



Penambahan Bio Additif (Minyak Kayu Putih) dalam Proses Elektrolisis Menggunakan Generator HHO Jenis Wet Cell terhadap Nyala Api Pembakaran Difusi

Armando Ferreira dos Santos¹, Nova Risdianto Ismail²✉, Gatot Soebiyakto³

^{1,2} Prodi Magister Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Widya Gama
Jl. Taman Borobudur Indah No.1, Malang, Indonesia
✉ *Corresponding author:* nova@widyagama.ac.id

Diterima Redaksi : 5 September 2023
Selesai Revisi : 30 Oktober 2023
Diterbitkan Online : 20 November 2023

Abstract

The use of renewable energy as alternative energy is one of the alternative innovations that can be used to offset the need for energy consumption which is increasing every year. Efforts are made, starting with saving the use of petroleum as fuel and making innovations in creating alternative fuels that are easy to obtain, easy to process, and can reduce human dependence on petroleum as the main energy source. This is the basis for innovation in creating alternative fuels by analyzing the flame profile in diffusion combustion which is carried out experimentally using a widecell type HHO generator, 1.3 liters of water, stainless steel plates, a total of 8 plates, salt catalysts and variations in the addition of eucalyptus oil bioadditives (15ml and 30 ml). The results obtained, namely the largest flame profile with a flame area of 60,509 mm² with a temperature of 158.8 °C and the lowest flame profile with an area of 22,159 mm² with a temperature of 150.4 °C. It is concluded that the more the addition of bioadditives, the greater the flame profile produced in diffusion combustion.

Keywords: *bioadditive; HHO generator; diffusion combustion; flame profile.*

Abstrak

Penggunaan energi terbarukan sebagai energi alternatif menjadi salah satu inovasi alternative yang dapat digunakan untuk mengimbangi kebutuhan konsumsi energi yang semakin meningkat setiap tahunnya. Upaya yang dilakukan, yaitu mulai dengan menghemat penggunaan minyak bumi sebagai bahan bakar serta melakukan inovoasi dalam menciptakan bahan bakar alternative yang mudah didapat, mudah diolah, serta dapat mengurangi ketergantungan manusia terhadap minyak bumi sebagai sumber energi utama. Hal tersebut menjadi dasar untuk melakukan inovasi dalam menciptakan bahan bakar alternative dengan melakukan analisis profil nyala api dalam pembakaran difusi yang dilakukan secara experimental menggunakan generator HHO bertipe widecell, air 1,3 liter, plat stainlees, jumlah 8 buah plat, katalis garam dan variasi penambahan bioaditif minyak kayu putih (15ml dan 30 ml). Hasil yang didapatkan, yaitu profil nyala api terbesar dengan luasan api 60.509 mm² dengan temperatur 158.8°C dan profil nyala api terendah dengan luasan 22.159 mm² dengan temperatur 150.4°C. Hal tersebut menyimpulkan bahwa semakin banyak penambahan bioaditif semakin besar pula profil nyala api yang dihasilkan pada pembakaran difusi.

Kata kunci: bioaditif; generator HHO; pembakaran difusi; profil nyala api.

1. Pendahuluan

Energi memiliki peran penting dan tidak dapat di lepaskan dalam kehidupan manusia. Terlebih saat ini hampir semua aktivitas manusia sangat tergantung pada energi, berbagai alat pendukung, seperti alat penerangan, motor penggerak, peralatan rumah tangga, dan mesin-mesin industri dapat difungsikan jika ada energi. Namun seperti yang telah diketahui terdapat dua kelompok besar energi terbarukan dan energy yang tersedia terbatas di alam.

Penggunaan energi terbarukan sebagai energi alternatif menjadi salah satu inovasi alternative yang dapat digunakan untuk mengimbangi kebutuhan konsumsi energi yang semakin meningkat setiap tahunnya. Hal tersebut berbanding terbalik dengan produksi energi (energi konvensional) yang semakin menurun. Hal ini dapat memicu ketahanan energi dimassa yang akan datang. Sehingga perlu dilakukan penganeekaragaman penggunaan energi dalam menyelesaikan permasalahan kebutuhan energi. Kebutuhan energi yang semakin meningkat disebabkan oleh beberapa faktor diantaranya peningkatan jumlah penduduk, peningkatan taraf hidup masyarakat, jumlah kendaraan yang semakin meningkat serta pertumbuhan industri semakin pesat, sehingga menjadi pemicu kebutuhan energi yang semakin meningkat. Salah satu penggunaan energy alternative dengan melakukan penambahan bioaditif minyak kayu putih pada BBM premium terhadap performa mesin sepeda motor, menghasilkan peningkatan daya serta torsi mesin sepeda motor.

