

SKRIPSI

**PENGARUH PENAMBAHAN GAS HHO PADA
BAHAN BAKAR PERTAMAX DENGAN VARIASI
ARUS TERHADAP EMISI GAS BUANG PADA
SEPEDA MOTOR 4 LANGKAH**



M.IRFAN EFENDI

03051382025115

PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN

JURUSAN TEKNIK MESIN

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS SRIWIJAYA

2024

SKRIPSI

**PENGARUH PENAMBAHAN GAS HHO PADA
BAHAN BAKAR PERTAMAX DENGAN VARIASI
ARUS TERHADAP EMISI GAS BUANG PADA
SEPEDA MOTOR 4 LANGKAH**

**Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Mendapatkan Gelar Sarjana
Teknik Mesin Pada Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya**



**OLEH
M. IRFAN EFENDI
03051382025115**

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
JURUSAN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS SRIWIJAYA
2024**

HALAMAN PENGESAHAN

**PENGARUH PENAMBAHAN GAS HHO PADA BAHAN
BAKAR PERTAMAX DENGAN VARIASI ARUS
TERHADAP EMISI GAS BUANG PADA SEPEDA MOTOR 4
LANGKAH**

SKRIPSI

Diajukan Untuk Melengkapi Salah Satu Syarat Memperoleh Gelar sarjana
Teknik Mesin Pada Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya

Oleh:

**M. IRFAN EFENDI
03051382025115**

Palembang, 23 November 2024

Mengetahui

Ketua Jurusan Teknik Mesin



**Prof. Amir Arifin, S.T., M.Eng., Ph.D., IPP.
NIP. 197909272003121004**

Pembimbing Skripsi



**Ellyanie, S.T., M.T.
NIP. 196905011994122001**

JURUSAN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS SRIWIJAYA

Agenda No.
Diterima Tanggal
Paraf

: 39/TM/AK/2024
: 31 Desember 2024

SKRIPSI

NAMA : M. IRFAN EFENDI
NIM : 03051382025115
JURUSAN : TEKNIK MESIN
JUDUL SKRIPSI : PENGARUH PENAMBAHAN GAS HHO
PADA BAHAN BAKAR PERTAMAX
DENGAN VARIASI ARUS TERHADAP
EMISI GAS BUANG PADA SEPEDA
MOTOR 4 LANGKAH
DIBUAT TANGGAL : 22 AGUSTUS 2023
SELESAI TANGGAL : 21 OKTOBER 2024

Palembang, 27 November 2024

Mengetahui,

Diperiksa dan disetujui oleh:

Ketua Jurusan Teknik Mesin

Pembimbing Skripsi

Prof. Amir Arifin, S.T., M.Eng., Ph.D., IPP.

Ellyanie, S.T., M.T.

NIP. 197909272003121004

NIP. 196905011994122001

HALAMAN PERSETUJUAN

Karya tulis ilmiah berupa Skripsi ini dengan judul “PENGARUH PENAMBAHAN GAS HHO PADA BAHAN BAKAR PERTAMAX DENGAN VARIASI ARUS TERHADAP EMISI GAS BUANG PADA SEPEDA MOTOR 4 LANGKAH” telah dipertahankan di hadapan Tim Penguji Karya Tulis Ilmiah Fakultas Teknik Program Studi Teknik Mesin Universitas Sriwijaya pada tanggal 12 Desember 2024.

Palembang, 12 Desember 2024.

Tim Penguji Karya tulis ilmiah berupa Skripsi/

Ketua :

Dr. Fajri Vidian, S.T, M.T
NIP .197207162006041002

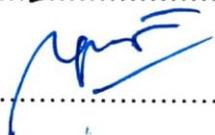

(.....)

Anggota :

Prof. Dr. Ir. Kaprawi, DEA.
NIP . 195701181985031004


(.....)

Ir. Hj. Marwani, M.T.
NIP . 196503221991022001


(.....)

