



Optimasi Penerapan *Nano Spray* Terhadap Emisi Gas Buang Pada Sepeda Motor 4 Langkah Modifikasi Injeksi Dengan Metode Taguchi

Optimization of Nano Spray Application on Exhaust Gas Emissions of 4-Stroke Modified Injection Motorcycle with Taguchi Method

Agung Pratama Saputra ^{1*}, Wawan Purwanto ¹, Wagino ¹, M. Yasep Setiawan ¹.

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan hasil yang paling optimal dari penerapan *nano spray* serta menggunakan perbandingan bahan bakar *ethanol* dan bensin dalam mengurangi emisi gas buang pada sepeda motor 4 langkah injeksi, dengan menggunakan metode Taguchi. Penelitian ini menggunakan *robust design* dengan 3 faktor dan 3 level, yaitu A (debit air level faktornya 1,45 ml/min, 2,90 ml/min, 4,35 ml/min), B (*timing* pengapian dengan level faktor 4°, 6°, 8°BTDC), dan C (*Biogasoline* level faktor perbandingan 10:90, 15:85, 20:80). Hasil penelitian yang telah dilakukan rancangan yang optimal untuk menurunkan hidrokarbon (HC) adalah menggunakan debit air 1,45 ml/min, *timing* pengapian dimajukan 2°, serta *biogasoline* perbandingan 10:90 Dan faktor yang paling berpengaruh adalah debit air dan *timing* pengapian, dan yang paling optimal pada karbon monoksida (CO) adalah debit air 2,90 ml/min, *timing* pengapian dimundurkan 2°, serta *biogasoline* perbandingan 10:90 dan faktor paling berpengaruh adalah *timing* pengapian.

Kata Kunci

Optimasi, *Nano Spray*. Emisi Gas Buang, *Biogasoline*, Metode Taguchi

Abstract

This study aims to obtain the most optimal results from the application of nano spray and using ethanol and gasoline fuel comparisons in reducing exhaust emissions on 4-stroke injection motorcycles, using the Taguchi method. This study uses robust design with 3 factors and 3 levels, namely A (water discharge factor level 1.45 ml/min, 2.90 ml/min, 4.35 ml/min), B (ignition timing with factor level 4o, 6o, 8oBTDC), and C (Biogasoline fuel comparison factor level 10:90, 15:85, 20:80). The results of the research that has been done the optimal design to reduce hydrocarbons (HC) is to use a water discharge of 1.45 ml/min, ignition timing advanced 2o, and biogasoline comparison 10:90 And the most influential factors are water discharge and ignition timing, and the most optimal on carbon monoxide (CO) is a water discharge of 2.90 ml/min, ignition timing retreated 2o, and biogasoline comparison 10:90 and the most influential factor is ignition timing.

Keywords

Optimization, *Nano Spray*. Exhaust Gas Emission, *Biogasoline*, Taguchi Method

¹ Departemen Teknik Otomotif, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Padang
Jln. Prof. Dr. Hamka, Air Tawar, Padang Sumatera Barat, Indonesia

* yenimarlina3322@gmail.com

Dikirimkan: 13 September 2023. Diterima: 26 Oktober 2023. Diterbitkan: 03 November 2023.



PENDAHULUAN

Perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi mendorong manusia untuk menciptakan teknologi yang semakin maju, meningkatnya kecerdasan manusia yang berujung dengan timbulnya teknologi terbaru untuk menyelesaikan sebuah masalah. Perkembangan teknologi berdampak juga terhadap Masyarakat yang banyak menggunakan kendaraan bermotor, yang membuat pasokan minyak bumi yang kian berkurang dan juga tingginya jumlah zat berbahaya yang terkandung dalam emisi gas buang kendaraan bermotor.