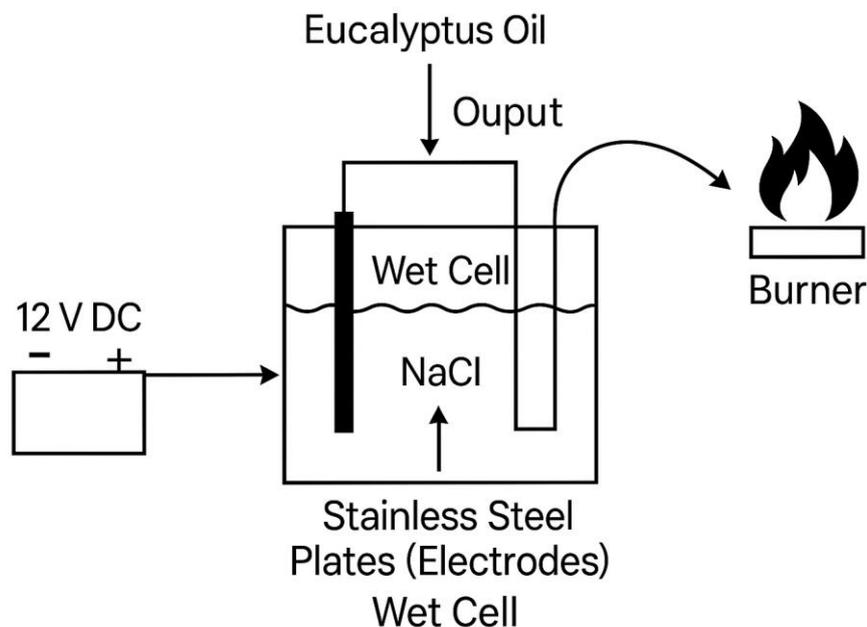
Elektrolisis air merupakan salah satu metode elektrokimia yang digunakan untuk memisahkan unsur-unsur penyusun air (H_2O) menjadi gas hidrogen (H_2) dan oksigen (O_2) melalui proses pemutusan ikatan molekul menggunakan energi listrik. Proses ini terjadi ketika arus listrik dialirkan ke dalam air melalui dua elektroda, yaitu anoda (positif) dan katoda (negatif), yang dicelupkan ke dalam larutan elektrolit. Di katoda, ion hidrogen (H^+) akan menerima elektron dan mengalami reduksi menjadi gas hidrogen, sedangkan di anoda, molekul air akan melepaskan elektron dan teroksidasi menjadi gas oksigen.

Metode ini menjadi semakin relevan dalam era transisi energi saat ini karena hidrogen yang dihasilkan dapat dimanfaatkan sebagai bahan bakar bersih, khususnya untuk sektor transportasi, pembangkit listrik, maupun sebagai bahan baku industri kimia. Keunggulan dari elektrolisis air adalah tidak menghasilkan emisi karbon apabila listrik yang digunakan berasal dari sumber energi terbarukan, seperti tenaga surya atau angin, sehingga mendukung terciptanya sistem energi yang berkelanjutan dan ramah lingkungan.

Selain itu, hidrogen yang dihasilkan melalui elektrolisis memiliki potensi tinggi sebagai penyimpan energi (energy carrier) yang dapat digunakan saat kebutuhan energi mencapai puncaknya atau ketika pasokan energi terbarukan tidak stabil. Meskipun demikian, efisiensi energi dan biaya produksi masih menjadi tantangan utama dalam penerapan elektrolisis secara masif, sehingga diperlukan pengembangan teknologi elektroliser yang lebih efisien dan ekonomis untuk menjadikannya solusi jangka panjang dalam pemenuhan kebutuhan energi bersih global.. Alat yang digunakan adalah generator HHO, tetapi alat ini masih dalam tahap pengembangan. Gas HHO adalah teknologi untuk menghemat bahan bakar dengan melakukan elektrolisis H_2O menjadi gas H_2 dan gas O_2 [1]. Gas HHO atau yang disebut Brown's Gas merupakan hasil dari elektrolisis air dengan katalis yang menghasilkan hidrogen dan oksigen murni yang memiliki angka oktan tinggi [2]. Dalam produksi Brown's gas diperlukan sebuah alat yang bernama generator HHO (Elektroliser) [3].