Mengetahui,
Ketua Jurusan Teknik Mesin


Prof. Amir Arifin S.T., M.Eng., Ph.D. IPP.
NIP. 197909272003121004

Diperiksa dan disetujui oleh :
Pembimbing Skripsi


Ellyanie, S.T., M.T.
NIP. 196905011994122001

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur Penulis panjatkan kepada Allah Swt. Atas ridha-Nya. Penulis dapat menyelesaikan penyusunan proposal skripsi ini. Adapun judul skripsi yang penulis ajukan adalah “PENGARUH PENAMBAHAN GAS HHO PADA BAHAN BAKAR PERTAMAX DENGAN VARIASI ARUS TERHADAP EMISI GAS BUANG PADA SEPEDA MOTOR 4 LANGKAH”

Skripsi ini diajukan untuk memenuhi syarat kelulusan sidang sarjana di jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya . Tidak dapat disangkal bahwa butuh usaha yang keras dalam penyelesaian pengerjaan skripsi ini. Namun, karya ini tidak akan selesai tanpa orang-orang tercinta di sekeliling saya yang mendukung dan membantu. Terima kasih saya sampaikan kepada:

1. Ayahanda Dedy Efendi dan Ibunda Ardila selaku orang tua penulis yang selalu mendukung dan mensupport baik secara penuh lahir maupun batin
2. Ellyanie, S.T., M.T.selaku Dosen Pembimbing Skripsi yang banyak sekali memberikan arahan dan saran dalam menyelesaikan skripsi ini;
3. Prof. Amir Arifin, S.T., M.Eng., Ph.D., IPP. selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin Universitas Sriwijaya;
4. Seluruh teman-teman baik dari internal kampus maupun eksternal kampus yang telah memberi dukungan kepada penulis
5. Seluruh Staff dan jajaran admin jurusan Teknik Mesin

Penulis menyadari bahwa dalam penulisan skripsi ini masih banyak sekali kekurangan, karena keterbatasan ilmu yang penulis miliki. Oleh karena itu, saran dan kritik yang membangun sangat penulis harapkan supaya dapat lebih baik lagi dikemudian hari. Akhir kata penulis berharap semoga Skripsi ini dapat bermanfaat bagi kemajuan ilmu pengetahuan di masa yang akan datang

Palembang, 23 Agustus 2024

A handwritten signature in black ink, consisting of several fluid, connected strokes that form a stylized representation of the name 'M. Irfan Efendi'.

M. Irfan Efendi
NIM.03051382025115

HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : M. Irfan Efendi

NIM : 03051382025115

Judul : Pengaruh Penambahan Gas HHO Pada Bahan Bakar Pertamax
Dengan Variasi Arus Terhadap Emisi Gas Buang Pada
Sepeda Motor 4 Langkah

Memberikan izin kepada Pembimbing dan Universitas Sriwijaya untuk mempublikasikan hasil penelitian saya untuk kepentingan akademik apabila dalam waktu 1 (satu) tahun tidak mempublikasikan karya penelitian saya. Dalam kasus ini saya setuju untuk menempatkan Pembimbing sebagai penulis korespondensi (Corresponding author)

Demikian, pernyataan ini saya buat dalam keadaan sadar dan tanpa ada paksaan dari siapapun.



Palembang, Desember 2024



M. Irfan Efendi

NIM. 03051382025115

HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : M. Irfan Efendi

Nim : 03051382025115

Judul : Pengaruh Penambahan Gas HHO Pada Bahan Bakar Pertamax
Dengan Variasi Arus Terhadap Emisi Gas Buang Pada Sepeda Motor
4 Langkah

Menyatakan bahwa skripsi saya merupakan hasil karya saya sendiri didampingi tim pembimbing dan bukan hasil penjiplakan/plagiat. Apabila ditemukan unsur penjiplakan/plagiat dalam skripsi ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik dari Universitas Sriwijaya sesuai dengan aturan yang berlaku.

Demikian pernyataan saya buat dalam keadaan sadar dan tanpa ada paksaan dari pihak manapun.

