



Optimasi Sistem Pengapian Terhadap Emisi Gas Buang Sepeda Motor 4 Langkah Dengan Metode Taguchi

Optimization of the Ignition System for 4 Stroke Motorcycle Exhaust Emissions Using the Taguchi Method

Ilham Putra Chaniago^{1*}, Wawan Purwanto¹, Rifdarmon¹, Ahmad Arif¹

Abstrak

Penggunaan bahan bakar minyak yang tinggi dari tahun ke tahun dapat menyebabkan krisis bahan bakar minyak dikemudian hari. Sehingga banyak orang mencoba untuk membuat bahan bakar alternatif agar dapat mengurangi penggunaan bensin sebagai bahan bakar utama. Biogasoline merupakan salah satu solusi untuk mengatasi krisis bahan bakar minyak di kemudian hari. Penelitian ini bertujuan mencari hasil optimal dari sistem pengapian (jenis busi, jenis koil, waktu pengapian) dan campuran bensin dan ethanol (biogasoline) terhadap emisi gas buang sepeda motor 4 langkah dengan menggunakan metode taguchi. Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, hidrokarbon (HC) mendapat respon rata-rata optimal yaitu faktor A2 (317,78), B2 (325,89), C1 (299,22) dan D2 (316,33). Sedangkan untuk respon rata-rata optimal karbon monoksida (CO) yaitu faktor A3 (1,28), B1 (1,26), C3 (1,19) dan D2 (1,26).

Kata Kunci

Optimasi, Sistem Pengapian, Biogasoline, Emisi Gas Buang, Metode Taguchi

Abstract

The use of high fuel oil from year to year can cause a fuel oil crisis in the future. So many people try to make alternative fuels in order to reduce the use of gasoline as the main fuel. Biogasoline is one of the solutions to overcome the fuel oil crisis in the future. This study aims to find the optimal results of the ignition system (type of spark plug, type of coil, ignition timing) and a mixture of gasoline and ethanol (biogasoline) on exhaust emissions of 4 stroke motorcycles using the taguchi method. Based on the results of research that has been done, hydrocarbons (HC) get an optimal average response, namely factors A2 (317.78), B2 (325.89), C1 (299.22) and D2 (316.33). As for the optimal average response to carbon monoxide (CO), namely factors A3 (1.28), B1 (1.26), C3 (1.19) and D2 (1.26).

Keywords

Optimization, Ignition System, Biogasoline, Exhaust Emissions, Taguchi

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

* ilhamchaniago@gmail.com

Dikirimkan: 21 Januari 2023. Diterima: 31 Mei 2023. Diterbitkan: 13 Juni 2023.



PENDAHULUAN

Bahan bakar minyak sudah menjadi salah satu kebutuhan yang tidak bisa dihilangkan dan sangat diperlukan pada masa sekarang. Mulai dari rumah tangga, transportasi, usaha kecil hingga perusahaan besar. Menurut data dari Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral (ESDM) pemakaian bahan bakar minyak sampai September 2021 mencapai angka 48.560.000 KL (kiloliter). Dimana untuk penyaluran bensinlah yang paling tinggi hingga mencapai angka 24.030.000 KL, 23.320.000 KL untuk solar, dan 1.210.000 KL untuk avtur. Kemudian untuk minyak tanah sebesar 380.000 KL dan elpiji sebesar 6.100.000 ton [1].

Penggunaan bahan bakar minyak yang tinggi dari tahun ke tahun dapat menyebabkan masalah krisis bahan bakar minyak dikemudian hari. Dalam menyikapi hal tersebut banyak para ahli melakukan penelitian pemakaian bahan bakar biodiesel dan pembuatan bahan bakar alternatif lainnya. Untuk saat ini mari kita berfokus pada bahan bakar minyak jenis bensin. Hal yang membuat kebutuhan bahan bakar minyak jenis bensin sangat tinggi dan terus meningkat setiap tahunnya dikarenakan penggunaan bensin sangat luas. Bensin dapat digunakan pada berbagai jenis mesin dan alat transportasi. Sehingga banyak orang mencoba untuk membuat bahan bakar alternatif agar ketergantungan pada bensin sebagai bahan bakar utama dapat berkurang. Biogasoline bisa menjadi sebuah solusi yang bisa dipakai untuk mengatasi kekurangan bahan bakar minyak di kemudian hari.