Terdapat beberapa faktor yang mempengaruhi jumlah gas HHO dalam proses produksinya, yaitu arus listrik, jenis dan jumlah katalis dalam larutan, serta luas penampang pada setiap elektroda. Sehingga perlu dilakukan penelitian lebih lanjut untuk mendapatkan laju produksi gas HHO dan efisiensi generator HHO yang diinginkan.

2. Metode Penelitian



Gambar 1. Skema Penelitian

Metode penelitian yang digunakan dalam studi ini adalah metode eksperimental nyata (true experimental), yang bertujuan untuk melakukan pengamatan langsung terhadap fenomena nyala api yang dihasilkan oleh generator HHO (Hydroxy Hydrogen-Oxygen) dengan penambahan bioaditif berupa minyak kayu putih. Penelitian ini difokuskan untuk menganalisis perubahan karakteristik nyala api, baik dari segi luasan maupun suhu, akibat variasi komposisi campuran elektrolit dan aditif yang digunakan.

Penelitian ini didasarkan pada sejumlah variabel. Variabel bebas dalam penelitian meliputi volume air sebanyak 1300 mL, penambahan NaCl sebagai katalis elektrolit, dan penambahan minyak kayu putih sebagai bioaditif dalam beberapa tingkat konsentrasi. Sementara itu, variabel terikat yang diamati adalah luasan nyala api dan temperatur yang dihasilkan selama proses pembakaran. Untuk menjaga konsistensi dan validitas data, sejumlah variabel kontrol juga ditetapkan, yaitu penggunaan arus listrik DC 12V, elektroda dari plat stainless steel AISI 201, serta lama waktu penyalaan pada interval 10, 20, dan 30 detik.

Tahapan pertama dalam eksperimen ini adalah pembuatan perangkat elektroliser, yang terdiri dari tabung elektrolit dan elektroda yang dipasang secara sejajar atau berselang-seling sesuai dengan desain sistem. Elektroda tersebut kemudian dihubungkan dengan sumber listrik DC 12V, yang diperoleh dari aki mobil untuk mendukung proses elektrolisis. Setelah perangkat siap, dilakukan pengisian air sebanyak 1300 mL ke dalam elektroliser, diikuti dengan penambahan larutan NaCl sebagai konduktor ionik serta minyak kayu putih sebagai aditif pada konsentrasi yang bervariasi. Campuran ini diharapkan dapat meningkatkan efisiensi produksi gas HHO dan memengaruhi karakteristik pembakaran.

Selanjutnya, gas HHO yang dihasilkan dari elektroliser dialirkan menuju burner melalui saluran output, dan dilakukan pengamatan terhadap nyala api yang terbentuk. Sebelum pengujian, dilakukan pengecekan menyeluruh terhadap semua sambungan dan kestabilan tegangan untuk memastikan perangkat bekerja secara optimal dan aman. Proses penyalaan dilakukan dalam interval waktu tertentu (10, 20, dan 30 detik), dan pada setiap tahapan dilakukan dokumentasi visual dan pengukuran suhu menggunakan alat pengukur temperatur inframerah serta pencatatan luasan nyala api.

Dengan metode eksperimental ini, diharapkan diperoleh pemahaman yang lebih mendalam mengenai pengaruh penambahan minyak kayu putih terhadap efisiensi pembakaran gas HHO serta potensi penggunaannya sebagai campuran bioenergi dalam sistem pembakaran yang ramah lingkungan dan hemat energi.