Ketiadaan oksigen selama proses pembakaran menghasilkan pembakaran yang tidak sempurna, yang merupakan salah satu sumber emisi gas buang. Proses pembakaran merupakan faktor dalam menghasilkan pembakaran yang optimal, panas yang berlebihan pada ruang bakar berdampak buruk pada proses pembakaran, Panas yang berlebihan tersebut dapat menyebabkan terjadinya *detonasi* atau *knocking* pada mesin, yang menyebabkan terjadi kerusakan pada beberapa komponen mesin [1], Penggunaan sistem injeksi air, yang mengacu pada penyuntikan cairan untuk menurunkan suhu ruang bakar mesin, merupakan salah satu metode yang digunakan untuk mencegah terjadinya ledakan., yang bertujuan mengurangi detonasi dan pengontrol emisi [2].

Penggunaan injeksi air mengalami kesulitan, karena butiran air yang diinjeksikan tidak halus, injeksi cairan semata-mata bergantung pada kevakuman intake manifold, dan volume semprotan sulit diatur, sehingga membuatnya di bawah standar [3]. Sehingga peneliti menggunakan *nano spray*, dikarenakan *nano spray* memiliki semprotan yang halus berupa embun sehingga diharapkan dapat mengoptimalkan penginjeksian air di ruang bakar. *Nano spray dryer* B-90 mampu merangkum emulsi yang lebih kecil dari 100 nm ke dalam partikel submicron yang terpisah, debit air yang tepat dapat menghasilkan pembakaran yang optimal [4].

Penerapan *nano spray* pada sepeda motor juga setara dengan waktu pengapian yang tepat agar menghasilkan pembakaran yang optimal. Waktu pengapian yang tepat, dapat menghasilkan efisiensi mesin dan emisi gas buang yang baik, sehingga memerlukan bahan bakar beroktan tinggi agar bahan bakar terbakar maksimal [5]. *Nano spray* adalah suatu alat yang mengubah ukuran partikel air menjadi lebih kecil (*Nano*). *Nano spray* bekerja dengan cara mengubah air menjadi partikel atom dalam beberapa detik dan menyemprotkan dalam bentuk embun (butir halus), Karena suhu ruang bakar yang tinggi, partikel air yang kecil akan menguap menjadi uap. Saat panas diserap oleh air dan ditransfer ke butiran air, suhu akan turun. Dibandingkan dengan bahan bakar biasa, yang hanya dapat menguapkan air dengan 135 kalori, air memiliki tingkat penguapan yang sangat tinggi dan membutuhkan sekitar 540 kalori per gram untuk menjadi uap [6]. Panas yang dibutuhkan untuk menguraikan air (H₂O) dalam bentuk cair (285,84 kJ) lebih banyak daripada panas yang dibutuhkan untuk menguraikannya dalam bentuk gas (241,83 kJ), menurut reaksi yang disebutkan di atas. Karena digunakan untuk menguapkan air, maka panas di area ruang bakar (hot spot) dapat diminimalkan. Hot spot dapat dihilangkan dengan menggunakan injeksi air untuk mencegah gejala pre-ignition pada mesin [7]

Emisi gas buang adalah senyawa berbahaya yang dihasilkan ketika bensin tidak terbakar dengan sempurna, oleh karena itu dapat dikatakan bahwa emisi gas buang adalah gas buang dari pembakaran yang tidak sempurna pada kendaraan bermotor [8], Karena ruang bakar membutuhkan udara bebas, yang memiliki kandungan nitrogen 78%, agar dapat berfungsi, maka polutan NO_x hadir dalam gas polutan. Namun, pada suhu yang lebih tinggi dari 18000C, nitrogen akan bereaksi dengan oksigen selama pembakaran untuk membentuk polutan NO_x. Pada kenyataannya, pada suhu rendah, nitrogen tidak bergabung dengan oksigen untuk menghasilkan polutan NO_x [9].

