



## Optimasi Cairan *Water Injection* dalam Menurunkan Emisi Gas Buang Sepeda Motor dengan Metode Taguchi

### *Optimization of Water Injection Fluid in Reducing Motorcycle Exhaust Emissions with the Taguchi Method*

Herlando<sup>1\*</sup>, Wawan Purwanto<sup>1</sup>, M. Yasep Setiawan<sup>1</sup>, Milana<sup>1</sup>

#### Abstrak

Penggunaan cairan *water injection* yang kurang tepat menyebabkan meningkatnya emisi gas buang kendaraan. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui cairan dan kombinasi level faktor optimal dalam menurunkan emisi gas buang sepeda motor yang telah menerapkan sistem *water injection*. Penelitian ini dilakukan dengan metode taguchi, yang tergolong penelitian eksperimen untuk mendapatkan level optimum dari suatu faktor yang diperoleh dari desain eksperimen. Faktor dan level yang digunakan adalah campuran *biogasoline* (E10, E15, dan E20), cairan *water injection* (limbah air AC, aquades, dan air *coolant*), derajat pengapian (standar 6° BTDC, +2°, dan +4°), dan busi (nikel, iridium, dan platinum). Hasil penelitian menunjukkan cairan *water injection* optimal adalah limbah air AC dengan kombinasi level faktor optimal A2 (E15), B1 (limbah air AC), C2 (+2°), dan D3 (platinum).

#### Kata Kunci

*Biogasoline, Emisi Gas Buang, Metode Taguchi, Optimasi, Water Injection*

#### Abstract

*The use of improper water injection fluid causes an increase in vehicle exhaust emissions. The purpose of this study was to determine the optimal fluid and combination of factor levels in reducing exhaust emissions of motorcycles that have implemented a water injection system. This research was conducted using the Taguchi method, which is classified as experimental research to obtain the optimum level of a factor obtained from experimental design. The factors and levels used are a mixture of biogasoline (E10, E15, and E20), water injection fluid (wastewater AC, aquades, and air coolant), ignition degree (standard 6° BTDC, +2°, and +4°), and spark plugs (nickel, iridium, and platinum). The results showed that the optimal water injection liquid is AC wastewater with a combination of optimal factor levels A2 (E15), B1 (AC water waste), C2 (+2°), and D3 (platinum).*

#### Keywords

*Biogasoline, Exhaust Emissions, Taguchi Method, Optimization, Water Injection*

<sup>1</sup> Departemen Teknik Otomotif, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Padang  
Kampus UNP. Jln. Prof. Dr. Hamka Air Tawar Barat, Sumatera Barat, Indonesia

\* [herlando121@gmail.com](mailto:herlando121@gmail.com)

Dikirimkan: 04 Oktober 2023. Diterima: 07 November 2023. Diterbitkan: 08 November 2023.



## PENDAHULUAN

Aktifitas manusia setiap hari tidak bisa dilepaskan dari kendaraan bermotor, terutama kendaraan ringan seperti sepeda motor dan mobil sebagai sarana transportasi. Perkembangan ilmu pengetahuan membawa manusia selalu mengembangkan teknologi untuk mengatasi berbagai masalah, salah satunya adalah perkembangan teknologi sepeda motor. Sepeda motor lebih banyak digunakan masyarakat Indonesia karna harganya lebih terjangkau, serta penggunaan sepeda motor dinilai lebih efisien waktu dan biaya ketika digunakan. Dibuktikan dengan populasi sepeda motor lebih mendominasi dibandingkan mobil, dengan persentase sepeda motor sebesar 87% [1].

Penggunaan sepeda motor yang dinilai lebih efisien juga memiliki beberapa kendala, salah satunya adalah menghasilkan emisi gas buang yang tinggi ketika putaran *idle*. Kemacetan yang sering terjadi di Indonesia membuat kendaraan sering berada pada putaran *idle*, sehingga akan membahayakan kesehatan pengendara disekitarnya. Emisi gas buang yang tinggi disebabkan proses pembakaran yang tidak optimal [2], ini dapat terjadi karena dipengaruhi oleh banyak hal mulai dari bahan bakar yang digunakan, ratio bahan bakar dan udara, sistem pengapian, dan lain-lain.

