analisa uji *one way ANOVA* gas buang HC, ditunjukkan dalam Tabel 3.

**Tabel 3.** Hasil uji *analysis of variance* gas buang HC

#### Analysis of Variance

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Factor	1	600608	600608	6.99	0.038
Error	6	515392	85899		
Total	7	1116000			

#### Means

Factor	N	Mean	StDev	95% CI
STANDAR	4	820	341	(461, 1178)
HD	4	272	236	(-87, 630)

Nilai *p-value* dalam tabel ANOVA di atas menunjukkan pengaruhnya terhadap variabel yang telah ditentukan. Berikut penjelasan pengambilan keputusan berdasarkan tabel ANOVA tersebut:

Keputusan:

- Tolak H0 dan terima H1 jika nilai *p-value* < 0,05.
- Terima H0 dan tolak H1 jika nilai *p-value* > 0,05.

Penjelasan:

Berdasarkan data pada Tabel 3, nilai *p-value* adalah 0,047, lebih kecil dari 0,05. Hal ini menunjukkan bahwa H0 ditolak dan H1 diterima. Dengan kata lain, terdapat pengaruh putaran mesin dan modifikasi piston high dome terhadap emisi gas buang berupa kadar CO.

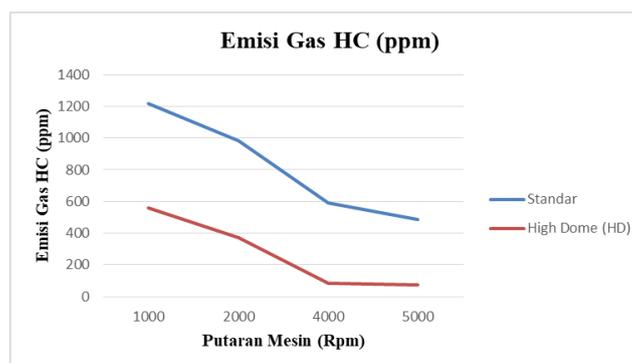
Tabel 4 dan Gambar 4, menunjukkan pengaruh putaran mesin terhadap rata-rata emisi HC (*ppm*) pada dua jenis piston: piston standar dan piston *high dome*.

**Tabel 4.** Putaran mesin terhadap emisi gas buang HC

Putaran mesin terhadap emisi HC ( <i>ppm</i> )		
Putaran Mesin (RPM)	Standar	<i>High Dome</i> (HD)
1000	1217	558
2000	984	372
4000	590	82
5000	487	74

Pada Tabel 4, terlihat bahwa kadar emisi gas HC tertinggi terjadi pada pengujian yang menggunakan piston standar di setiap putaran mesin, dengan nilai sebesar 1217 *ppm* pada 1000 RPM, 984 *ppm* pada 2000 RPM, 590 *ppm* pada 4000 RPM, 487*ppm* pada 5000 RPM, sedangkan menggunakan piston modifikasi mendapat nilai sebesar 558 *ppm* pada 1000 RPM, 372 *ppm* pada 2000 RPM, 82 *ppm* pada 4000 RPM dan 74 *ppm* pada 5000 RPM, yang berarti mengalami penurunan sebesar 54,14% pada 1000 RPM, 62,19% pada 2000 RPM, 86,10% pada 4000 RPM, 84,80% pada 5000 RPM dibandingkan dengan kondisi piston standar.

Gambar 4 menunjukkan hubungan antara putaran mesin (RPM) dan emisi HC (*ppm*) untuk dua jenis mesin: Standar dan *High Dome* (HD).



**Gambar 4.** Pengaruh putaran *engine* terhadap emisi gas buang HC

Pada Gambar 4 dapat dianalisis untuk berbagai kondisi diantaranya; perbandingan emisi HC pada RPM yang sama. Pada semua tingkat putaran mesin, emisi HC pada mesin *High Dome* (HD) lebih rendah dibandingkan dengan mesin Standar. Hal ini tampak bahwa pada 1000 RPM: Mesin Standar mengeluarkan 1217 ppm HC, sementara Mesin High Dome hanya 558 ppm. Pada 2000 RPM: Mesin Standar mengeluarkan 984 ppm HC, sementara Mesin High Dome hanya 372 ppm. Pada 4000 RPM: Mesin Standar mengeluarkan 590 ppm HC, sementara Mesin High Dome hanya 82 ppm. Pada 5000 RPM: Mesin Standar mengeluarkan 487 ppm HC, sementara Mesin High Dome hanya 74 ppm.

