

APLIKASI GAS HHO PADA SEPEDA MOTOR INJEKSI DENGAN MODIFIKASI ECU AFTERMARKET (TIMING PENGAPIAN)

Indah Puspitasari

Tenaga Pengajar (Dosen)
Politeknik Negeri Madiun
Program Studi Mesin Otomotif
Email:
indahpuspitasari@pnm.ac.id

Noorsakti Wahyudi

Tenaga Pengajar (Dosen)
Politeknik Negeri Madiun
Program Studi Mesin Otomotif
Email:
noorsakti@pnm.ac.id

Kuntang Winangun

Tenaga Pengajar (Dosen)
Universitas Muhammadiyah Ponorogo
Program Studi Teknik Mesin
Email:
kuntangwinangun@gmail.com

Fadil Noor Rofiq

Mahasiswa D3
Politeknik Negeri Madiun
Program Studi Mesin Otomotif
Email:
fadilnr29@gmail.com

HHO gas is a gas produced from electrolysis, which is the decomposition of an electrolyte using an electric current which produces Hydrogen Gas and Oxygen Gas / Hydrogen Hydrogen Oxygen. The purpose of this study was to determine the application of HHO gas by increasing ignition timing by 3°, 6°, and 9° using an aftermarket ECU on engine performance and injection motor emissions. The method used in this study is an experiment, testing using a dinotest measuring instrument and a gas analyzer. The results obtained are the highest average power value in all tests obtained on the variable use of HHO Gas without variations in ignition timing using an aftermarket ECU of 5.90 HP at 3500 Rpm engine speed, an increase of 0.13% from the conditions of HHO Gas usage and forward time. . ignition of 3° and 6°, an increase of 0.27% from HHO gas usage conditions and a forward ignition time of 9°. Then the highest average torque value from all tests was obtained on the variable using HHO Gas and variations in ignition timing using an aftermarket ECU with an advance of 3° of 14.39 Nm at 3000 rpm engine speed, an increase of 0.29% from conditions using HHO Gas without using Variation ignition timing using aftermarket ECU.

Keywords: HHO Gas, Engine Performance, Ignition Timing, Dynotest Measuring Instrument.

1. PENDAHULUAN

Berkurangnya produksi energi fosil terutama minyak bumi serta komitmen global dalam pengurangan emisi gas rumah kaca, mendorong Pemerintah untuk meningkatkan peran energi baru dan terbarukan secara terus menerus sebagai bagian dalam menjaga ketahanan dan kemandirian energi. Sesuai PP No. 79 Tahun 2014 tentang Kebijakan Energi Nasional, target bauran energi baru dan terbarukan pada tahun 2025 paling sedikit 23% dan 31% pada tahun 2050. Indonesia mempunyai potensi energi baru terbarukan yang cukup besar untuk mencapai target bauran energi primer tersebut [1]. Pemanfaatan energi terbarukan untuk mesin *internal combustion* sudah banyak dilakukan para peneliti [2]–[4].

Salah satu energi baru terbarukan adalah tenaga air yang kemudian diproses secara elektrolisis menjadi gas HHO (Hidrogen hidrogen oksigen), gas ini dapat dimanfaatkan menjadi bahan bakar [5]. Gas hidrogen merupakan molekul diatomik, setiap molekulnya tersusun atas 2 atom hidrogen, yang secara kimia dirumuskan dengan H₂. Kelebihan hidrogen dibandingkan dengan bahan bakar fosil lainnya yaitu pembakarannya tidak menyebabkan polusi karbon. Ketika terbakar, hidrogen melepaskan energi berupa panas dan menghasilkan air sebagai bahan buangan ($2\text{H}_2 + \text{O}_2 \rightarrow 2\text{H}_2\text{O}$), lebih efektif dalam pembakaran dan jumlahnya di alam sangat melimpah sekitar 93% dari seluruh atom yang ada di alam. Berbagai penelitian telah membuktikan bahwa hidrogen mampu dijadikan sebagai sumber energi alternatif [6], [7].

Pemanfaatan gas HHO sebagai energi alternatif pada kendaraan sepeda motor yang memiliki rasio kompresi tinggi, seperti pada honda beat Pop eSP. Karena gas HHO salah satu bahan bakar yang mempunyai nilai Oktan tinggi sehingga dapat meningkatkan kompresi pada mesin kendaraan. Gas HHO ini akan bercampur dengan Peralite melalui saluran udara intake dan Gas HHO ini selain dapat meningkatkan kompresi pada mesin kendaraan, dapat juga menghemat bahan bakar minyak dan gas buangnya sangat ramah lingkungan. Untuk Variasi timing pengapian menggunakan ECU *Aftermarket* Juken 5 dari BRT

(Bintang Racing Team) produk dalam negeri. ECU ini mempunyai fitur, seperti *Reset Factory, Idle Fuel, Decleration Fuel, Warming Up, Ignition Timing*.

Dari penelitian sebelumnya Eko Trapsilo Edi dkk (2020), telah menjelaskan modifikasi *cylinder head* dan injeksi Gas HHO terhadap performa mesin 4 langkah 1 silinder. Hasilnya daya maksimum pada mesin standar dengan injeksi Gas HHO yaitu 18.2 hp pada putaran mesin 6690 rpm. Sedangkan torsi maksimum pada mesin standar dengan injeksi gas HHO yaitu 19.24 N.m pada putaran mesin 6671 rpm. Lalu pada maksimum yang dicapai variasi 1 adalah 18.9 hp pada putaran mesin 7175 rpm dan torsi maksimum sebesar 18.80 N.m pada putaran mesin 7133 rpm. Ini membuktikan ada peningkatan sebesar 3.85% dan mesin yang sudah dimodifikasi memiliki kestabilan performa yang lebih baik dibandingkan dengan mesin standar.

Lalu menurut penelitian yang dilakukan oleh Galih Priyo Wicaksono (2020) [8] menyimpulkan tentang pengaruh elektroda dengan variasi 2 lubang, 4 lubang, dan 9 lubang terhadap performa daya, laju produksi, serta efisiensi generator HHO tipe *dry cell* adalah konsumsi daya yang berbeda di setiap variasi. Konsumsi daya cenderung naik mulai menit awal hingga puncak dan mulai menurun seiring bertambahnya waktu pengujian dan bertambahnya suhu di elektrolit generator. Dan semakin banyak lubang daya yang dibutuhkan juga semakin bertambah. Kemudian semakin banyak lubang pada elektroda juga semakin besar laju produksi yang di hasilkan. Efisiensi pun semakin bertambah pula karena banyak lubang akan mempercepat proses elektrolisis serta produksi gas akan semakin tinggi.