*Water injection* merupakan sistem yang digunakan untuk menurunkan suhu ruang bakar serta menambah jumlah udara dalam proses pembakaran [3]. *Water injection* akan menginjeksikan air dalam bentuk butiran melalui *intake manifold*, sehingga akan bercampur dengan bahan bakar dan udara menuju ruang bakar. Butiran air yang masuk ke ruang bakar akan menyerap panas dari ruang bakar sehingga terjadi reaksi kimia penguraian hidrogen (H) dan oksigen (O) [4], yang akan digunakan untuk menambah jumlah udara di ruang bakar. *Water injection* diharapkan mampu menurunkan emisi gas buang, namun berdasarkan hasil penelitian [5], penggunaan cairan methanol pada sistem *water injection* justru menyebabkan meningkatnya emisi gas buang.

Meningkatnya jumlah penduduk sejalan dengan meningkatnya jumlah kendaraan bermotor. Peningkatan jumlah kendaraan memberikan dampak terhadap peningkatan jumlah konsumsi bahan bakar setiap tahun, terutama bahan bakar Pertalite. Konsumsi bahan bakar pertalite 2021 sebesar 23 juta kiloliter, kemudian meningkat menjadi 26 juta kiloliter pada tahun 2022 [6]. Para ahli berpendapat bahwa minyak bumi diperkirakan akan habis sekitar 30 tahun lagi, yaitu pada tahun 2052 [7]. Menanggapi hal tersebut, banyak penelitian yang dilakukan untuk membuat bahan bakar alternatif maupun mencampur bensin dengan bahan lain, agar dapat bertahan lebih lama dari waktu yang seharusnya.

Ethanol merupakan bahan yang dapat dijadikan sebagai campuran bensin [8]. Ethanol diproses dengan cara dimasak, fermentasi, dan distilasi dari berbagai jenis tanaman seperti tebu, jagung, singkong, dan lain-lain [9]. Mencampur ethanol dengan bensin akan menghasilkan *biogasoline* yang memberikan keuntungan terhadap peningkatan bilangan oktan. Sejalan dengan hasil penelitian yang dilakukan [10], 2,5% dan 5% ethanol yang dicampur dengan Pertalite dalam total volume 100ml, menghasilkan angka oktan sebesar 100,2 dan 105,1. Namun, angka oktan yang lebih tinggi menyebabkan bahan bakar sulit terbakar [11].

Emisi gas buang memberikan dampak buruk terhadap kesehatan lingkungan dan makhluk hidup. Emisi gas buang menghasilkan nitrogen ( $N_2$ ), karbon dioksida ( $CO_2$ ), dan uap air ( $H_2O$ ) yang termasuk gas tidak beracun, sedangkan sebagian kecil pada emisi gas buang juga terdapat gas beracun yaitu nitrogen oksida ( $NO_x$ ), hidrokarbon (HC), dan karbon monoksida (CO) [12]. Dampak yang ditimbulkan ini menuntut manusia untuk membuat kendaraan dengan emisi gas buang yang rendah, sehingga kendaraan bermotor tetap dapat digunakan tanpa mencemari lingkungan.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui cairan *water injection* optimal jika diterapkan pada sepeda motor. Peneliti menambahkan faktor lain yang berpengaruh dalam menurunkan

emisi gas buang, yaitu bahan bakar *biogasoline* pada sistem bahan bakar dan derajat pengapian serta busi pada sistem pengapian. Faktor dan level yang digunakan dalam penelitian ini adalah campuran *biogasoline* (E10, E15, dan E20), cairan *water injection* (limbah air AC, aquades, dan air *coolant*), derajat pengapian (standar 6° BTDC, +2°, dan +4°), dan busi (nikel, iridium, dan platinum). Peneliti menerapkan metode taguchi untuk mempermudah mengidentifikasi cairan yang optimal pada sistem *water injection*, karena metode taguchi mampu mengidentifikasi level optimal dari setiap faktor yang digunakan, dengan jumlah percobaan yang sedikit namun memiliki hasil yang memadai [13].

## METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode penelitian taguchi yang tergolong penelitian eksperimen untuk mengetahui level optimum dari suatu faktor yang diperoleh dari desain eksperimen. Penelitian ini menggunakan emisi gas buang sebagai variabel respon, sedangkan variabel bebasnya terdiri dari *biogasoline* (E10, E15, dan E20), cairan *water injection* (limbah air AC, aquades, dan air *coolant*), derajat pengapian (standar 6° BTDC, +2°, dan +4°), dan busi (nikel, iridium, dan platinum). Faktor dan level yang digunakan dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Kode Level Faktor

Kode Faktor	Faktor	Kode Level		
		1	2	3
A	<i>Biogasoline</i>	E10	E15	E20
B	Cairan Wa-I	Limbah Air AC	Aquades	Air <i>Coolant</i>
C	Derajat Pengapian	Std (6°)	+2°	+4°
D	Busi	Nikel	Iridium	Platinum

Dalam eksperimen ini menggunakan 4 faktor dengan rancangan 3 level. Dari jumlah faktor dan level yang ada, dapat ditentukan jumlah baris untuk matriks orthogonal yaitu 9, yang menunjukkan jumlah percobaan sebanyak 9 eksperimen. Eksperimen ini direplikasi sebanyak 3 kali sehingga totalnya berjumlah 27 eksperimen. Matriks orthogonal array yang digunakan dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Matriks Orthogonal  $L_9(3^4)$

Eksperimen	Faktor			
	A	B	C	D
1	1	1	1	1
2	1	2	2	2
3	1	3	3	3
4	2	1	2	3
5	2	2	3	1
6	2	3	1	2
7	3	1	3	2
8	3	2	1	3
9	3	3	2	1

Penelitian dilakukan pada bulan Oktober 2023 di Workshop Teknik Otomotif, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Padang menggunakan motor Yamaha Vega ZR 2010 (EFI). Data diambil langsung dari alat *Gas Analyzer* untuk mengetahui hasil emisi gas buang yang dihasilkan dari setiap kombinasi level faktor eksperimen. Prosedur pada pengujian ini mengacu pada Badan Standardisasi Nasional (BNS) [14] SNI 09-7118.3-2005 tentang cara uji emisi gas buang kendaraan bermotor kategori L pada kondisi *idle*. Instrumen yang digunakan dalam penelitian ini meliputi *blower*, *mist maker*, tangki cairan *water injection*, *thermocouple*, laptop,

gas analyzer, dan chassis dynamometer. Skema instrumen penelitian dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Skema Instrumen Penelitian

Setelah melakukan pengambilan data, kemudian dilakukan analisis untuk mengetahui keseluruhan data yang diperoleh dari hasil pengukuran CO dan HC. Analisis data dilakukan dengan menghitung nilai rata-rata dan SNR, membuat efek plot, dan melakukan uji verifikasi.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Hasil Penelitian

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan terhadap emisi gas buang pada sepeda motor Vega ZR 2010 (EFI), maka didapatkan data berupa tabel hasil pengujian. Hasil pengujian emisi dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil Pengujian Emisi HC dan CO

Eksperimen	Uji emisi HC			Uji emisi CO		
	R1	R2	R3	R1	R2	R3
1	302	298	326	6.48	8.22	7.99
2	266	219	256	5.84	4.55	5.99
3	172	204	214	4.03	4.65	5.63
4	219	178	200	3.37	4.4	4.03
5	230	260	234	4.5	5.88	5.4
6	286	254	167	7.81	8.49	6.59
7	315	312	280	6.34	6.37	5.38
8	245	311	292	7.53	8.31	8.61
9	334	319	267	7.5	5.52	5.4

Berdasarkan Tabel 3, dapat dinyatakan bahwa seluruh kombinasi level faktor yang digunakan, mampu menurunkan emisi gas buang HC maupun CO dibandingkan standar sebesar 368 ppm dan 8.94 %. Penurunan HC terbaik terjadi pada eksperimen 3, dimana menggunakan *biogasoline* E10, cairan air *coolant*, derajat pengapian +4°, dan busi platinum.