Untuk campuran bensin dan alkohol (biogasoline) dengan perbandingan bensin 90 ml dan alkohol 10 ml diperoleh sifat-sifat fisika yang hampir sama dengan bensin murni. Dimana alkohol yang digunakan adalah alkohol dengan kadar 90% [2]. Pada putaran tinggi torsi dan daya yang dihasilkan mesin dengan menggunakan biogasoline dengan perbandingan 90:10 lebih tinggi dari pada bahan bakar lainnya termasuk bensin. Tetapi konsumsi bahan bakar biogasoline (90:10) lebih boros dari bahan bakar lainnya pada putaran rendah [3]. Hasil penelitian sugiarsono, dkk (2020) penggunaan campuran bioethanol kulit kelapa pada bahan bakar pertamax memberikan pengaruh penurunan kadar emisi gas buang yang dihasilkan saat diujikan menggunakan sepeda motor Yamaha Xeon RC. Peningkatan kadar emisi diiringi dengan penambahan kadar dari campuran bioethanol [4]. Sedangkan pada ada penelitian Anh Tuan Hoang (2019) penggunaan E5, E10 dan RON95 pada sepeda motor Wave RX 110 terjadi pengurangan emisi gas buang CO dan HC pada untuk E10 dibandingka E5 dan RON95 [5]. Dan juga pada penelitian [6] melakukan pengujian menggunakan variasi busi dan oli untuk mengurangi emisi gas buang. Kajian teori pada peneliti ini adalah sebagai berikut:

Optimasi

Optimasi yaitu suatu proses untuk mencapai hasil yang ideal atau optimasi (nilai efektif yang dapat dicapai). Optimasi dapat diartikan sebagai suatu bentuk mengoptimalkan sesuatu hal yang sudah ada, ataupun merancang dan membuat sesuatu secara optimal. Menurut Kamus Besar Bahasa Indonesia (2011), "Optimasi adalah proses, cara dan perbuatan untuk mengoptimalkan (menjadikan paling baik, paling tinggi)" Sedangkan dalam Kamus Oxford (2014), "*Optimization is the process of finding the best solution to some problem where "best" accords to prestated criteria*"

Sistem Pengapian/Penyalan

Sistem pengapian merupakan sistem yang membuat terbakarnya bahan bakar yang terkompresi di dalam ruang bakar dengan cara busi memercikan bunga api [7]. Salah satu sistem yang menjamin supaya motor dapat bekerja adalah sistem penyalan. Fungsi dari sistem penyalan adalah untuk membuat bahan bakar yang terkompresi dalam ruang bakar dapat terbakar [8].

Waktu Pengapian

Waktu pengapian bisa diartikan saat dimana waktu busi memercikan bunga api atau bisa juga disebut sebagai awal pembakaran. Terjadinya waktu pengapian pada saat beberapa derajat sebelum piston mencapai titik mati atas (TMA) pada langkah kompresi. Waktu busi memercikan bunga api harus ditentukan dengan tepat. Penggunaan sudut pengapian $+4^\circ$ merupakan sudut yang tepat untuk digunakan pada sepeda motor Honda Astrea Prima 100cc dengan bahan bakar E25 [9].

Ethanol

Ethanol merupakan salah satu bahan bakar yang bisa dipakai untuk menggantikan bensin. Angka oktan yang pada ethanol lebih besar dari pada bensin yaitu reseach octane 108 motor octane 92, ethanol juga memiliki panas penguapan yang tinggi, yang berarti saat ethanol menguap akan menyerap melalui silinder sehingga dikhawatirkan temperatur puncak akan rendah [10]. Hasil penilaian siklus hidup yang tersedia dalam literatur menunjukkan bahwa etanol berbasis jagung menghasilkan lebih banyak CO₂ (ekuivalen) per MJ etanol yang dihasilkan dari pada etanol berbasis tebu. Sebab itulah, ini merupakan bahan bakar yang sangat menjanjikan untuk mesin pembakaran yang lebih bersih [11].