Reaksi kimia bahan bakar oksigen (O₂) dengan oksidan pada suhu yang lebih tinggi dari titik nyala disebut sebagai pembakaran. Ada dua jenis pembakaran yang terjadi pada mesin bensin: pembakaran normal dan pembakaran tidak normal [10]. Bensin merupakan campuran cairan yang bahan bakar yang berasal dari minyak bumi, sebagian besar berbasis hidrokarbon yang digunakan dalam mesin pembakaran internal, Kemudahan terbakar bensin bervariasi tergantung pada komposisinya; jumlah kemudahan terbakar ditunjukkan oleh angka oktan setiap kombinasi [11]. mengemukakan bahan bakar yang Bensin dapat diganti dengan ethanol. Ethanol memiliki panas penguapan yang lebih besar daripada bensin, dengan oktan penelitian 108 dibandingkan dengan oktan motor 92 [12].

pencampuran ethanol dengan bensin menghasilkan bioethanol. Meskipun etanol cenderung meningkatkan angka oktan dan menurunkan emisi CO₂, yang merupakan manfaat dari pencampuran, penggunaan campuran bensin dan etanol yang tidak tepat dapat meningkatkan kandungan emisi gas buang [13], Etanol murni di dalam mesin akan sulit dihidupkan, dan membakar etanol dan bensin secara langsung di dalam mesin bensin akan menjadi tantangan tersendiri [14], penelitian ini bertujuan mencari hasil yang optimal dari penerapan nano spray terhadap emisi gas buang pada sepeda motor 4 langkah modifikasi injeksi dengan metode Taguchi.

METODA PENELITIAN

Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah metode eksperimen, eksperimen yang digunakan yaitu metode klasik yang diperkenalkan oleh Sir Ronald Aylmer Fisher pada tahun 1890. Fisher mengembangkan suatu metode yang bernama ANOVA pada tahun 1840an, Anova digunakan untuk menganalisis data yang sangat besar dari percobaan tanaman yang dilakukannya. Lalu Dr. Genichi Taguchi menyarankan penggunaan orthogonal arrays (OA) untuk merancang eksperimen [15]. Dia juga mengembangkan konsep grafik linier yang menyederhanakan eksperimen OA. Keuntungan dari desain ini yaitu pada kesederhanaannya, kemampuan beradaptasi yang mudah untuk eksperimen yang kompleks melibatkan sejumlah faktor dengan jumlah level dan faktor yang berbeda [16].

Penelitian ini menggunakan sepeda motor Yamaha vega zr tahun 2010 yang system bahan bakarnya telah diubah menjadi *Electric Fuel injection* (EFI) sebagai objek penelitian yang sebelumnya penelitian yang dilakukan oleh yansah (2022). Variabel respon pada penelitian ini adalah emisi gas buang (hidrokarbon dan karbon monoksida) sedangkan variabel bebas pada penelitian ini yaitu: debit air *nano spray* (1.45 ml/60s, 2.90 ml/60s, 4.35 ml/60s), waktu pengapian (4°, 6°, 8°) dan biogasoline (E10, E15, E20), untuk kode level faktor dilihat pada tabel 1.

Tabel 1. Kode Level Faktor.

Kode faktor	Factor	Kode level		
		1	2	3
A	Debit air Nano spray	1,45 ml/min	2,90 ml/min	4,35 ml/min
B	Waktu pengapian	4°	6°	8°
C	Biogasoline	E10	E15	E20

Dalam eksperimen ini menggunakan 3 faktor dan tiap-tiap faktor memiliki 3 level. Berdasarkan jumlah dari faktor dan level yang ada bisa ditentukan *matriks orthogonal* yang digunakan adalah L₉(3³) dapat dilihat pada tabel 2.

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

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

Teknik pengumpulan data dilakukan dengan cara mengambil data langsung pada pengujian kendaraan yang diuji menggunakan alat Gas analyzer untuk mengetahui hasil emisi gas buang. Pengambilan data dilakukan sesuai dengan matriks orthogonal array dan dimasukkan kedalam tabel.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil penelitian

Hasil pengujian emisi hidrokarbon dan karbon monoksida seperti pada tabel 3 dan 4.