Palembang, Desember 2024



M. Irfan Efendi

NIM. 03051382025115

RINGKASAN

PENGARUH PENAMBAHAN GAS HHO PADA BAHAN BAKAR PERTAMAX DENGAN VARIASI ARUS TERHADAP EMISI GAS BUANG PADA KENDARAAN 4 LANGKAH

Karya tulis ilmiah berupa skripsi,

M. Irfan Efendi, dibimbing oleh Ellyanie, S.T, M.T

xxix + 34 halaman, 14 gambar, 11 tabel, 7 lampiran

RINGKASAN

Gas Hidrogen Hidrogen Oksigen (HHO) merupakan salah satu energi terbarukan yang mendapatkan perhatian untuk dikembangkan sebagai energi pengganti bahan bakar fosil. Gas Hidrogen Hidrogen Oksigen (HHO) bisa didapatkan pada air, dimana unsur air tersebut yaitu H_2O yang akan di elektrolisis menggunakan Generator HHO *dry cell*. Tujuan penelitian ini adalah mengetahui pengaruh penambahan gas HHO pada bahan bakar pertamax dengan menggunakan variasi arus 2a, 3a, dan 4a pada generator gas HHO terhadap emisi gas buang. Pengujian ini menggunakan kendaraan motor 4 langkah dan generator yang digunakan adalah tipe *wet cell* yang menggunakan arus listrik dari *accumulator* motor. Emisi yang diuji adalah CO, CO₂, HC, dan O₂ dengan menggunakan gas analyzer. Penelitian dilakukan dengan pengujian emisi dengan bahan bakar pertamax dengan putaran 2000 rpm, 2500 rpm, 3000 rpm, 3500 rpm, dan 4000 rpm lalu kemudian dengan penambahan gas HHO dengan variasi arus 2a, 3a, dan 4a. Hasil pengujian menunjukkan bahwa penambahan gas HHO pada bahan bakar pertamax dapat menurunkan kadar CO, campuran bahan bakar pertamax + gas HHO arus 4a terjadi penurunan 63% dibandingkan bahan bakar pertamax. Hasil pengujian penambahan gas HHO pada bahan bakar pertamax dapat menurunkan kadar HC, untuk variasi dan campuran bahan bakar pertamax + gas HHO arus 4a terjadi penurunan 21% dibandingkan bahan bakar pertamax. Hasil pengujian menunjukkan bahwa penambahan gas HHO pada bahan bakar pertamax dapat meningkatkan kadar O₂, untuk variasi campuran bahan bakar pertamax + gas

HHO arus 4a terjadi penurunan 6% dibandingkan bahan bakar pertamax. Hasil pengujian menunjukkan bahwa penambahan gas HHO pada bahan bakar pertamax dapat meningkatkan kadar CO₂, untuk variasi campuran bahan bakar pertamax + gas HHO arus 4a terjadi penurunan 53% dibandingkan bahan bakar pertamax. Berdasarkan hasil penelitian ini dapat disimpulkan bahwa penggunaan bahan bakar pertamax dengan penambahan gas HHO menggunakan variasi arus 4a lebih efektif dalam menurunkan emisi bahan bakar pada motor 4 langkah dibandingkan dengan bahan bakar pertamax.