Busi

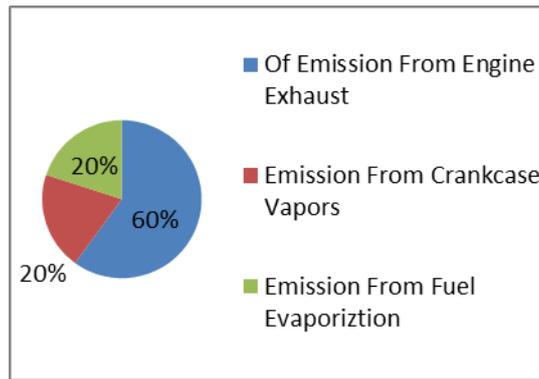
Tugas dari busi adalah untuk membuat pengapian yang diperlukan untuk pembakaran motor, sebab itu di kepala silinder busi terpasang, hanya motor bensin yang memakai busi [12]. Dengan tegangan tinggi yang dihasilkan oleh koil busi dapat menghasilkan bunga api. Selanjutnya bunga api yang dihasilkan oleh busi dipergunakan untuk awal dari pembakaran campuran bahan bakar dan udara yang telah terkompresi didalam silinder [8]. Hasil dari penelitian Prasetyo (2020) terdapat sebuah pengaruh dari penggunaan variasi busi terhadap emisi gas buang sepeda motor Yamaha Vixion tahun 2015 [13].

Koil

Koil merupakan salah satu bagian dari sistem penyalaan yang memiliki lilitan kawat khusus yang gunanya untuk menaikkan tegangan listrik dari baterai sehingga menjadi tegangan yang cukup tinggi yang dapat meloncat di celah busi dan membuat percikan bunga api yang dapat membakar campuran bahan bakar dan udara didalam silinder yang akhirnya motor dapat menghasilkan tenaga [8]. Emisi polutan NO_x meningkat dengan operasi bahan bakar ganda (6,3% untuk EF 18%, dan 5,4% untuk EF 45%) dibandingkan dengan operasi CNG saja; namun, mereka berkurang drastis (hingga 70%) dengan implementasi iEGR karena suhu pembakaran yang lebih rendah [14].

Emisi Gas Buang

Gas hasil pembakaran bahan bakar yang terjadi secara tidak sempurna dan mengandung banyak unsur kimia berbahaya yang menyebabkan pencemaran udara merupakan definisi dari emisi gas buang dan emisi gas buang ini bisa diakibatkan oleh penguapan-penguapan yang terjadi pada mesin, seperti yang terlihat pada gambar 1 dapat menunjukkan persentase sumber-sumber emisi pada motor bakar [7].



Gambar 1. Sumber utama polusi motor bakar

Emisi karbon monoksida dihasilkan dari pembakaran tak sempurna dari senyawa karbon yang terjadi pada ruang bakar. Karbon monoksida terbentuk apabila terdapat kekurangan oksigen dalam proses pembakaran. Emisi hidrokarbon ini dapat disebabkan oleh karena pembakaran yang kurang sempurna sehingga ada bahan bakar yang belum terbakar dan keluar masih dalam bentuk hidrokarbon, atau dapat juga disebabkan karena penguapan dari bahan bakar

METODE PENELITIAN

Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah metode eksperimen, Eksperimen menggunakan metode klasik diperkenalkan oleh Sir Ronal Aylmer Fisher pada tahun 1890. Pada sekitar tahun 1840an Fisher mengembangkan suatu metode yang bernama ANOVA. Anova bermanfaat untuk menganalisis data yang sangat besar dari percobaan tanaman yang dilakukannya. Ilmunya ini merupakan dasar bagi statistik modern. Setelah perkembangan jaman pada tahun 1949 sebuah metode penelitian baru di cetuskan oleh Dr. Genichi Taguchi [15]. Dr. Genichi Taguchi menyarankan penggunaan *Orthogonal Arrays* (OA) untuk merancang eksperimen. Dia juga telah mengembangkan konsep grafik linier yang menyederhanakan desain eksperimen OA. Desain ini dapat diterapkan oleh para insinyur/ilmuwan tanpa memperoleh pengetahuan statistik tingkat lanjut. Keuntungan utama dari desain ini terletak pada kesederhanaannya, kemampuan beradaptasi yang mudah untuk eksperimen yang lebih kompleks yang melibatkan sejumlah faktor dengan jumlah level yang berbeda. Mereka memberikan informasi yang diinginkan dengan jumlah percobaan sesedikit mungkin namun menghasilkan hasil yang dapat direproduksi dengan presisi yang memadai [16]