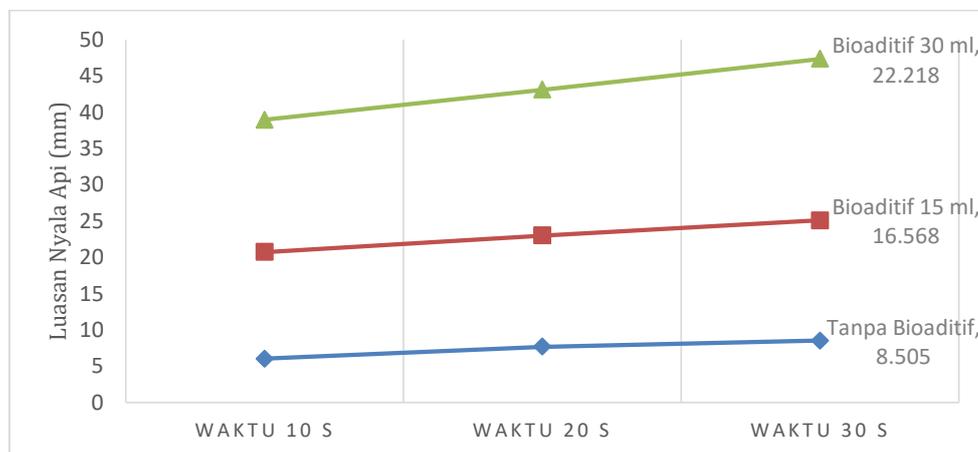
3. Hasil dan Pembahasan

Luasan Nyala Api

Analisis data hasil pengujian perhitungan luasan nyala api diperoleh data yang ditunjukkan oleh Tabel 1 dan Gambar 1, sebagai berikut.

Tabel 1. Hasil Rata-rata Luasan Nyala Api

Waktu (s)	Tanpa Bioaditif	Bioaditif 15 ml	Bioaditif 30 ml
10	6.009	14.697	18.206
20	7.645	15.312	20.085
30	8.505	16.568	22.218



Gambar 2. Grafik Hubungan Luasan Api Terhadap Bioaditif dan Non-Bioaditif

Berdasarkan data hasil pengujian luasan nyala api yang ditunjukkan oleh Tabel 1 dan Gambar 1, dapat disimpulkan bahwa proses elektrolisis yang dilakukan dengan variasi waktu yang berbeda menghasilkan perbedaan signifikan terhadap luasan nyala api. Rata-rata luasan nyala api tertinggi dicapai pada pengujian dengan variasi waktu 30 detik, yakni sebesar 22.218 mm², yang menunjukkan adanya peningkatan efisiensi pembakaran seiring bertambahnya durasi elektrolisis. Fenomena ini menunjukkan bahwa semakin lama waktu proses elektrolisis berlangsung, semakin banyak pula gas HHO yang terproduksi, sehingga volume bahan bakar gas yang dibakar dalam burner menjadi lebih besar dan menghasilkan nyala api yang lebih luas.

Peningkatan luasan nyala api ini juga diperkuat oleh penambahan bioaditif berupa minyak kayu putih, yang berperan sebagai senyawa pendamping yang memperkaya sifat reaktif campuran gas. Bioaditif tersebut mengandung senyawa volatil seperti eukaliptol (cineole) yang mudah terbakar dan berpotensi meningkatkan kecepatan pembakaran serta memperbesar area sebaran nyala api dalam sistem pembakaran difusi. Adanya senyawa tersebut memungkinkan proses ionisasi dan difusi energi terjadi dengan lebih cepat dan merata, sehingga memperluas cakupan api yang terbentuk selama proses pengujian.

Adapun luasan nyala api terendah diperoleh dari pengujian tanpa penambahan bioaditif,

meskipun pada waktu elektrolisis yang sama, yaitu 30 detik. Dalam kondisi tersebut, rata-rata luasan nyala api hanya mencapai 6.609 mm², jauh lebih kecil dibandingkan pengujian dengan bioaditif. Hal ini menunjukkan bahwa bioaditif memiliki kontribusi nyata terhadap peningkatan performa pembakaran HHO, khususnya dalam aspek perluasan area nyala dan efisiensi termal.