Kata Kunci : Gas HHO, Pertamax, Emisi, Variasi Arus

SUMMARY

THE EFFECT OF ADDING HHO GAS TO PERTAMAX FUEL WITH CURRENT VARIATIONS ON EXHAUST GAS EMISSIONS IN 4-STROKE VEHICLES

Scientific writing in the form of a thesis,

M. Irfan Efendi, supervised by Ellyanie, S.T, M.T

xxix + 34 pages, 14 pictures, 11 tables. 7 attachment

SUMMARY

Hydrogen Hydrogen Oxygen (HHO) gas is one of the renewable energies that has received attention to be developed as a substitute for fossil fuels. Hydrogen Hydrogen Oxygen (HHO) gas can be obtained from water, where the water element is H₂O which will be electrolyzed using a dry cell HHO generator. The purpose of this study was to determine the effect of adding HHO gas to pertamax fuel using current variations of 2a, 3a, and 4a on the HHO gas generator on exhaust emissions. This test uses a 4-stroke motor vehicle and the generator used is a wet cell type that uses electric current from the motor accumulator. The emissions tested were CO, CO₂, HC, and O₂ using a gas analyzer. The study was conducted by testing emissions with pertamax fuel at 2000 rpm, 2500 rpm, 3000 rpm, 3500 rpm, and 4000 rpm and then with the addition of HHO gas with current variations of 2a, 3a, and 4a. The test results show that the addition of HHO gas to pertamax fuel can reduce CO levels, the mixture of pertamax fuel + HHO gas current 4a decreased by 63% compared to pertamax fuel. The test results of the addition of HHO gas to pertamax fuel can reduce HC levels, for variations and mixtures of pertamax fuel + HHO gas current 4a there was a decrease of 21% compared to pertamax fuel. The test results show that the addition of HHO gas to pertamax fuel can increase O₂ levels, for variations of pertamax fuel mixture + HHO gas current 4a there was a decrease of 6% compared to pertamax fuel. The test results show that the addition of HHO gas to pertamax fuel can increase CO₂ levels, for variations of pertamax fuel mixture + HHO gas current 4a there was a

decrease of 53% compared to pertamax fuel. Based on the results of this study, it can be concluded that the use of pertamax fuel with the addition of HHO gas using a variation of current 4a is more effective in reducing fuel emissions in 4-stroke engines compared to pertamax fuel.

Keywords: HHO Gas, Pertamax, Emission, Current Variation

DAFTAR ISI

SKRIPSI	iii
HALAMAN PENGESAHAN	v
SKRIPSI	Error! Bookmark not defined.
HALAMAN PERSETUJUAN	ix
KATA PENGANTAR	xi
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI	xiii
HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS	xiv
RINGKASAN.....	xvi
SUMMARY	xviii
DAFTAR ISI	xx
DAFTAR GAMBAR.....	xxii
DAFTAR TABEL	xxiv
BAB 1 PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Ruang Lingkup Penelitian	3
1.4 Tujuan Penelitian.....	3
1.5 Manfaat Penelitian.....	4
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Motor Bakar	5
2.2 Pertamax.....	6
2.3 Generator HHO	7
2.4 Elektrolisis.....	7
2.5 Emisi Kendaraan	8
2.6 Standar Emisi Gas Buang.....	10
BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN	13
3.1 Metoda Penelitian.....	13
3.2 Alat dan Bahan	13
3.3 Diagram Alir Pengujian	16
3.4 Instalasi Pemasangan Gas HHO ke Motor	16

3.5	Prosedur Penelitian.....	17
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN.....		19
4.1	Data Hasil Pengujian.....	19
4.2	Pembahasan.....	21
4.2.1	Karbon Monoksida (CO).....	21
4.2.2	Hidro Karbon (HC)	22
4.2.3	Oksigen (O ₂).....	23
4.2.4	Karbon Dioksida (CO ₂).....	24
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN.....		25
5.1	Kesimpulan	25
5.2	Saran.....	25
DAFTAR PUSTAKA.....		27
LAMPIRAN		29

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Diagram P-V Siklus Otto Ideal (Cengel, 2015).....	5
Gambar 2. 2 Siklus Kerja Generator HHO.....	7
Gambar 3. 1 Gas Analyzer	13
Gambar 3. 2 Generator HHO.....	14
Gambar 3. 3 <i>Pulse width modulation</i>	14
Gambar 3. 4 Sepeda Motor 4 Langkah.....	15
Gambar 3. 5 Tachometer	15
Gambar 3. 6 Pertamina	15
Gambar 3. 7 Diagram Alir Pengujian	16
Gambar 3. 8 Instalasi HHO Generator	17
Gambar 4. 1 Grafik hubungan antara Putaran motor terhadap kadar CO.	21
Gambar 4. 2 Grafik hubungan antara putaran motor terhadap kadar HC.....	22
Gambar 4. 3 Grafik hubungan antara putaran motor terhadap kadar O ₂	23
Gambar 4. 4 Grafik hubungan antara putaran terhadap kadar CO ₂	24