Sedangkan kecenderungan emisi HC terhadap putaran mesin, diperoleh analisis sebagai berikut; (1) untuk kedua jenis mesin, emisi HC cenderung menurun seiring dengan peningkatan putaran mesin. (2) Pada RPM yang lebih tinggi (5000 RPM), perbedaan emisi HC antara kedua jenis mesin menjadi lebih signifikan. Mesin Standar mengeluarkan 487 ppm, sedangkan Mesin *High Dome* hanya 74 ppm.

Hasil pengujian dari modifikasi permukaan piston *High Dome* (HD) menunjukkan efisiensi yang lebih tinggi dalam mengurangi emisi HC pada semua tingkat putaran mesin. Ini dapat menunjukkan bahwa desain *High Dome* lebih efektif dalam pembakaran atau memiliki teknologi yang lebih baik untuk mengurangi emisi.

## **5. KESIMPULAN DAN SARAN**

### **Kesimpulan**

Berdasarkan dari hasil penelitian yang telah dilakukan dan dijabarkan pada pembahasan, maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Modifikasi piston pada kendaraan bermotor mempengaruhi emisi gas buang CO. Dimana pada setiap variabel putaran mesin nilai emisi CO mengalami penurunan sebesar 55,07% pada 1000 RPM, 57,17% pada 2000 RPM, 85,73% pada 4000 RPM dan 78,65% pada 5000 RPM dibandingkan dengan kondisi piston standar.
2. Modifikasi piston pada kendaraan bermotor mempengaruhi emisi gas buang HC. Dimana pada setiap variabel putaran mesin nilai emisi HC mengalami penurunan sebesar 54,14% pada 1000 RPM, 62,19% pada 2000 RPM, 86,10% pada 4000 RPM, 84,80% pada 5000 RPM dibandingkan dengan kondisi piston standar.

### **Saran**

Dari penelitian yang telah dilakukan, terdapat beberapa saran untuk mengembangkan penelitian serupa, yaitu:

1. Penelitian kedepannya dapat menggunakan beberapa bentuk kubah piston dengan rasio kompresi yang berbeda sehingga dapat mengetahui modifikasi model piston yang efektif untuk mengurangi emisi gas buang kendaraan.
2. Penelitian kedepannya dapat menggunakan beberapa variasi jenis bahan bakar atau kadar oktan yang berbeda untuk mengetahui bahan bakar apa yang cocok dengan modifikasi model piston.
3. Penelitian kedepannya dapat menggunakan variasi RPM yang lebih tinggi untuk melihat bagaimana hasil emisi gas buang di RPM yang tinggi.

## **DAFTAR PUSTAKA**

- Amalia, R. D. (2017). *Strategi pengendalian pencemaran gas CO dari aktivitas transportasi di Kota Batu, Jawa Timur* (PhD Thesis). Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Badan Pusat Statistik. (2018). *Perkembangan jumlah kendaraan bermotor menurut jenis, 1949-2018*.
- Galih. (2018). *Analysis of effect the piston model exhaust emissions on four step gasoline motors*. Kediri: Universitas Nusantara Kediri.
- Ifnu Taufik Indrawan. (2014). *Pengaruh rasio kompresi terhadap emisi gas buang CO dan HC dengan bahan bakar liquefied petroleum gas pada sepeda motor Yamaha Jupiter Z 110 cc*. Surakarta: Universitas Sebelas Maret.
- Khatami, M., Sujatmiko, A., & Asrori, A. (2023). An analysis of emission exhaust gas on 4-stroke engine based on IoT gas analyzer. *LOGIC: Jurnal Rancang Bangun dan Teknologi*, 23(2), 101–110.
- Srikandi, F. (1992). *Polusi air dan udara*. Yogyakarta: Kanisius.
- Sutiman. (2005). *Sistem pengapian elektronik*. Jakarta: PT. Citra Aji Parama.
- Swisscontact. (1998). *Emisi gas buang*. Jakarta: Airlangga.
- Warju, Harto, S. P., & Soenarto. (2018). The performance of chrome-coated copper as metallic catalytic converter to reduce exhaust gas emissions from spark-ignition engine. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 288, 1–15.
- Winarto, E. (2013). *Pengaruh bahan bakar premium, pertamax, pertamax plus dan variasi rasio kompresi terhadap kadar emisi gas buang CO dan HC pada Suzuki Shogun FL 125 tahun 2007*. Surakarta: Universitas Sebelas Maret.
- Wisesa, Amin, Alwi. (2015). *Pengaruh peningkatan perbandingan kompresi terhadap emisi gas buang kendaraan sepeda motor Honda Blade 110 cc*. Padang: Universitas Negeri Padang.