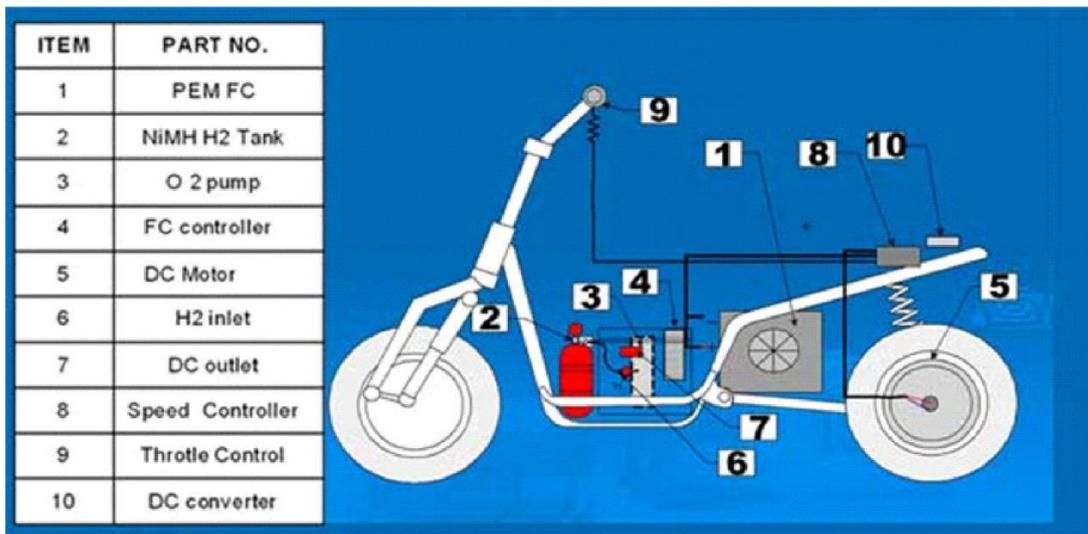
Dari penelitian Indah Puspitasari dan Djoko Sungkono Kawano (2015) [9], telah menjelaskan pengaruh penambahan Gas HHO terhadap distribusi temperatur nyala api pada *Blow-Torch* Kerosin. Menyimpulkan, dengan penambahan Gas HHO pada *Blow-torch* kerosin memiliki temperatur nyala api yang lebih tinggi jika dibandingkan dengan kerosin murni. Titik temperatur tertinggi dihasilkan oleh variasi kerosin + Gas HHO dengan bukaan Katup 50%, yaitu sebesar 1319°C. Sedangkan pada kerosin murni, titik temperatur tertinggi hanya sebesar 1145°C. Ditambah titik puncak api lebih maju pada *mixing* kerosin dengan Gas HHO dibandingkan kerosin murni.

Eksperimen ini sebagai pengembangan dari penelitian terdahulu [7]–[9] tentang Rancang Bangun Generator Gas *Hho Tipe Dry Cell*, dan [7]–[9] tentang Rancang Bangun Generator Hho tipe *Dry Cell* dengan elektroda pelat berlubang yang dimana generator tersebut akan diterapkan di atas kendaraan sepeda motor injeksi Honda Beat Pop eSP. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh penambahan gas HHO terhadap kinerja dan emisi gas buang mesin injeksi Honda Beat Pop eSP dengan ECU aftermarket (variasi timing pengapian).

2. METODE DAN BAHAN

Penelitian ini menggunakan metode eksperimen yang melakukan pengamatan secara langsung pada objek sampai mendapatkan data hasil pengujian. Eksperimen dilaksanakan di laboratorium motor bakar Politeknik Negeri Madiun. Pengujian dilakukan pada sepeda motor injeksi yang dimodifikasi menjadi mesin dual fuel berbahan bakar gasolin dan gas hidrogen, seperti Gambar 1. Gas hidrogen diperoleh melalui reaksi elektrolisis HHO pada generator tipe *Dry Cell*. Berdasarkan penelitian yang sudah dilakukan sebelumnya bahwa gas HHO mempengaruhi kinerja dan emisi gas buang pada sepeda motor karburator [7].

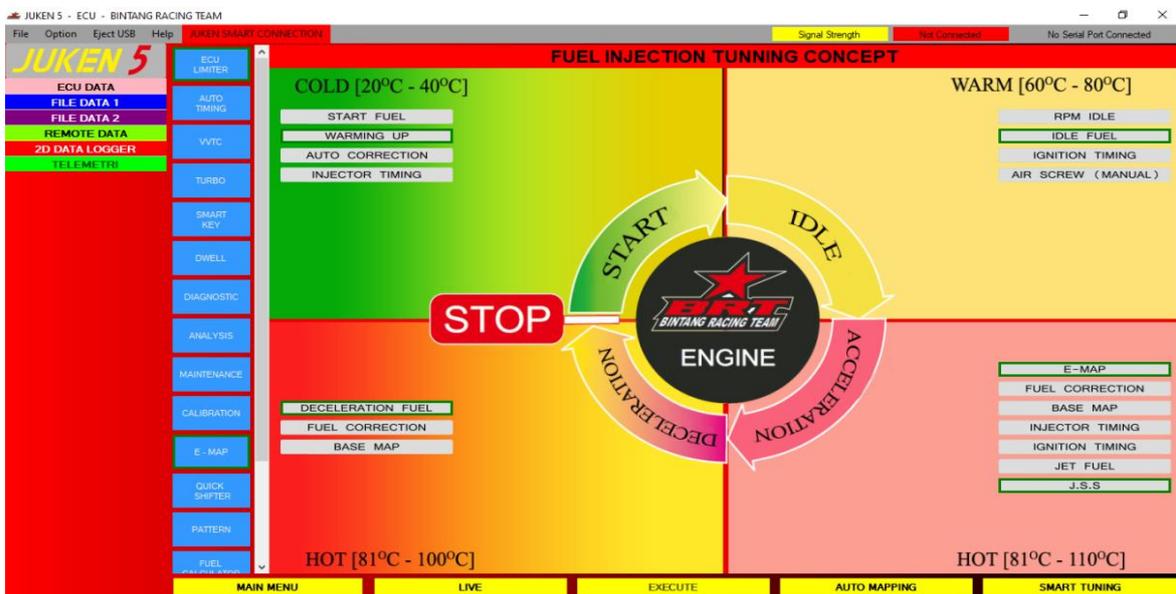
Penelitian ini ada beberapa variabel yang mempengaruhi hasil pengujian. Variabel bebas yaitu *Electronic Control Unit (ECU) Aftermarket* Juken 5. Variabel kontrol disini adalah membandingkan mesin menggunakan pengapian standar dan dimajukan 3°, 6°, 9° derajat pengapian. Sedangkan variabel terikat dari penelitian ini adalah daya, torsi, dan emisi gas buang yang dihasilkan dari mesin injeksi. Pengujian daya dan torsi menggunakan dynotest dan pengujian emisi menggunakan gas analiser. Pengambilan data dilakukan sebanyak tiga kali pengulangan dengan diambil rata-rata sebagai hasil akhir. Mesin yang digunakan untuk mengambil data adalah mesin injeksi satu silinder berbahan bakar pertalite dan gas HHO dengan kapasitas mesin 110 cc. Adapun persiapan alat yang perlu dilakukan diantaranya adalah:



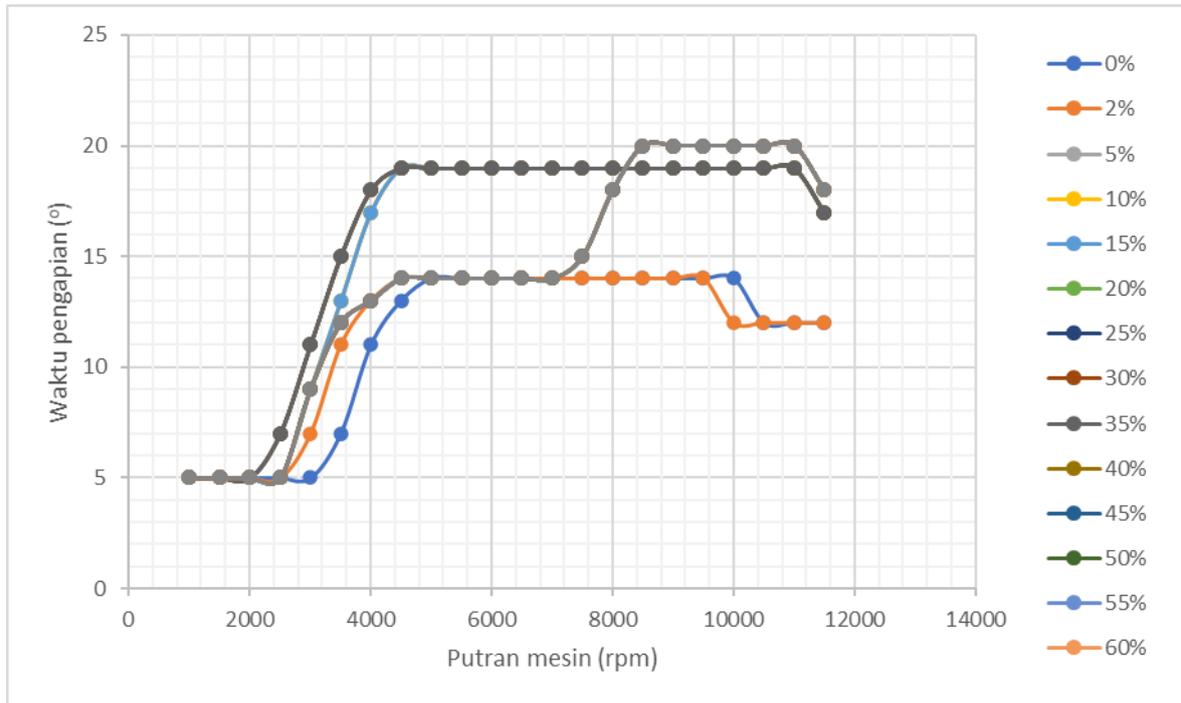
Gambar 1. Penerapan generator HHO tipe *Dry Cell* pada sepeda motor injeksi