Penelitian ini menggunakan hasil dari penelitian Yansah (2022) yaitu sepeda motor yamaha vega zr tahun 2010 yang sistem bahan bakarnya dimodifikasi menjadi *electronic fuel injection* (EFI) sebagai objek penelitian. Variabel respon pada penelitian ini adalah emisi gas buang (hidrokarbon dan karbon monoksida) sedangkan variabel bebas pada penelitian ini yaitu: busi (busi nikel, busi iridium dan busi platinum), koil (koil 5TP, koil blue thunder dan koil KTC), waktu pengapian (-2° , STD dan $+2^\circ$) dan *biogasoline* (E80, E75 dan E70). Untuk kode level faktor bisa dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Kode Level Faktor

Kode Faktor	Faktor	Kode Level		
		1	2	3
A	Busi	Busi Nikel	Busi Iridium	Busi platinum
B	Koil	Koil standar	Koil blue thunder	Koil KTC
C	Waktu pengapian	-2°	STD	$+2^\circ$
D	Biogasoline	E80	E75	E70

Dalam eksperimen ini menggunakan 4 faktor dan tiap-tiap faktor memiliki 3 level. Berdasarkan jumlah dari faktor dan level yang ada bis ditentukan matriks othogonal yang digunakan adalah L9(34). Dimana akan dilakukan pengujian sebanyak 9 kali. Dan setiap pengujian direplika sebanyak 3 kali sehingga total banyaknya pengujian yang perludilakukan sebanyak 27 eksperimen. Adapun matriks orthogonal L9(34) dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Matriks Orthogonal L9(34)

Order	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

Teknik pengumpulan data dilakukan dengan cara mengambil data langsung pada pengujian kendaraan yang di uji 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 terlihat pada Tabel 3 dan Tabel 4.

Tabel 1. Hasil Uji Hidrokarbon

Order	Faktor				Emisi Gas Buang (HC)			Rata-rata	SNR
	A	B	C	D	UJI 1	UJI 2	UJI 3		
1	1	1	1	1	351	340	333	341,33	50,67
2	1	2	2	2	256	237	291	261,33	48,38
3	1	3	3	3	412	404	452	422,67	52,53
4	2	1	2	3	284	306	323	304,33	49,68
5	2	2	3	1	321	354	536	403,67	52,35
6	2	3	1	2	237	244	250	243,67	47,74
7	3	1	3	2	423	486	423	444,00	52,97
8	3	2	1	3	317	311	310	312,67	49,90
9	3	3	2	1	373	370	310	351,00	50,94

Tabel 2. Hasil Uji Karbon Monoksida

Order	Faktor				Emisi Gas Buang (CO)			Rata-rata	SNR
	A	B	C	D	UJI 1	UJI 2	UJI 3		
1	1	1	1	1	1,43	1,87	1,24	1,51	3,73
2	1	2	2	2	1,69	1,63	1,69	1,67	4,46
3	1	3	3	3	1,22	1,27	1,24	1,24	1,89
4	2	1	2	3	1,44	1,54	1,43	1,47	3,35
5	2	2	3	1	1,41	1,84	1,34	1,53	3,78
6	2	3	1	2	1,27	1,35	1,34	1,32	2,41
7	3	1	3	2	0,9	0,78	0,69	0,79	-2,00
8	3	2	1	3	1,53	1,51	1,44	1,49	3,49
9	3	3	2	1	1,33	1,65	1,67	1,55	3,85

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

Tabel 3. Tabel Respon Rata-rata Hidrokarbon

	A	B	C	D
1	341,78	363,22	299,22	365,33
2	317,22	325,89	305,56	316,33
3	369,22	339,11	423,44	346,56
Efek	52,00	37,33	124,22	49,00
Optimum	A2	B2	C1	D2

Tabel 4. Tabel Respon Rata-rata Karbon Monoksida

	A	B	C	D
1	1,48	1,26	1,44	1,53
2	1,44	1,56	1,56	1,26
3	1,28	1,37	1,19	1,40
Efek	0,20	0,31	0,38	0,27
Optimum	A3	B1	C3	D2

Bedasarkan Tabel 5 rancangan optimal hidrokarbon terdapat pada kombinasi level faktor A2, B2, C1 dan D2. Sedangkan rancangan optimal pada karbon monoksida terdapat pada kombinasi level faktor A3, B1, C3 dan D2. Dari tabel hasil pengujian dapat diperoleh analisis variansi yang dapat dilihat pada Tabel 7 dan Tabel 8.