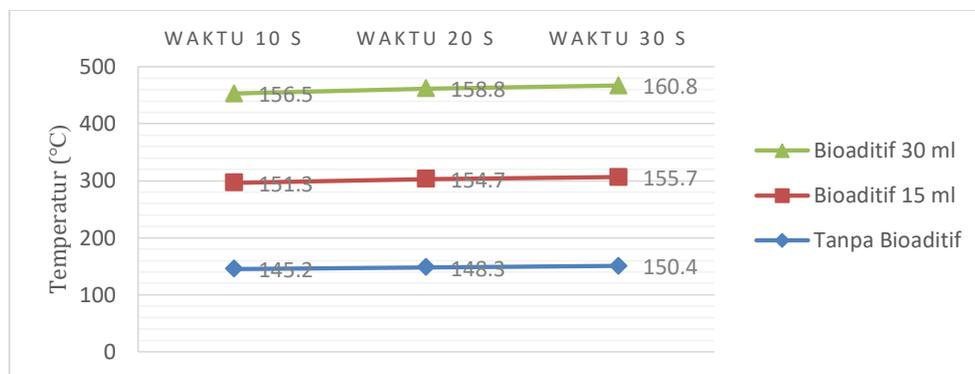
Pengaruh generator HHO mengakibatkan timbulnya reaksi kimia antara gas hydrogen yang dihasilkan dari elektrolisis air sebagai media bahan bakar mesin dalam pembakaran internal yang bekerja sebagai pemecah molekul air menjadi gas HHO [1], [4], [5]. Semakin tinggi kecepatan udara akan menyebabkan nyala api semakin pendek dan melebar, sehingga dengan menerapkan system generator HHO dapat menghasilkan kestabilan kecepatan udara yang menghasilkan semakin luas dan tinggi nyala api yang diakibatkan oleh proses mixing reaktan yang semakin baik, sehingga menghasilkan campuran bahan bakar dan udara yang semakin homogeny [6].

Temperatur Nyala Api

Analisis data hasil pengujian pengamatan temperatur nyala api diperoleh data yang ditunjukkan oleh Tabel 2 dan Gambar 2, sebagai berikut.

Tabel 2. Hasil Rata-rata Temperatur Nyala Api

Waktu (s)	Tanpa Bioaditif	Bioaditif 15 ml	Bioaditif 30 ml
10	145.2	151.3	156.5
20	148.3	154.7	158.8
30	150.4	155.7	160.8



Gambar 3. Grafik Hubungan Temperatur Nyala Api Terhadap Bioaditif dan Non-Bioaditif.

Hal yang serupa juga ditunjukkan oleh data hasil pengamatan dan pengujian temperatur nyala api, sebagaimana tercantum dalam Tabel 2 dan Gambar 2, yang menggambarkan tren peningkatan suhu nyala api seiring bertambahnya durasi proses elektrolisis dan penambahan bioaditif. Hasil pengujian menunjukkan bahwa tingkat kenaikan temperatur tertinggi dicapai pada variasi waktu 30 detik dengan penambahan bioaditif berupa minyak kayu putih, menghasilkan temperatur nyala api sebesar 160,8°C. Sementara itu, pada kondisi tanpa penggunaan bioaditif dengan durasi elektrolisis yang sama, temperatur nyala api tertinggi yang dicapai hanya sebesar 145,2°C, menunjukkan selisih yang cukup signifikan.

Perbedaan temperatur ini mengindikasikan bahwa penambahan bioaditif tidak hanya memperluas luasan nyala api, tetapi juga meningkatkan intensitas panas yang dihasilkan dalam sistem pembakaran premixed flame. Bioaditif, khususnya minyak kayu putih yang

mengandung senyawa volatil seperti eukaliptol (cineole), berperan aktif dalam mempercepat reaksi kimia antara gas HHO dengan oksigen di udara. Senyawa ini mudah terurai dan bereaksi pada suhu rendah, sehingga mampu mempercepat proses pelepasan energi saat pembakaran berlangsung. Reaksi ini memicu terbentuknya gaya tarik antar partikel gas O₂ dengan molekul bahan bakar, mempercepat penyebaran reaksi oksidasi, dan menghasilkan nyala api dengan temperatur yang lebih tinggi.

Selain itu, dalam sistem pembakaran premixed, homogenitas campuran bahan bakar dan udara menjadi faktor penting. Penambahan bioaditif dalam elektroliser tampaknya mengganggu kesetimbangan homogen tersebut secara terkendali, memicu percepatan reaksi eksotermis akibat pelepasan O₂ dari jaringan molekular bioaditif dan HHO. Proses ini memicu peningkatan suhu lokal di sekitar zona reaksi, memperluas wilayah pembakaran aktif, serta menghasilkan kenaikan temperatur yang lebih merata dan intens.

Droplet uap panas yang dipancarkan oleh medan magnet yang mempengaruhi percikan api [7]–[9]. Penambahan bioaditif dalam generator HHO juga dapat menghasilkan penurunan daya, arus dan laju produksi, sehingga hanya memerlukan penggunaan bioaditif yang tidak terlalu banyak sekitar 4% [10], [11].