Pada penurunan CO terbaik terjadi pada eksperimen 4, dimana menggunakan *biogasoline* E15, cairan limbah air AC, derajat pengapian +2°, dan busi platinum.

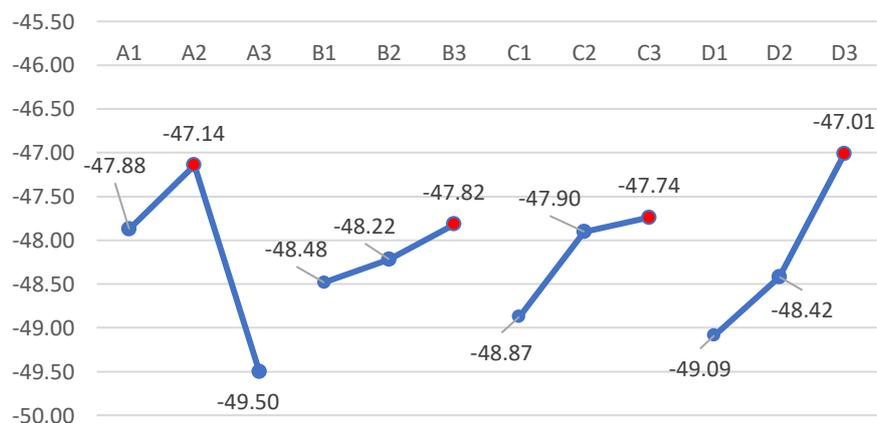
Setelah mendapatkan data hasil pengujian, kemudian dilakukan perhitungan nilai rata-rata, standar deviasi, dan nilai *signal to noise ratio* (SNR) dengan karakteristik *smaller the better*, artinya semakin kecil nilai emisi yang diperoleh, maka semakin baik emisi yang dihasilkan. Hasil perhitungan SNR dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Perhitungan SNR HC dan CO

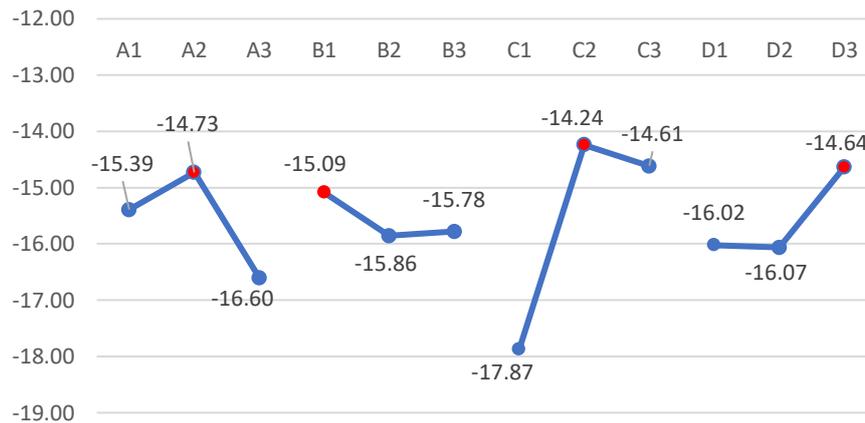
Eksperimen	Uji emisi HC			Uji emisi CO			Rata-rata		STDEV		SNR	
	R1	R2	R3	R1	R2	R3	HC	CO	HC	CO	HC	CO
1	302	298	326	6.48	8.22	7.99	308.67	7.56	12.36	0.77	-49.797	-17.619
2	266	219	256	5.84	4.55	5.99	247.00	5.46	20.22	0.65	-47.883	-14.804
3	172	204	214	4.03	4.65	5.63	196.67	4.77	17.91	0.66	-45.910	-13.652
4	219	178	200	3.37	4.4	4.03	199.00	3.93	16.75	0.43	-46.008	-11.946
5	230	260	234	4.5	5.88	5.4	241.33	5.26	13.30	0.57	-47.666	-14.471
6	286	254	167	7.81	8.49	6.59	235.67	7.63	50.28	0.79	-47.639	-17.696
7	315	312	280	6.34	6.37	5.38	302.33	6.03	15.84	0.46	-49.622	-15.632
8	245	311	292	7.53	8.31	8.61	282.67	8.15	27.74	0.46	-49.067	-18.237
9	334	319	267	7.5	5.52	5.4	306.67	6.14	28.71	0.96	-49.771	-15.869