2.1 Pengaturan Waktu Pengapian

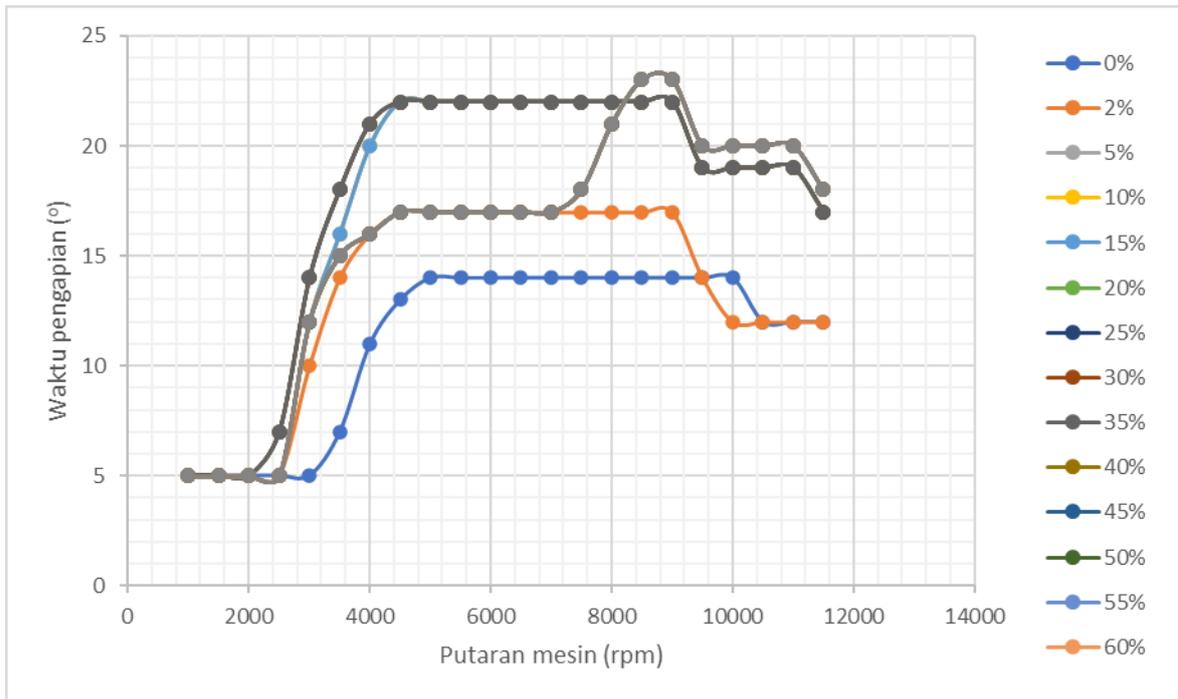
Pengaturan waktu pengapian atau derajat pengapian menggunakan ECU Aftermarket Juken 5 BRT. Derajat pengapian yang digunakan dibagi menjadi dua kelompok, yaitu derajat pengapian standar dari pabrikan seperti yang ditunjukkan pada gambar 3. Sedangkan kelompok yang kedua derajat pengapian yang dimajukan mulai dari 3°, 6°, 9° seperti yang ditunjukkan pada gambar 4, 5, dan 6. Beberapa penelitian mengungkapkan bahwa, dengan memajukan waktu atau derajat pengapian dapat meningkatkan torsi dan daya pada mesin [10], [11]. Putaran mesin 3000 rpm sampai 9000 rpm dengan bukaan *throttle* mulai dari 2% sampai 100%. Adapun tampilan dan seting waktu pengapian Honda Beat Pop eSP menggunakan aplikasi ECU aftermarket Juken 5 BRT seperti yang ditampilkan pada Gambar 2.



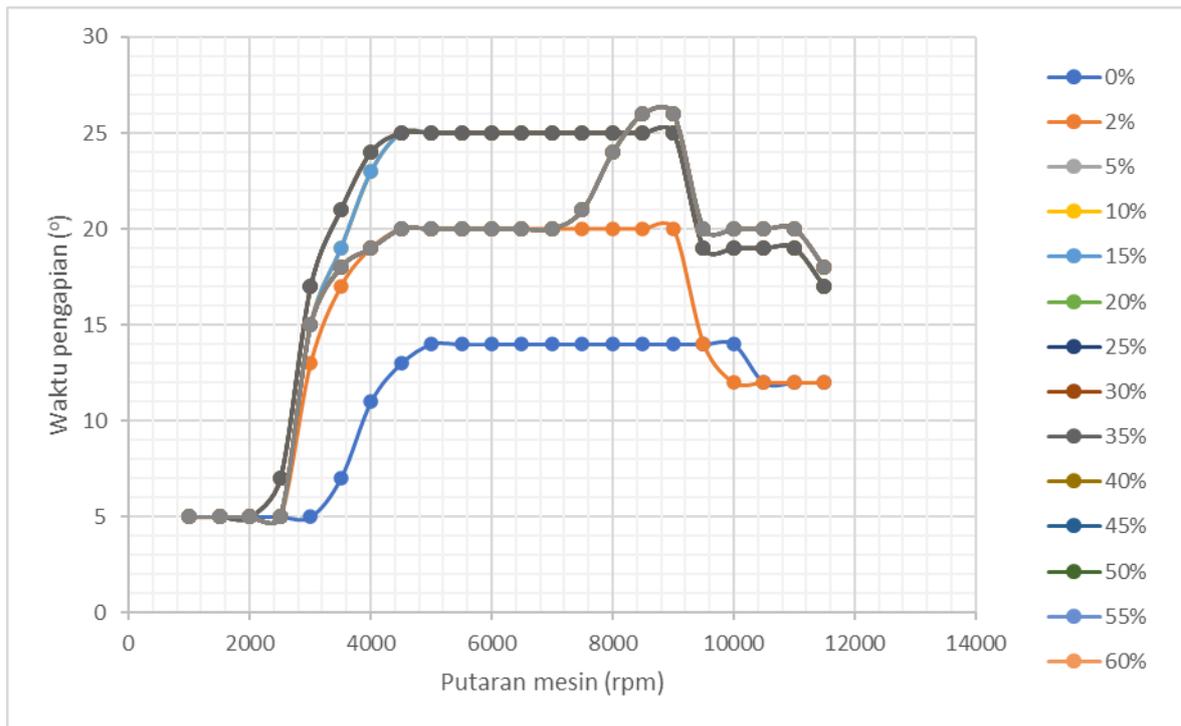
Gambar 2. Tampilan awal aplikasi ECU aftermarket Juken 5 BRT



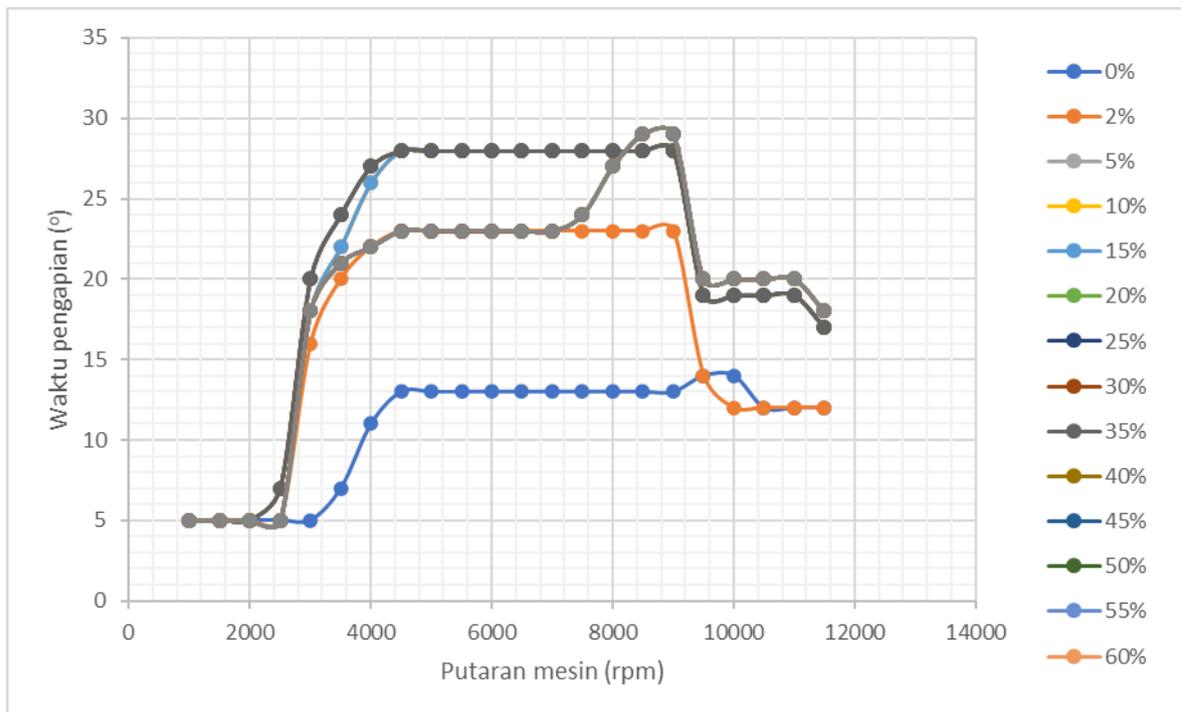
Gambar 3. Tampilan statistik *timing* pengapian standart pada aplikasi ECU *aftermarket* Juken 5 BRT