4. Kesimpulan

Penambahan bioaditif berupa minyak kayu putih terbukti sangat efektif dalam meningkatkan performa pembakaran pada sistem generator HHO jenis wet cell, baik dari segi luasan nyala api maupun temperatur yang dihasilkan. Pengujian dengan variasi waktu proses elektrolisis selama 30 detik menghasilkan kinerja optimal, ditandai dengan luasan nyala api tertinggi sebesar 22.128 mm² serta temperatur maksimum sebesar 160,8°C. Hasil ini menunjukkan bahwa bioaditif mampu meningkatkan reaktivitas campuran gas HHO dengan udara, mempercepat reaksi pembakaran difusi, dan memperluas sebaran energi panas yang dilepaskan selama proses pembakaran.

Minyak kayu putih sebagai bioaditif berperan penting dalam memperkaya kandungan bahan bakar dengan senyawa volatil yang mudah terbakar, sehingga meningkatkan efisiensi pembakaran dan kestabilan nyala api. Dibandingkan dengan sistem tanpa bioaditif, peningkatan yang signifikan ini tidak hanya berdampak pada performa termal, tetapi juga membuka potensi penggunaan bahan alami sebagai campuran bahan bakar alternatif dalam sistem energi bersih. Oleh karena itu, penggunaan bioaditif dari sumber hayati seperti minyak kayu putih dapat menjadi strategi yang menjanjikan untuk mendukung pengembangan teknologi pembakaran ramah lingkungan dan berkelanjutan. °C

Daftar Pustaka

- [1] M. Ena, W. Slamet, and Y. Lilis, “PRODUKSI BROWN’S GAS HASIL ELEKTROLISIS H₂O DENGAN KATALIS NaHCO₃,” *J. Rekayasa Mesin*, vol. 4, no. 1, pp. 53–58, 2013.
- [2] A. Rizkal and B. Sudarmanta, “Karakterisasi Unjuk Kerja Diesel Engine Generator Set Sistem Dual Fuel Solar-Syngas Hasil Gasifikasi Briket Municipal Solid Waste (MSW) Secara Langsung,” *J. Tek. ITS*, vol. 5, no. 2, 2017, doi: 10.12962/j23373539.v5i2.20017.
- [3] N. Robbi and E. M. dan M. Basjir, “Alat produksi HHO tipe dry cell dengan variasi jarak cell elektroda,” *Info Tek.*, vol. 18, no. 2, pp. 161–170, 2017.
- [4] T. W. Rusminto and S. Nurhayati, “Proses Elektrolisa Pada Prototipe ‘Kompur Air’ Dengan,” 2009.

- [5] 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.
- [6] E. Faizal, A. Sugeng Widodo, and M. Nur Sasongko, “Pengaruh Variasi Lip Thickness pada Nozzle Terpancung terhadap Karakteristik Api Pembakaran Difusi Concentric Jet Flow,” *J. Rekayasa Mesin*, vol. 7, no. 1, pp. 13–20, 2016, doi: 10.21776/ub.jrm.2016.007.01.3.
- [7] W. Astuti and P. N. Nur, “Peningkatan Kadar Geraniol Dalam Minyak Sereh Wangi dan Aplikasinya Sebagai Bio Additive Gasoline,” *J. Bahan Alam Terbarukan*, vol. 4, no. 1, pp. 24–28, 2015, doi: 10.15294/jbat.v3i1.3098.
- [8] A. S. Nugroho, “PENGARUH PENAMBAHAN BIOADITIF MINYAK KAYU PUTIH PADA BAHAN BAKAR PREMIUM TERHADAP PERFORMA, KONSUMSI BAHAN BAKAR DAN EMISI GAS BUANG SEPEDA MOTOR,” Universitas Negeri Semarang, 2015.
- [9] I. D. Endyani and T. D. Putra, “Pengaruh Penambahan Zat Aditif Pada Bahan Bakar Terhadap Emisi Gas Buang Mesin Sepeda Motor,” *J. Prot.*, vol. 3, no. 1, pp. 29–34, 2011.
- [10] F. A. Cosina, “Elektrolisis Terhadap Performa Mesin Pada,” pp. 167–176, 2013.
- [11] A. Kadorahman, “Eksplorasi Minyak Atsiri Sebagai Bioaditif Bahan Bakar Solar,” *J. Pengajaran MIPA*, vol. 14, no. 2, pp. 121–141, 2009.