Tabel 5. ANOVA Hidrokarbon

Parameter	SS	Df	Ms	Fratio	Ss'	Ratio %
A	12180,52	2	6090,26	3,06	8197,11	5,34%
B	6449,85	2	3224,93	1,62	2466,44	1,61%
C	88107,19	2	44053,59	22,12	84123,78	54,77%
D	11000,96	2	5500,48	2,76	7017,56	4,57%
E	35850,67	18	1991,70	1	51784,30	33,72%
SSt	153589,19	26	5907,28		153589,19	100,00%
Mean	3171722,81					
SSTotal	3325312					

Tabel 6. ANOVA karbon monoksida

Parameter	SS	Df	Ms	Fratio	Ss'	Ratio %
A	0,20	2	0,10	3,83	0,15	7,06%
B	0,43	2	0,22	8,29	0,38	18,17%
C	0,66	2	0,33	12,67	0,61	29,08%
D	0,33	2	0,17	6,34	0,28	13,31%
E	0,47	18	0,03	1	0,68	32,39%
SSt	2,10	26	0,84		2,10	100,00%
Mean	52,75	1				
SSTotal	54,85	27				

Dari tabel 7 dapat dilihat bahwasanya hanya faktor C yang mempengaruhi hidrokarbon secara signifikan. Sedangkan pada tabel 8 terlihat bahwa faktor A, B, C dan D mempengaruhi karbon monoksida secara signifikan. Hal ini dapat dilihat dengan membandingkan Fratio dengan Ftabel dengan menggunakan $\alpha = 5\%$. Dari tabel F untuk $F_{0,05,2,18} = 3,55$. Fratio yang lebih besar dari 3,55 maka mempengaruhi secara signifikan.

Dari tabel 7 dan tabel 8 kita juga dapat melihat seberapa besar pengaruh dari masing-masing faktor dengan persentase kontribusi. Yang berarti faktor yang paling berpengaruh terhadap HC adalah faktor C sebesar 54,77%, dan pengaruh terbesar terhadap CO adalah faktor C sebesar 29,08%.

Uji Uji Verifikasi

Setelah mendapatkan rancangan optiman maka perlu diketahui pula prediksi kondisi optimum dari rancangan optimal yang telah didapatkan. Lalu setelah itu dilakukan uji verifikasi untuk dibandingkan dengan hasil prediksi kondisi optimum. apabila eksperimen uji verifikasi dan prediksi kondisi optimum cukup dekat antara satu sama lain maka bisa disimpulkan bahwasanya rancangan tersebut cukup memadai.

Untuk rancangan optimal dari hidrokarbon adalah A2, B2, C1 dan D2 hasil prediksi dari rancangan optimal HC ini sebagai berikut:

$$\mu_{prediksi} = A2 + B2 + C1 + D2 - 3\bar{y} = 317,22 + 325,89 + 299,22 + 316,33 - 3 \cdot 342,74 = 230,44$$

Untuk rancangan optimal dari hidrokarbon adalah A3, B1, C3 dan D2 hasil prediksi dari rancangan optimal HC ini sebagai berikut:

$$\mu_{prediksi} = A3 + B1 + C3 + D2 - 3\bar{y} = 1,28 + 1,26 + 1,19 + 1,26 - 3 \cdot 1,40 = 0,79$$

Hasil eksperimen uji verifikasi HC dan CO dapat dilihat pada Tabel 9.

Tabel 7. Hasil Uji Verifikasi

Uji	Hidrokarbon	Karbon Monoksida
1	228	0,74
2	231	0,94
3	233	0,70
Rata-rata	230,67	0,793
Standar Deviasi	2,05	0,105

Untuk membandingkan hasil prediksi dan hasil eksperimen verifikasi perlu dilakukan uji hipotesa sebagai berikut:

$$H_0 : \mu = \mu_0$$

$$H_1 : \mu \neq \mu_0$$

Dimana

$$\mu = \mu_{\text{verifikasi}}$$

$$\mu_0 = \mu_{\text{prediksi}}$$

syarat penolakan H_0 adalah $|t_{\text{hit}}| > t_{\alpha/2, db}$

$$t_{\text{hit}} = (\bar{y} - \mu_0) / (s/\sqrt{n})$$

$$t_{\text{hit}} = (230,67 - 230,44) / (2,05/\sqrt{3})$$

$$|t_{\text{hit}}| = 0,19$$

Untuk $\alpha = 5\%$ dan $db = 3-1 = 2$

$$t_{0,025,2} = 4,303$$

$|t_{\text{hit}}| < t_{\alpha/2, db}$ berarti hasil eksperimen hidrokarbon menerima H_0 dimana diketahui bahwa prediksi dan uji verifikasi memiliki hasil yang cukup dekat.