Gambar 4. Tampilan statistik *timing* pengapian maju 3°



Gambar 5. Tampilan statistik *timing* pengapian maju 6°



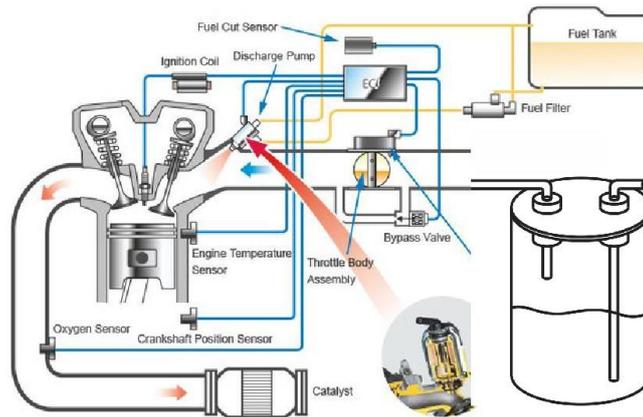
Gambar 6. Tampilan statistik *timing* pengapian maju 9°

2.2 Proses Penerapan Gas HHO pada Mesin Injeksi

Proses Penerapan Gas HHO Pada Sepeda Motor Injeksi dengan Generator *Type Dry Cell*, sebagai berikut :

1. Persiapkan alat dan bahan.
2. Mempersiapkan perangkat Gas HHO mulai dari Generator *Type Dry Cell*, *Katalisator*, *Natrium Clorida* dan *Aquades*. Ini sebagai alat untuk memproduksi HHO dimana generator disambungkan dengan Baterai 12 V untuk mereduksi *Natrium Clorida* supaya menghasilkan Gas Hidrogen dan Gas Oksigen.

3. Siapkan tabung berisi air agar memudahkan secara visual untuk memudahkan serta memisahkan air dan gas yang dihasilkan dari reduksi tersebut.
4. Generator yang disambungkan dengan baterai melalui Kontak terlebih dahulu untuk memudahkan ON dan OFF mengikuti nyala dan matinya mesin.
5. Selang – selang yang berada pada tabung berisi air atau tempat keluarnya Gas Hidrogen dan Gas Oksigen, disambungkan dengan Inlet dari saluran masuk udara pada sepeda motor injeksi.
6. Penempatan perangkat Generator *Type Dry Cell* ini ditempatkan di dek bawah sepeda motor dengan memprioritaskan keselamatan, kesehatan, dan kenyamanan saat berkendara.
7. Untuk penyalaan awal sepeda motor injeksi ini tetap menggunakan bahan bakar minyak jenis pertalite. Adapun gambar perangkat generator *Type Dry Cell*, Ilustrasi penempatan perangkat dari Generator *Type Dry Cell*, dan Ilustrasi pemasangan Gas HHO dari Tabung Bubbler menuju saluran Intake manifold seperti ditunjukkan Gambar 7.



Gambar 7. Pemasangan gas HHO dari tabung bubbler menuju saluran intake manifold

2.3 Perhitungan Torsi dan Daya Mesin

Pada saat mesin menyala, (F) gaya yang terjadi hasil dari pembakaran di dalam ruang bakar menyebabkan piston bergerak ke bawah menuju TMB. Gerakan ke bawah piston menekan *connecting rod* menyebabkan *crankshaft* berputar. Gaya tekan ke bawah dari piston dikalikan dengan jarak dari titik sumbu *rod journal* ke titik sumbu *main journal crankshaft* (r) disebut torsi (T). Sehingga torsi dapat dihitung dengan persamaan 1.

$$T = F \times r \tag{1}$$

Dimana, T adalah torsi mesin (Nm), F adalah gaya yang ditimbulkan dari mesin (N), dan r adalah jarak lengan torsi (m).

Daya mesin adalah hubungan dalam kemampuan mesin untuk menghasilkan torsi maksimal pada putaran tertentu. Daya menjelaskan besarnya *output* kerja mesin yang berhubungan dengan waktu, atau rata-rata kerja yang dihasilkan. Adapun daya yang dihasilkan mesin atau diserap oleh *dynamometer* adalah hasil perkalian dari torsi dan kecepatan sudut. Sehingga torsi dapat dihitung dengan persamaan 2.