Tabel 3. Hasil Uji Hidrokarbon.

Exp	Emisi Gas Buang						Average	SNR	Stdev
	Factor			HC					
	A	B	C	Test 1	Test 2	Test 3			
1	1	1	1	244	210	194	216,00	-46,73	25,53
2	1	2	2	242	242	236	240,00	-47,60	3,46
3	1	3	3	134	159	163	152,00	-43,67	15,72
4	2	1	2	375	285	220	293,33	-49,55	77,84
5	2	2	3	274	341	317	310,67	-49,88	33,95
6	2	3	1	164	175	208	182,33	-45,26	22,90
7	3	1	3	404	424	339	389,00	-51,84	44,44
8	3	2	1	370	430	321	373,67	-51,51	54,59
9	3	3	2	206	261	316	261,00	-48,46	55,00

Tabel 4. Hasil Uji Karbon Monoksida.

Exp	Voltage measurement							SNR	Stdev
	Factor			Voltage (V)			Average		
	A	B	C	Test 1	Test 2	Test 3			
1	1	1	1	5,36	1,69	1,29	2,78	10,45	2,24
2	1	2	2	7,74	7,38	7,98	7,70	17,73	0,30
3	1	3	3	2,6	2,65	3,18	2,81	9,01	0,32
4	2	1	2	1,53	2,02	1,39	1,65	4,45	0,33
5	2	2	3	7,67	8	7,58	7,75	17,79	0,22
6	2	3	1	4,58	3,77	3,26	3,87	11,84	0,67
7	3	1	3	4,72	5,17	5,08	4,99	13,97	0,24
8	3	2	1	5,38	5,98	6,33	5,90	15,43	0,48
9	3	3	2	4,38	2,83	2,73	3,31	10,63	0,93

Dari tabel 3 dan 4 dapat dilakukan perhitungan respon rata-rata hidrokarbon dan karbon monoksida, yang hasilnya dapat dilihat pada tabel 5 dan tabel 6.

Tabel 5. Tabel Respon Rata-rata Hidrokarbon.

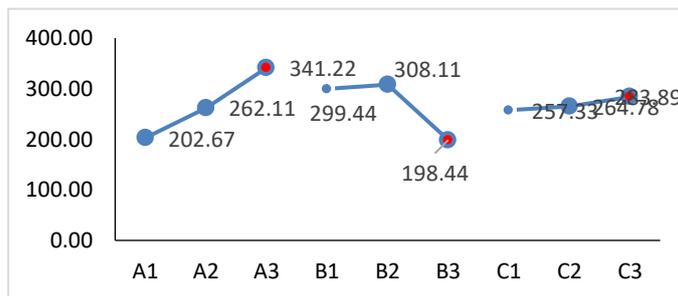
Eksperimen	Faktor		
	A	B	C
Level 1	202,67	299,44	257,33
Level 2	262,11	308,11	264,78
Level 3	341,22	198,44	283,89
Max	341,22	308,11	283,89
Min	202,67	198,44	257,33
Diff	138,56	109,67	26,56
Rank	1	2	3
Optimal	A1	B3	C1

Tabel 6. Tabel Respon Rata-rata Karbon Monoksida

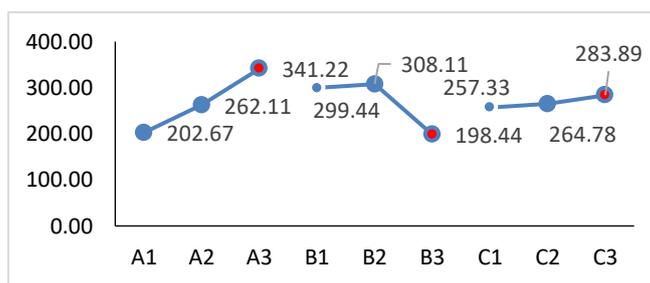
Eksperimen	Faktor		
	A	B	C
Level 1	4,43	3,14	4,18
Level 2	4,42	7,12	4,22
Level 3	4,73	3,33	5,18
Max	4,73	7,12	5,18
Min	4,42	3,14	4,18
Diff	0,31	3,98	1,00
Rank	3	1	2
Optimal	A2	B1	C1