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Ambang Batas Emisi Gas Buang (Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indoneisa Nomor 8 Tahun 2023)	10
Tabel 3. 1 Spesifikasi Generator HHO	14
Tabel 3. 2 Spesifikasi Sepeda Motor 4 Langkah	15
Tabel 4. 1 Data hasil pengujian emisi gas buang dengan bahan bakar pertamax	19
Tabel 4. 2 Data hasil pengujian emisi gas buang dengan bahan bakar pertamax + gas HHO dengan variasi arus 2A	19
Tabel 4. 3 Data hasil pengujian emisi gas buang dengan bahan bakar pertamax + gas HHO dengan variasi arus 3A	20
Tabel 4. 4 Data hasil pengujian emisi gas buang dengan bahan bakar pertamax + gas HHO dengan variasi arus 4A	20

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 alat pengujian emisi gas buang	29
Lampiran 2 pengujian emisi gas buang	29
Lampiran 3 asistensi bimbingan akhir	30
Lampiran 4 hasil akhir similaritas (turnitin).....	31
Lampiran 5 surat pernyataan bebas plagiarisme.....	32
Lampiran 6 surat keterangan pengecekan similarity	33
Lampiran 7 form pengecekan format skripsi.....	34

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kendaraan bermotor adalah alat transportasi yang paling banyak digunakan di seluruh dunia. Namun, penggunaan yang luas ini menjadikannya sebagai salah satu penyebab utama pencemaran udara. Emisi yang dihasilkan oleh kendaraan bermotor mengandung zat-zat berbahaya yang dapat mengancam kesehatan manusia, merusak ekosistem, serta mempercepat perubahan iklim (Tri Tugaswati, 2017). Salah satu solusi untuk mengurangi emisi tersebut adalah dengan memanfaatkan gas hidrogen-oksigen (HHO). Ketika gas HHO dimasukkan ke dalam ruang pembakaran, gas ini akan bercampur dengan bahan bakar dan udara, yang pada akhirnya meningkatkan efisiensi proses pembakaran. Dengan sifatnya yang mudah terbakar dan energi yang tinggi, gas HHO tidak hanya mendukung pembakaran yang lebih efisien, tetapi juga berkontribusi dalam mengurangi emisi gas buang.

Gas HHO dihasilkan melalui proses elektrolisis air, yang memecah air menjadi dua molekul hidrogen dan satu molekul oksigen. Karena oksigen diperlukan dalam pembakaran, kedua gas ini dapat dimanfaatkan bersama-sama, di mana hidrogen berfungsi sebagai bahan bakar dan oksigen sebagai pendukung pembakaran. Untuk menghasilkan gas HHO, generator HHO dapat dirancang dengan menggunakan sumber listrik dari kendaraan yang dilengkapi pengatur daya. Gas HHO yang dihasilkan kemudian dimanfaatkan sebagai tambahan pada sistem udara masuk kendaraan.

Penelitian yang dilakukan oleh A. Sudrajat dan timnya (2020) menganalisis pengaruh penambahan gas HHO pada mesin bensin yang dilengkapi dengan sistem injeksi bahan bakar elektronik (EFI) tipe-L terhadap emisi gas buang serta efisiensi penggunaan bahan bakar. Temuan dari penelitian ini menunjukkan bahwa pemanfaatan gas HHO dapat secara

signifikan mengurangi emisi gas buang, dengan penurunan kadar CO mencapai 15,31% dan HC sebesar 16,27% dibandingkan dengan kondisi tanpa gas HHO.