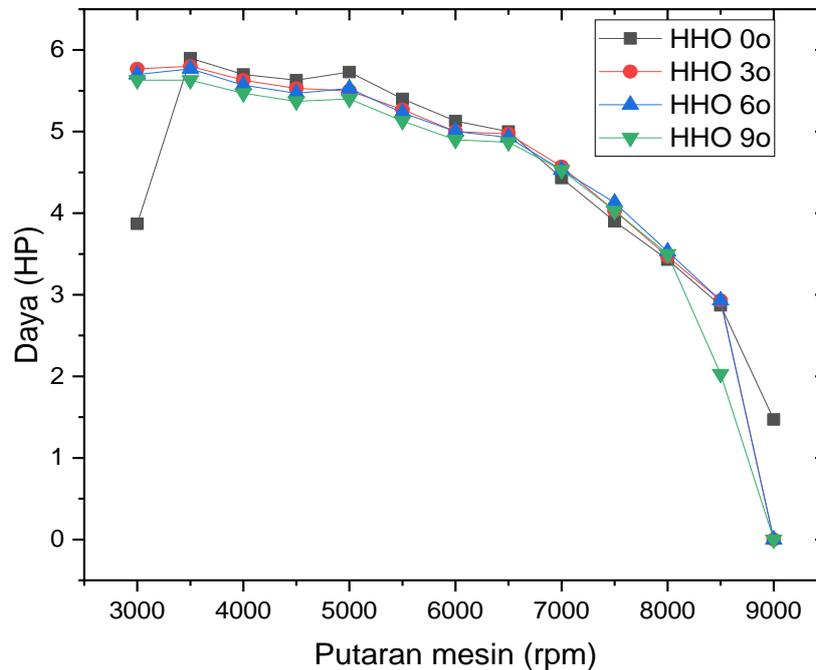
$$P = T_m \times 2\pi n / 60 \tag{2}$$

Dimana, P adalah daya yang dihasilkan oleh mesin (watt), T_m adalah torsi mesin (Nm), n adalah putaran mesin (rpm).

3. HASIL DAN DISKUSI

Berikut ini merupakan data hasil pengujian dengan parameter daya dan torsi menggunakan alat uji *Dyno test* dengan kondisi sepeda motor terpasang Gas HHO + ECU *Aftermarket* + Variasi *Timing* Pengapian, dapat dilihat pada Gambar 8 dan Gambar 9.

3.1 Hubungan Antara Putaran Mesin Terhadap Daya pada Mesin Injeksi Menggunakan Bahan Bakar HHO dan ECU Aftermarket dengan Varasi *Timing* Pengapian

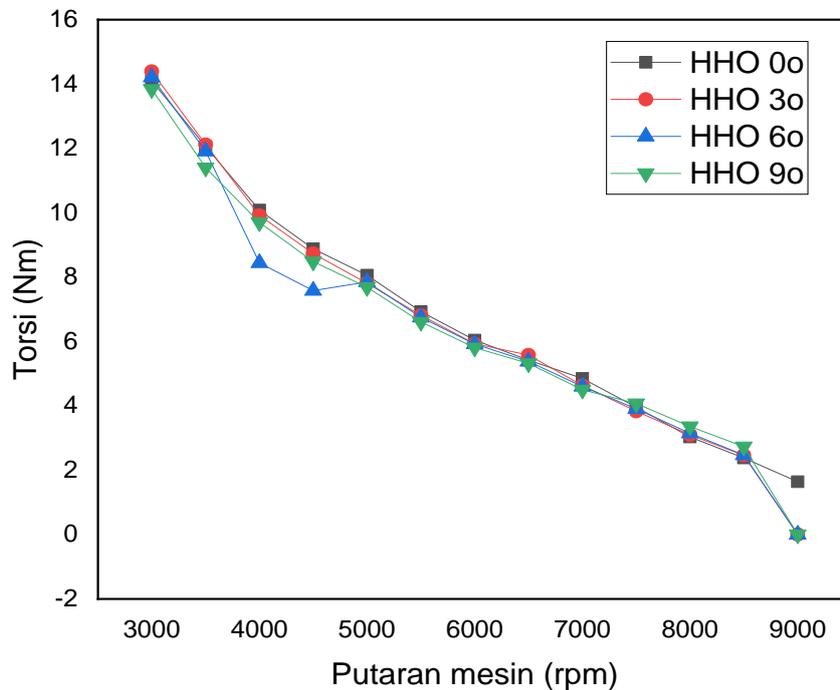


Gambar 8. Grafik Daya mesin menggunakan Gas HHO dan ECU Aftermarket dengan variasi Timing pengapian

Berdasarkan Gambar 8. Grafik Daya mesin menggunakan Gas HHO dan ECU Aftermarket dengan variasi Timing pengapian Gambar 8 grafik hubungan daya dengan putaran mesin pada Penggunaan Gas HHO Dengan Modifikasi ECU Aftermarket dan Variasi Timing Pengapian pada variabel Gas HHO. Pada variabel Gas HHO dengan *timing* pengapian standar diperoleh nilai tertinggi 5.90 Hp pada putaran mesin 3500 Rpm, pada variasi *timing* pengapian 3° diperoleh nilai tertinggi 5.80 Hp pada putaran mesin 3500 Rpm, pada variasi *timing* pengapian 6° diperoleh nilai tertinggi 5.77 Hp pada putaran mesin 3500 Rpm, dan pada variasi *timing* pengapian 9° diperoleh nilai tertinggi 5.63 pada putaran mesin 3000 Rpm. Semakin dimajukan *timing* pengapian mengakibatkan nilai daya semakin menurun, hal tersebut karena terjadi pembakaran yang tidak sempurna dari bahan bakar yang lebih awal masuk ke ruang bakar. Hal yang sama dijelaskan oleh [11], [12].

Semakin tinggi putaran mesin menyebabkan daya semakin menurun, seperti yang terlihat pada Gambar 8. Diperoleh nilai daya terendah sebesar 5.63 HP pada putaran mesin 3000 Rpm, dan nilai daya tertinggi sebesar 5.90 Hp pada putaran mesin 3500 Rpm. Terjadi peningkatan daya sebesar 1.96 % pada putaran mesin 3000 Rpm – 3500 Rpm dan akan mengalami penurunan pada putaran mesin yang lebih tinggi. Hal tersebut dijelaskan karena nilai daya efektif berbanding segaris dengan torsi dan putaran dari mesin [10]. Penggunaan Gas HHO dapat berfungsi sebagai tambahan bahan bakar berupa gas Hidrogen (H₂) yang mampu meningkatkan proses pembakaran dalam ruang bakar [5], [13].