Berdasarkan tabel rancangan optimal hidrokarbon terdapat pada kombinasi level faktor A1, B3, dan C1. Sedangkan rancangan optimal pada karbon monoksida terdapat pada

kombinasi level faktor A2, B1, dan C1. Sehingga bisa didapat data effect plot hidrokarbon dan karbon monoksida yang dapat dilihat pada gambar 1 dan gambar 2.



Gambar 1. Effect plot Hidrokarbon.



Gambar 2. Effect plot Karbon Monoksida.

Dari tabel hasil pengujian dapat diperoleh analisis variansi yang dapat dilihat pada tabel 7 dan tabel 8.

Tabel 7. ANOVA Hidrokarbon.

Tabel ANOVA						
Sumber	SS	DF	M	Fratio	SS'	Ratio(%)
A	86969,56	2	43484,78	23,17	83215,53	43,56
B	66908,67	2	33454,33	17,82	63154,64	33,06
C	3377,555556	2	1688,778	0,90	-376,469	-0,20
E	33786,22	18	1877,012	1	45048,3	23,58
SSt	191042	26	7347,769		191042	100
Mean	1948908	1				
SSTotal	2139950	27				

Tabel 8. ANOVA Karbon Monoksida.

Tabel ANOVA						
Sumber	SS	DF	M	Fratio	SS'	Ratio(%)
A	0,57	2	0,28	0,15	-3,13388	-2,41
B	90,52	2	45,26	24,46	86,81807	66,69
C	5,79	2	2,90	1,57	2,094515	1,61
E	33,30	18	1,85	1,00	44,40564	34,11
SSt	130,1843407	26	5,01		130,1843	100,00
Mean	553,7019593	1				

Tabel ANOVA						
Sumber	SS	DF	M	Fratio	SS'	Ratio(%)
SSTotal	683,8863	27				

Dari tabel 7 dapat dilihat bahwasanya hanya faktor A dan B yang mempengaruhi hidrokarbon secara signifikan. Sedangkan pada tabel 8 terlihat hanya faktor B yang mempengaruhi karbon monoksida secara signifikan.

Uji Verifikasi

Pengujian verifikasi bertujuan mengetahui memadai atau tidak nya penelitian ini, dengan menguji rancangan optimal tersebut lalu membandingkan hasil pengujian atau eksperimen dengan prediksi kondisi optimum.

Tabel 9. hasil uji verifikasi.

Parameter	Hasil kondisi optimum	Prediksi kondisi optimum
HC	121 ppm	121,11 ppm
CO	2,34 %	2,68 %

Dari tabel dapat dilihat bahwa perbedaan hasil kondisi optimum dan prediksi optimum cukup dekat, dan meningkat dari kondisi awal, yang mana berarti penelitian ini memadai.