Dalam penelitiannya, Wahid Hamdani (2022) menganalisis dampak penambahan gas HHO pada bahan bakar pertalite terhadap emisi gas buang dan kinerja kendaraan bermotor pada rentang putaran mesin antara 1.000 hingga 7.000 rpm. Hasil pengujian emisi menunjukkan bahwa kombinasi pertalite dan gas HHO menghasilkan emisi dengan konsentrasi CO sebesar 2,74%, HC 41 ppm, CO₂ 13,35%, dan O₂ 0,39%. Sebagai perbandingan, penggunaan pertalite tanpa tambahan HHO menunjukkan emisi CO 1,58%, HC 91 ppm, CO₂ 12,2%, dan O₂ 3,71%.

Penelitian yang dilakukan oleh M. Khalil dkk. (2019) memanfaatkan generator HHO dengan elektroda dari stainless steel. Penelitian tersebut mengungkapkan bahwa generator HHO dengan elektroda stainless steel menunjukkan performa yang lebih unggul dibandingkan generator yang menggunakan elektroda aluminium. Generator tersebut menghasilkan emisi CO sebesar 0,9% dan CO₂ sebesar 5,1%. Namun, kadar HC yang dihasilkan tetap tidak mengalami peningkatan jika dibandingkan dengan kondisi standar.

Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Muhammad Iqbal dan timnya (2023), gas HHO diproduksi melalui proses elektrolisis air. Gas ini memiliki potensi besar untuk dijadikan sumber energi alternatif yang lebih ramah lingkungan. Percobaan dilakukan menggunakan generator HHO dengan kapasitas 1 liter per menit. Arus listrik yang digunakan bervariasi antara 10 A hingga 50 A, dengan kenaikan setiap 10 A. Hasil percobaan menunjukkan adanya peningkatan produksi gas HHO seiring dengan bertambahnya arus listrik, dengan produksi gas tertinggi tercatat pada arus 50 A, yaitu mencapai 1,2 liter per menit.

Efisiensi generator HHO meningkat seiring dengan peningkatan arus listrik, dengan efisiensi tertinggi mencapai 12,0% pada arus 50 A. Penelitian ini mengungkapkan bahwa arus listrik memainkan peran penting dalam menentukan jumlah gas HHO yang dihasilkan, di mana semakin tinggi arus yang diterapkan, semakin banyak gas HHO yang diproduksi. Hal ini membuka peluang untuk menggunakan gas HHO pada kendaraan bermotor guna

mengurangi emisi gas buang. Tujuan penelitian kali ini ialah menganalisis dampak penambahan gas HHO dan variasi arus listrik pada kendaraan motor 4 langkah yang memakai bahan bakar pertamax untuk mengetahui kadar emisi kendaraan tersebut.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah pada penelitian ini adalah :

- a. Bagaimana dampak penambahan gas HHO pada bahan bakar pertamax terhadap emisi motor 4 langkah.
- b. Bagaimana dampak variasi arus pada generator HHO terhadap emisi motor 4 langkah pada kondisi normal tanpa modifikasi.

1.3 Ruang Lingkup Penelitian

Penelitian ini mencakup ruang lingkup yang melibatkan :

1. Penggunaan bahan bakar jenis pertamax.
2. Pengujian dilakukan pada sepeda motor Shogun 4 tak dengan kondisi standar operasional.
3. Penelitian ini mengevaluasi berbagai parameter emisi gas buang, seperti karbon monoksida (CO), karbon dioksida (CO₂), nitrogen dioksida (NO_x), dan hidrokarbon (HC), dengan memanfaatkan campuran gas HHO dan elektroda yang terbuat dari stainless steel.
4. Pengukuran dilakukan menggunakan gas analyzer.