Berdasarkan hasil perhitungan yang dilakukan, dapat diketahui bahwa kombinasi level faktor HC terbaik berdasarkan perhitungan SNR terdapat pada eksperimen 3. Eksperimen 3 menghasilkan nilai rata-rata HC sebesar 196,67 ppm, dengan nilai SNR sebesar -45.910. Kombinasi level faktor CO terbaik berdasarkan perhitungan SNR terdapat pada eksperimen 4. Ekperimen 4 menghasilkan nilai rata-rata CO sebesar 3.93 %, dengan nilai SNR sebesar -11.946.

Analisis efek plot digunakan untuk menggambarkan nilai level pada setiap faktor. Secara umum, efek plot digambarkan dalam bentuk garis dimana jika garis memiliki kecenderungan horizontal, maka output setiap parameter tidak berubah, sedangkan jika garis memiliki kecenderungan miring, maka terdapat perubahan yang signifikan terhadap parameter tersebut. Efek plot dapat dilihat pada Gambar 2 dan 3.



Gambar 2. Efek Plot SNR HC



Gambar 3. Efek Plot SNR CO

Berdasarkan grafik efek plot, dapat disimpulkan bahwa emisi HC seharusnya dapat lebih ditekan jika menggunakan kombinasi A2, B3, C3, dan D3. Ini berarti emisi HC dapat lebih optimal jika menggunakan *biogasoline* E15, cairan air *coolant*, derajat pengapian +4°, dan busi platinum. Pada emisi CO menggunakan kombinasi A2, B1, C2, dan D3, dimana emisi CO dapat lebih optimal jika menggunakan *biogasoline* E15, cairan limbah air AC, derajat pengapian +2°, dan busi platinum. Setelah rancangan optimal ditentukan, maka harus diketahui juga prediksi kondisi optimum dari rancangan, kemudian dilakukan uji verifikasi untuk dibandingkan dengan hasil prediksi kondisi optimum. Jika prediksi kondisi optimum dan eksperimen verifikasi cukup dekat, maka dapat disimpulkan bahwa rancangan cukup memadai. Hasil prediksi dari rancangan optimal dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Hasil Prediksi HC dan CO

Emisi Gas	Level Faktor Optimal				U prediksi
	A2	B3	C3	D3	
HC	-47.10	-47.77	-47.73	-47.00	-45.09
	A2	B1	C3	D3	
CO	-14.70	-15.07	-14.21	-14.61	-11.87

Berdasarkan Tabel 5, dapat diketahui bahwa nilai prediksi dari emisi gas HC sebesar -45,09, sedangkan nilai prediksi dari emisi gas CO sebesar -11,87. Setelah dilakukan perhitungan prediksi optimum, selanjutnya melakukan uji verifikasi dengan membandingkan nilai prediksi dengan tes eksperimen yang dilakukan berdasarkan level faktor optimal. Hasilnya dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6. Hasil Uji Verifikasi

Uji	Optimal HC		Optimal CO	
	Hidrokarbon	Karbon Monoksida	Hidrokoarbon	Karbon Monoksida
Rata-rata	163.33	3.83	179.67	3.81
Standar Deviasi	11.68	1.22	25.50	0.51
SNR eks	-44.28	-12.08	-45.18	-11.69
U Prediksi	-45.09	-11.87	-45.09	-11.87
Error (%)	1.78	-1.83	-0.20	1.45

Berdasarkan Tabel 6, dapat diketahui nilai SNR eksperimen gas HC dan CO dari optimal HC sebesar -44,28 dan -12,08, sedangkan nilai SNR eksperimen gas HC dan CO dari optimal CO adalah sebesar -45,18 dan -11,69. Jika dibandingkan dengan nilai prediksi, hasilnya masih cukup baik, dibuktikan dengan semua tingkat kesalahan masih dibawah 5%. Tingkat kesalahan HC dan CO dari Optimal HC sebesar 1,78% dan -1,83%, sedangkan tingkat kesalahan HC dan CO dari optimal CO sebesar -0,20% dan 1,45%.