3.2 Hubungan antara putaran mesin terhadap Torsi pada mesin injeksi menggunakan bahan bakar HHO dan ECU *Aftermarket* dengan Varasi *Timing* Pengapian



Gambar 9. Grafik Torsi mesin menggunakan Gas HHO dan ECU *Aftermarket* dengan variasi *Timing* pengapian

Berdasarkan Gambar 9 grafik hubungan torsi dengan putaran mesin pada Penggunaan Gas HHO Dengan Modifikasi ECU *Aftermarket* dan Variasi *Timing* Pengapian pada variabel Gas HHO. Pada variabel Gas HHO dengan pengapian standar diperoleh nilai tertinggi 12.62 Nm pada putaran mesin 3500 rpm, pada variasi *timing* pengapian 3° diperoleh nilai tertinggi 14.39 Nm pada putaran mesin 3000 Rpm, pada variasi *timing* pengapian 6° diperoleh nilai tertinggi 14.21 Nm pada putaran mesin 3000 Rpm, pada *timing* pengapian 9° diperoleh nilai tertinggi 13.84 Nm pada putaran mesin 3000 Rpm.

Semakin tinggi putaran mesin menyebabkan semakin menurun torsi mesin. Tren yang terjadi adalah torsi berbanding lurus dengan daya yang dihasilkan oleh mesin. Hal tersebut disebabkan karena pada proses pengujian dimulai dari bukaan trothle penuh dengan rpm tertinggi, kemudian putaran semakin menurun yang mengakibatkan torsi meningkat [14]. Memajukan *timing* pengapian mempengaruhi torsi mesin, semakin memajukan *timing* pengapian torsi yang dihasilkan semakin menurun. Hal tersebut disebabkan oleh pembakaran tidak sempurna karena lebih cepat bahan bakar masuk ke dalam ruang bakar [11]. Selain itu, penambahan gas HHO memiliki sifat mudah terbakar dan memiliki angka oktan yang tinggi membuat bahan bakar terbakar lebih awal [15], [16].

3.3 Hasil Pengujian Emisi Gas Buang

Setelah melakukan pengujian dan pengambilan data dengan menggunakan alat Gas *Analyzer* untuk data pengaruh penggunaan gas HHO pada sepeda motor injeksi dengan modifikasi ECU *Aftermarket* dan variasi *timing* pengapian. Berikut adalah data hasil pengujian dari pengujian emisi gas buang yang telah dilakukan dapat dilihat pada Tabel 1 sebagai berikut :

Emisi Hidrokarbon (HC) terbentuk karena sejumlah bahan bakar yang tidak terbakar secara sempurna pada saat proses pembakaran di dalam ruang bakar. Secara umum emisi HC menurun pada saat putaran mesin meningkat. Penambahan gas HHO dapat menurunkan emisi HC pada *timing* pengapian standar, hal tersebut karena angka oktan yang tinggi dan karakter gas yang mudah terbakar [17]. Diketahui nilai emisi HC pada *timing* pengapian standar tanpa gas HHO dan menggunakan gas HHO masing-masing sebesar 557.5 ppm dan 55 ppm. Penggunaan ECU *aftermarket* pada mesin bensin dengan bahan bakar gas HHO untuk mengatur *timing* pengapian secara otomatis. Dengan mengatur *timing* pengapian lebih maju dapat menurunkan emisi HC, penurunan sebesar 228.5 ppm, 74.5 ppm, 132 ppm pada masing-masing *timing*

pengapian 3°, 6°, 9°. Memajukan *timing* pengapian menyebabkan bahan lebih cepat terbakar sebelum waktunya, hal tersebut menyebabkan penurunan emisi HC secara signifikan [5], [10].

Karbon monoksida (CO) adalah salah satu emisi gas buang hasil sisa pembakaran yang berbahaya bagi kesehatan dan berdampak buruk pada lingkungan sekitar. Emisi gas buang CO pada kendaraan terjadi akibat kurang sempurna pembakaran di dalam ruang bakar. Selain itu pasokan udara yang kurang pada saat pembakaran juga mempengaruhi terbentuknya emisi CO. Dapat dilaporkan dari penelitian, emisi CO meningkat signifikan pada saat *timing* pengapian standar dan tanpa menggunakan gas HHO. Peningkatan mulai dari 5.81% tanpa gas HHO dan 0.20 menggunakan gas HHO. Memajukan *timing* pengapian menyebabkan emisi CO meningkat, peningkatan sebesar 0.115%, 0.12%, 0.145% ada masing-masing 3°, 6°, 9°. Peningkatan tersebut disebabkan oleh bahan bakar yang terbakar terlebih dahulu sebelum waktunya, dan penambahan gas HHO dapat menurunkan konsentrasi oksigen di dalam ruang bakar [11], [18].

Tabel 1. Hasil pengujian emisi gas buang dari semua variabel

Kondisi Total Semua Variabel	CO%	HC ppm
Standart (Tanpa Gas HHO, Tanpa ECU Aftermarket)	5.81	557.5
Standart + Gas HHO (Tanpa ECU Aftermarket)	0.20	55.00
Variasi 1 (Gas HHO Timing Maju 3°)	0.115	228.5
Variasi 2 (Gas HHO Timing Maju 6°)	0.12	74.50
Variasi 3 (Gas HHO Timing Maju 9°)	0.145	132

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisa data yang telah dilakukan tentang penelitian pengaruh penggunaan gas hho pada sepeda motor injeksi dengan modifikasi ECU *aftermarket* dan variasi *timing* pengapian dengan parameter output daya, torsi, dan emisi dapat disimpulkan sebagai berikut :

- Penggunaan ECU *Aftermarket* dari Juken 5 BRT dengan melakukan *remapping timing* pengapian diperoleh unjuk kerja mesin yang baik dibandingkan ECU asli pabrikan dari sepeda motor. Dibuktikan dengan nilai torsi yang meningkat pada variabel penggunaan Gas HHO dengan variasi *Timing* Pengapian maju 3°.
- Terdapat pengaruh dalam pengaplikasian Gas HHO Dan ECU *Aftermarket* Dengan Variasi *Timing* Pengapian terhadap daya dan torsi sepeda motor injeksi. Dimana Daya tertinggi diperoleh pada variabel penggunaan Gas HHO *timing* standar dengan nilai terbesar 5.90 Hp pada putaran mesin 3000 Rpm dan Torsi tertinggi diperoleh dengan nilai 14.49 Nm pada putaran mesin 3000 Rpm.
- Terjadi penurunan emisi gas buang CO secara signifikan pada penggunaan gas HHO, namun terjadi sedikit peningkatan pada saat memajukan *timing* pengapian. Emisi HC diamati lebih rendah dari mesin *timing* standar dengan penambahan gas HHO.