Pembahasan

Sesuai dengan tujuan penelitian ini yang ingin dicapai yaitu mengetahui optimasi penerapan *nano spray* berdasarkan emisi gas buang pada sepeda motor 4 langkah modifikasi injeksi dengan menggunakan bahan bakar *biogasoline* sebagai bahan bakar utamanya dan dengan menggunakan alat *gas analyzer*, berdasarkan hidrokarbon dan karbon monoksida. Dengan cara melakukan pengujian menggunakan 3 faktor. Faktor debit air *nano spray* menggunakan 3 level yaitu 1,45 ml/min, 2,90 ml/min, 4,35 ml/min. faktor waktu pengapian menggunakan 3 level yaitu 4°, 6°, dan 8°. dan faktor *biogasoline* dengan menggunakan 3 level yaitu E10, E15, dan E20. Emisi hidrokarbon ini dapat dihasilkan dari penguapan bahan bakar atau dari pembakaran yang tidak sempurna, yang menyisakan bahan bakar dalam bentuk bahan bakar yang tidak terbakar yang keluar dalam bentuk hidrokarbon. Dari hasil pengujian yang telah dilakukan untuk mendapatkan hasil hidrokarbon terbaik yaitu debit air *nano spray* 1,45 ml/min, waktu pengapian 8° dan bahan bakar E10, dengan hasil hidrokarbon yang didapat adalah lebih baik dari kondisi awal yaitu 368 ppm. Yang mana debit air dan waktu pengapian merupakan faktor dengan pengaruh paling besar diantara ketiga faktor tersebut dengan persentase kontribusi sebesar 43,56% dan 33,06%. Kekurangan oksigen selama pembakaran mengakibatkan terbentuknya karbon monoksida, yang tercipta akibat pembakaran yang tidak sempurna. berdasarkan temuan dari pengujian yang dilakukan terhadap hasil karbon monoksida terbaik yaitu dengan menggunakan debit air *nano spray* 2,90 ml/min, waktu pengapian 4° dan *biogasoline* E10, dengan hasil karbon monoksida yang didapat adalah lebih baik dari kondisi awal yaitu 8,94% yang dimana waktu pengapian yang dimundurkan 2° merupakan faktor dengan pengaruh paling besar diantara ketiga faktor tersebut dengan persentase 66,69%.

Uji verifikasi diperlukan untuk mengetahui apakah rancangan optimal yang didapat pada penelitian memadai atau tidak dengan cara membandingkan dengan uji prediksi kondisi optimal. Pada penelitian ini uji verifikasi hidrokarbon sedangkan uji prediksi optimalnya . dan uji verifikasi karbon monoksida sedangkan uji prediksi optimalnya adalah yang mana kedua hasil dari uji verifikasi ini cukup memadai.

SIMPULAN DAN SARAN

Simpulan

Penelitian ini mengulas pengembangan aplikasi jenis android untuk motor bensin buat mahasiswa metode otomotif. Pengembangan dicoba sebab minimnya pemanfaatan teknologi semacam smartphone android buat aktivitas belajar serta mengajar. Kelayakan media pendidikan yang dibesarkan dilihat dari uji validitas media serta modul dan praktikalitas dosen serta mahasiswa pada media pendidikan. Bersumber pada hasil uji media pendidikan memperoleh nilai total 159 pada 15 penanda sehingga tercantum jenis sangat baik. Apabila dihitung melalui kriteria, validasi media memperoleh nilai 0, 883333. serta uji modul memperoleh nilai total 167 pada 15 penanda sehingga tercantum jenis sangat baik. Apabila dihitung melalui kriteria validasi, media memperoleh nilai 0, 927778. aplikasi yang dibesarkan tercantum dalam jenis valid digunakan jadi media pendidikan motor bensin, serta uji praktikalitas dosen memperoleh nilai total 75 pada 15 penanda. dalam persentase memperoleh nilai 94% serta uji praktikalitas mahasiswa menemukan nilai total 4. 039. Dalam persentase, memperoleh nilai 96%. Bisa disimpulkan sudah layak digunakan selaku media pendidikan motor bensin cocok dengan tujuan yang mau dicapai merupakan menciptakan media pembelajaran untuk motor bensin jenis android yang valid serta praktis sehingga bisa berguna buat digunakan selaku media Pendidikan.