### **Pembahasan**

Berdasarkan analisa efek plot yang dilakukan, kombinasi level faktor optimal dalam menurunkan emisi gas HC sepeda motor adalah A2, B3, C3, dan D3, yaitu menggunakan *biogasoline* E15, cairan air *coolant*, derajat pengapian +4°, dan busi platinum. Pada emisi gas buang CO, lebih optimal jika menggunakan kombinasi A2, B1, C2, dan D3, yaitu menggunakan *biogasoline* E15, cairan limbah air AC, derajat pengapian +2°, dan busi platinum.

Dapat diketahui bahwa cairan air *coolant* lebih optimal dalam menurunkan emisi gas HC jika dikombinasikan dengan derajat pengapian +4°. Hal ini disebabkan pada air *coolant* mengandung unsur karbon yang menyebabkan unsur karbon dari bahan bakar akan bertambah [15], sehingga akan dibutuhkan waktu yang lebih lama untuk membakar seluruh bahan bakar. Dalam menurunkan gas CO, cairan limbah air AC lebih optimal jika dikombinasikan dengan derajat pengapian +2°. Hal ini disebabkan pada limbah air AC tidak mengandung unsur karbon [16], sehingga cairan *water injection* hanya berfokus pada penambahan unsur hidrogen dan oksigen, untuk itu waktu yang dibutuhkan lebih sedikit dalam membakar seluruh bahan bakar. Dapat disimpulkan bahwa penggunaan unsur karbon pada cairan *water injection* mempengaruhi derajat pengapian.

Dapat diketahui dari analisa efek plot, terdapat dua kombinasi level faktor optimal dalam menurunkan emisi gas buang. Kedua kombinasi ini tidak mungkin diterapkan pada sepeda motor, sehingga hanya dipilih salah satu kombinasi yang dinilai lebih menguntungkan. Berdasarkan hasil uji verifikasi, dapat diketahui bahwa kombinasi optimal CO lebih cocok diterapkan pada sepeda motor. Hal ini dapat dilihat dari tingkat kesalahan yang dihasilkan gas HC dan CO dari optimal CO lebih kecil dibandingkan optimal HC.

## **KESIMPULAN DAN SARAN**

### **Kesimpulan**

Berdasarkan hasil analisa yang telah dibahas, dapat disimpulkan. Pertama, kombinasi Level faktor optimal dalam menurunkan emisi gas buang adalah A2 (*biogasoline* E15), B1 (cairan limbah air AC), C2 (derajat pengapian +2°), dan D3 (busi platinum). Selanjutnya, cairan limbah air AC lebih optimal diterapkan pada sistem *water injection* sepeda motor.

### **Saran**

Berdasarkan penelitian yang dilakukan, maka peneliti akan memberikan saran. Pertama, cairan limbah air AC dapat dijadikan sebagai pilihan pada sistem *water injection* untuk penelitian selanjutnya. Cairan ini dapat diperoleh dengan mudah dan tidak memiliki nilai jual saat penelitian ini dilakukan, sehingga dapat meminimalkan biaya penelitian. Namun, harus tetap memperhatikan kebersihan dari cairan yang diperoleh, sehingga tidak mengganggu kinerja dari sistem *water injection*. Kemudian, penelitian ini hanya berfokus dalam mengoptimalkan cairan *water injection* terhadap emisi gas buang, diharapkan untuk penelitian selanjutnya untuk dapat mengoptimalkan terhadap performa lainnya.