5. PERNYATAAN TERIMAKASIH

Pada kesempatan ini Author ingin memberikan apresiasi kepada Politeknik Negeri Madiun yang telah membiayai penelitian dan mendukung terlaksananya penelitian ini.

6. DAFTAR PUSTAKA

- [1] BPPT, *Outlook Energi Indonesia 2018*, vol. 53, no. 9. 2018.
- [2] K. PEMBAKARAN, D. D. VARIASI, and K. C. BENSIN-, “Droplet Dengan Variasi,” no. May 2019, pp. 1–9, 2020.
- [3] L. P. G. T. LITERATUR, “V10 n2,” no. May, pp. 199–207, 2019.
- [4] A. WIJANTO, “Pengaruh Gas Hydrogen Yang Dihasilkan Dari Kaleng Bekas Pada Getaran Dan Kebisingan Engine Diesel Dual Fuel,” *J. Elektro dan Mesin Terap.*, vol. 2, no. 1, pp. 27–33, 2016, doi: 10.35143/elementer.v2i1.65.
- [5] D. SETO, S. DAN, and B. SUDARMANTA, “Aplikasi Penggunaan Generator Gas HHO Tipe Dry Cell Menggunakan Plat Titanium Terhadap Performa Dan Emisi Gas Buang Honda Megapro 150 cc,” vol. 4, no. 1, 2015.
- [6] I. PUSPITASARI, “Studi Komparasi Distribusi Temperatur Nyala Api Blow-Torch Kerosin dan Mixing Kerosin + Gas HHO Comparison Study of Temperature Distribution in Blowtorch Flame Kerosene Fueled and Mixture of Kerosene + HHO Gas,” 2015.

- [7] I. PUSPITASARI, “Modifikasi Cylinder Head Dan Injeksi Gas Hho Terhadap Performa Mesin 4 Langkah 1 Silinder,” *JTT (Jurnal Teknol. Terpadu)*, vol. 8, no. 1, pp. 1–6, 2020, doi: 10.32487/jtt.v8i1.753.
- [8] INDAH PUSPITASARI, “Modifikasi Cylinder Head dan Injeksi Gas HHO terhadap Performa Mesin 4 Langkah 1 Silinder,” 2020.
Available at:
https://www.researchgate.net/publication/340973841_MODIFIKASI_CYLINDER_HEAD_DAN_INJEKSI_GAS_HHO_TERHADAP_PERFORMA_MESIN_4_LANGKAH_1_SILINDER.
- [9] I. PUSPITASARI and D. S. KAWANO, “Studi Komparasi Distribusi Temperatur Nyala Api pada Blow-Torch Kerosin dan Mixing Kerosin + Gas HHO,” pp. 978–979, 2015.
- [10] MISRU RAZI, EKO SISWANTO, WIDYA WIJAYANTI, “Pengaruh Derajat Pengapian Terhadap Kinerja Motor Bakar 6 Langkah Berbahan Bakar Etanol,” *Jurnal Rekayasa Mesin*, vol. 10 no 3, pp. 217–226, 2019.
- [11] B. Y. KRISWINARTO, I. G. K. SUKADANA, I. WYN, B. ADNYANA, M. NURYASIN, and A. SUPRIHADI, “Pengaruh Variasi Timing Pengapian terhadap Torsi, Daya dan Konsumsi Bahan Bakar Mesin Injeksi 1500 CC,” *Nozzle J. Mech. Eng.*, vol. 3, no. 1, pp. 1–9, 2020.
- [12] B. D. CAHYO and M. R. AL FAUZI, “Analisa Pengaruh Ignition Timing Terhadap Daya dan Torsi Piston Engine SOHC Four Stroke,” *J. Penelit. Politek. Penerbangan Surabaya*, vol. 5, no. 2, pp. 29–37, 2020.
- [13] A. M. PUTRA, “Analisis Produktifitas Gas Hidrogen Dan Gas Oksigen Pada Elektrolisis Larutan Koh,” *J. Neutrino*, vol. 2, no. 2, pp. 141–154, 2012, doi: 10.18860/neu.v0i0.1642.
- [14] RISWAN SEPRIYATNO, EKO SISWANTO, NURKHOLIS HAMIDI, “Performa pada Motor Bakar 6-Langkah dengan Langkah Power Ekspansi Sampai Titik Mati Bawah,” *Jurnal Rekayasa Mesin*, vol. 12 no. 2, pp. 411–419, 2021.
- [15] B. SUDARMANTA, “Application of Dry Cell Hho Gas Generator With Pulse Width Modulation on Sinjai Spark Ignition Engine Performance,” *Int. J. Res. Eng. Technol.*, vol. 05, no. 02, pp. 105–112, 2016, doi: 10.15623/ijret.2016.0502019.
- [16] A. FAHRUDDIN, “Studi Eksperimen Karakteristik Generator HHO Model Wet Cell dengan Elektroda Pelat Berlubang (Characteristics Experimental Study of Wet Cells HHO Generator with Perforated Plate Electrode),” *Journal of Electrical and Electronic Engineering* vol. 1, no. 1, pp. 1–6, 2015. doi: 10.21070/jeeee-u.v1i1.25.
- [17] DHARU SETO SUHANGGORO and B. SUDARMANTA, “Aplikasi Penggunaan Generator Gas HHO Tipe Dry Cell Menggunakan Plat Titanium Terhadap Performa Dan Emisi Gas Buang Honda Megapro 150 cc,” *J. Tek. ITS*, vol. 4, no. 1, 2017.
- [18] K. WINANGUN, “Uji Emisi Penggunaan Bioetanol Dari Tetes Tebu Sebagai Campuran Premium Dengan Oktan Booster Pada Sepeda Motor Yamaha Vega ZR 2009,” *J. Pendidik. Tek. Mesin*, vol. 19, no. 1, pp. 25–31, 2009, doi: 10.2964/jsik.19-25.