Saran

Diharapkan buat pengembangan akan dilakukan oleh para pakar yang berbeda, media pendidikan ini bisa berisi banyak jenis mata kuliah serta digunakan untuk mata kuliah yang lain. Diharapkan hendak terdapat eksplorasi lain yang menghasilkan inovasi lain untuk mata kuliah jenis motor bensin yang lain, misalnya pemanfaatan argument reality sehingga mahasiswa bisa memandang lebih jelas pada bagian-bagian motor. penggunaan aplikasi ispring tidak hanya pada mata kuliah ini saja, melainkan bisa dipakai pada seluruh kompetensi mata kuliah lain.

DAFTAR RUJUKAN

- [1] Basori, et al., Pemanfaatan Mikrokontroler AT89S51 Dalam Rancang Bangun Sistem Water Injection Berbasis Mikrokontroler [2]pada SepedaMotor. b: 3, 2014.
- [2] Brusca, S., & Lanzafame, R., "Water injection in IC-SI engines to control detonation and to reduce pollutant emissions," 2003.
- [3] Zatmiko, R. W., Rancang Bangun Water Injection Berbasis Mikrokontroler Serta Pengaruhnya Terhadap Konsumsi Bahan Bakar Dan Emisi Gas Buang (Co & Hc) Pada Sepeda Motor Honda Mega Pro Tahun 2009. 3(4), 2015.
- [4] Li, X., Anton, N., Arpagaus, C., Belleteix, F., & Vandamme, T. F., Nanoparticles by spray drying using innovative new technology: The Büchi Nano Spray Dryer B-90. 147(2), 304-310, 2010.
- [5] Firina, E., Ismet, F., & Nasir, M., Pengaruh Saat Pengapian Terhadap Kandungan Emisi Gas Buang Pada Toyota Kijang 7K. 4(2), 2015.
- [6] Andrilana, A., "Pengaruh Pemasangan Water Injection Terhadap Torsi, Daya Dan SFC Dengan Variasi Jenis Bahan Bakar pada Sepeda Motor 4 Langkah Modifikasi Injeksi," 2022.
- [7] Basori, et al., "Pemanfaatan Mikrokontroler AT89S51 Dalam Rancang Bangun Sistem Water Injection Berbasis Mikrokontroler pada Sepeda Motor," hlm. b:3, 2014.

- [8] Nugraheni, I. K., & Haryadi, R., Pengujian emisi gas buang motor bensin empat tak satu silinder menggunakan campuran bahan bakar premium dengan etanol. 22-28, 2017.
- [9] Amin, Bahrul & Ismet, Faisal., Teknologi Motor Bensin. Jakarta: Kencana. 143, 2016.
- [10] Amin, Bahrul & Ismet, Faisal., "Teknologi Motor Bensin," 2016.
- [11] Mulyono, S., Gunawan, G., & Maryanti, B., "Pengaruh penggunaan dan perhitungan efisiensi bahan bakar premium dan pertamax terhadap unjuk kerja motor bakar bensin," 2014.
- [12] Handayani, S. U., Pemanfaatan Bio Ethanol Sebagai Bahan Bakar Pengganti Bensin. 99-102, 2007.
- [13] Chaniago, I. P., Purwanto, W., & Arif, A., Optimasi Sistem Pengapian Terhadap Emisi Gas Buang Sepeda Motor 4 Langkah Dengan Metode Taguchi. 181-190, 2023.
- [14] Purwanto, W., Afif, F., Lapisa, R., Yuvenda, D., Setiawan, M. Y., & Saputra, H. D., Optimasi Penggunaan Jenis Busi, Oli, Dan Campuran Ethanol Bensin Terhadap Peningkatan Suhu Dan Jarak Tempuh Sepeda Motor 4 Langkah Dengan Metode Taguchi. 79-92, 2022.
- [15] Krishnaiah, K., & Shahabudeen, P., "Applied design of experiments and Taguchi methods," 2012.
- [16] Ross. P. J., "Taguchi Tecniques For Quality Engineering," 2005

Halaman ini sengaja dikosongkan