## DAFTAR RUJUKAN

- [1] R. Kurniawan and A. Kurniawan, "Jumlah Kendaraan di Indonesia 147 Juta Unit, 87 Persen Motor," Kompas.com, 10 Februari 2023. [Online]. Available: <https://otomotif.kompas.com/read/2023/02/10/070200315/jumlah-kendaraan-di-indonesia-147-juta-unit-87-persen-motor>. [Accessed 30 10 2023].
- [2] J. Sriyanto, "Pengaruh Tipe Busi Terhadap Emisi Gas Buang Sepeda Motor," *Automotive Experiences*, vol. 1, no. 3, pp. Hlm. 64-69, 2018.
- [3] H. Supriyadi, "Kajian Eksperimental Penerapan Water Injection System pada Engine Sepeda Motor," Dissertation, Universitas Pasundan Bandung, 2021.
- [4] M. A. D. Anugerah, M. Harly and M. Ihwanudin, "Pengaruh Penggunaan Saturated Water Injection terhadap Intake Air Temperature dan Emisi Gas Buang Sepeda Motor Honda Vario Injeksi 125cc," *Jurnal Teknik Otomotif Kajian Keilmuan dan Pengajaran*, vol. VI, no. 1, pp. 35-42, 2022.
- [5] R. Haffis, "Aplikasi water and methanol injection pada intake manifold terhadap daya dan nilai emisi gas CO dan HC pada sepeda motor Suzuki Arashi 125 cc," Dissertation, Universitas Negeri Malang, 2019.
- [6] E. Retnowati, "Laporan Kinerja Badan Pengatur Hilir Minyak dan Gas Bumi 2022," BPH MIGAS, Jakarta, 2023.
- [7] L. Parinduri and T. Parinduri, "Konversi Biomassa Sebagai Sumber Energi Terbarukan," *Journal of Electrical Technology*, vol. V, no. 2, pp. 88-92, 2020.
- [8] M. D. Wijayanti, *Energi Etanol*, Bumi Aksara, 2023.
- [9] A. F. Rifa, W. A. Pamungkas, R. B. Setyawati, C. P. Setiawan and J. Waluyo, "Kajian Teknoekonomi Bioethanol Berbahan Molasses Sebagai Alternatif Substitusi BBM," *Equilibrium Journal of Chemical Engineering*, vol. VI, no. 1, pp. 57-68, 2022.
- [10] M. I. Fahmiy, I. Wardana and Sudjito, "Permodelan Ethanol sebagai RON Booster Untuk Campuran Bahan Bakar Pertalite," *Prosiding Seminar Nasional Teknologi Industri (SNTI)*, vol. II, no. 1, pp. 272-277, 2022.
- [11] R. G. Halim, A. Riza and S. Darmawan, "Pengaruh Nilai Oktan Terhadap Unjuk Kerja Mesin dan Kajian Analisis Pembakaran Akibat Delay Combution pada Mesin Otto Satu Silinder," *Jurnal Cahaya Mandalika*, vol. III, no. 1, pp. 223-230, 2023.
- [12] B. Amin and F. Ismet, *Teknologi Motor Bensin*, Jakarta: Prenada Media Group, 2016.
- [13] N. W. Setyanto and R. P. Lukodono, *Teori dan Aplikasi Desain Eksperimen Taguchi*, Malang: UBPress, 2017.
- [14] BNS, "Cara Uji Emisi Gas Buang Kendaraan Bermotor Kategori L pada Kondisi Idle," SNI 09-7118.3-2005, 2004.
- [15] D. A. Laela and Hairunnisa, "Prarancangan Pabrik Etilen Glikol dari Etilen Oksida dengan Proses Hidrasi Non Katalitik Kapasitas 200.000 Ton/Tahun," *Jurnal Tugas Akhir Teknik Kimia*, vol. IV, no. 1, pp. 19-24, 2021.
- [16] T. Indrawati and N. I. D. Ningsih, "Penerapan Statistics Process Control dalam Pengamatan Sifat Fisika dan Kimia Air Buangan dari Air Conditioning (AC)," *Integrated Lab Journal*, vol. VI, no. 2, pp. 39-46, 2018.