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan Penelitian ini adalah :

1. Mengetahui pengaruh penambahan gas HHO pada bahan bakar pertamax dengan variasi arus terhadap emisi kendaraan 4 langkah
2. Mengetahui perbandingan emisi kendaraan 4 langkah yang memakai bahan bakar pertamax dengan yang memakai bahan bakar pertamax ditambah dengan gas HHO yang memakai variasi arus

1.5 Manfaat Penelitian

Menganalisis dampak penambahan gas HHO terhadap perubahan arus listrik pada sepeda motor yang menggunakan bahan bakar pertamax, serta pengaruhnya terhadap emisi gas buang, dengan harapan dapat menjadi referensi ilmiah mengenai penggunaan pertamax yang dikombinasikan dengan gas HHO dan variasi arus.

DAFTAR PUSTAKA

- Akbar, A., Wardana, I., & Yuliati, L. (2014). Pengaruh Penambahan HHO terhadap Kinerja dan Ionisasi Pembakaran Motor Bensin. *Jurnal Rekayasa Mesin*, 5(1), 1–7.
- Cengel, Y. A. (2015) „Thermodynamics : An Engineering Approach Introduction And Basic Concepts“, 8th Edition, pp. 1–59.
- Efendi, (2018). "Inkonsistensi Kebijakan Energi di Indonesia: Kaitannya Terhadap Pemberlakuan Standar Emisi Gas Buang Euro 4." *Jurnal Hukum Lingkungan Indonesia* 5(1) : 1-23.
- Hamdani, W., Prasetyo, D. H. T., Wahyudi, D., & Hakim, L. (2023). Pengaruh HHO terhadap performansi, emisi dan konsumsi bahan bakar pertalite pada kendaraan. *Mechonversio: Mechanical Engineering Journal*, 6(1), 22-27.
- Handayani, Y. S., & Priyadi, I (2021). Analisis Pengaruh Variasi Tegangan Terhadap Oxyhydrogen (HHO) Generator. *Jurnal Listrik, Instrumentasi, dan Elektronika Terapan*, 2(2).
- Irawan, Bambang. (2017). "Perhitungan Energi Pembakaran Bahan Bakar di Dalam Silinder Mesin Bensin." *Seminar Nasional Teknologi Terapan (MESIN)*. Vol. 3. (1).
- Khalil, M., Nugraheni, I.K., & Persada, A.A. (2019). Pengaruh Aplikasi Generator HHO Terhadap Konsumsi Bahan Bakar Dan Kualitas Emisi Gas Buang Pada Sepeda Motor Konvensional.
- Muhammad Iqbal,. (2023). Pengaruh Variasi Arus Listrik terhadap Produksi Gas HHO Menggunakan Elektroda Stainless Steel. *Jurnal Teknik Mesin*, Vol. 16 (1).
- Pertamina (2020). *Spesifikasi Produk BBM, BBN & LPG*“, Spesifikasi Produk

BBM, BBN & LPG, p. 23.

- Prasetyo, Diningrum, J. P., & Rahmanto, R. H. (2019). Analisis penggunaan variasi katalis NaOH, NaCl, dan KOH terhadap laju aliran gas HHO. *7(2)*, 64–71.
- Saragih, S.A., 2015. Analisa Perbandingan Unjuk Kerja Mesin Sepeda Motor Dengan Menggunakan Generator HHO Dry Cell Dan Tanpa Menggunakan Generator HHO Dry Cell. *J. APTEK* 7, 19–26.
- Sudrajat, A., Nugroho, I., Lestari, K. R., & Repi, V. V. R. (2020). Pengaruh Penambahan Gas HHO pada Mesin Bensin Terhadap Emisi dan Konsumsi Bahan Bakar. *Jurnal Ilmiah Giga*, 23(1), 8-19.
- Tri Tugaswati. (2017). Dampak Gas Buang Kendaraan Bermotor terhadap Kesehatan dan Lingkungan. *Jurnal Kesehatan Lingkungan*, Vol. 15, No. 2, 2017
- Zhao, Z., Huang, Y., Yu, X., Guo, Z., Li, M., & Wang, T. (2022). Effect of brown gas (HHO) addition on combustion and emission in gasoline engine with exhaust gas recirculation (EGR) and gasoline direct injection. *Journal of Cleaner Production*, 360, 132078.