$$t_{\text{hit}} = (0,793 - 0,790) / (0,105/\sqrt{3})$$

$$|t_{\text{hit}}| = 0,05$$

$|t_{\text{hit}}| < t_{\alpha/2, db}$ berarti hasil eksperimen karbon monoksida menerima H_0 dimana diketahui bahwa prediksi dan uji verifikasi memiliki hasil yang cukup dekat.

Pembahasan

Ada banyak faktor yang dapat mempengaruhi emisi gas buang pada sepeda motor. Salah satu faktor yang dapat mempengaruhi emisi gas buang sepeda motor adalah sistem pengapian. Dan sistem pengapian yang bagus pada suatu mesin belum tentu bagus saat di gunakan pada mesin yang lain. Jadi faktor utama untuk menentukan sistem pengapian yang cocok adalah spesifikasi mesin tersebut.

Sesuai dengan tujuan penelitian yang ini dicapai yaitu mengetahui sistem pengapian yang optimal berdasarkan emisi gas buang pada sepeda motor vega zr yang telah dimodifikasi menggunakan sistem bahan bakar YMJET-FI dengan menggunakan bahan bakar biogasoline sebagai bahan bakar utamanya berdasarkan hidrokarbon dan karbon monoksida. Dengan cara melakukan pengujian menggunakan tiga faktor pengapian dan satu faktor bahan bakar. Faktor pengapian yang dimaksud ialah : 1. Busi dengan menggunakan 3 level yaitu busi nikel, busi platinum dan busi iridium. 2. Koil dengan 3 level yaitu koil 5TP, koil blue thunder dan koil KTC. 3. Waktu pengapian dengan menggunakan 3 level yaitu waktu pengapian 13°, waktu pengapian 15° dan waktu pengapian 17°. Dan Adapun faktor bahan bakar yang digunakan ialah biogasoline dengan menggunakan 3 level yaitu E80, E75 dan E70.

Emisi hidrokarbon ini dapat disebabkan oleh karena pembakaran yang kurang sempurna sehingga ada bahan bakar yang belum terbakar dan keluar masih dalam bentuk hidrokarbon, atau dapat juga disebabkan karena penguapan dari bahan bakar. Dari hasil pengujian yang telah dilakukan untuk mendapatkan hasil hidrokarbon terbaik yaitu menggunakan busi iridium, koil blue thunder, waktu pengapian 13° dan bahan bakar E75. Dengan hasil hidrokarbon yang didapat adalah 230,67 ppm sedikit lebih baik dari kondisi awal yaitu 232

ppm. Yang dimana waktu pengapian yang merupakan faktor dengan pengaruh paling besar diantara keempat faktor tersebut dengan persentase kontribusi sebesar 54,77%.

Karbon monoksida dihasilkan dari pembakaran tak sempurna. Karbon monoksida terbentuk apabila terdapat kekurangan oksigen dalam proses pembakaran. Dari hasil pengujian yang telah dilakukan untuk mendapatkan asil karbon monoksida terbaik yaitu dengan menggunakan busi platinum, koil standar, waktu pengapian 17° dan bahan bakar E75. Dengan hasil karbon monoksida yang didapat adalah 0,79% lebih baik dari kondisi awal yaitu 2,45%. Yang dimana waktu pengapian yang merupakan faktor dengan pengaruh paling besar diantara keempat faktor tersebut dengan persentase kontribusi sebesar 29,08%.

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 230,67 ppm sedangkan uji prediksi kondisi optimalnya 230,44 ppm. Dan uji verifikasi karbon monoksida 0,793 sedangkan uji prediksi optimalnya adalah 0,790. Yang dimana kedua hasil dari uji verifikasi ini cukup memadai.

SIMPULAN DAN SARAN

Simpulan

Berdasarkan perhitungan tabel respon pada tabel 5 dapat kita ketahui bahwasanya sistem pengapian yang optimal pada objek penelitian ini berdasarkan hidrokarbon adalah dengan menggunakan busi iridium, koil blue thunder, waktu pengapian -2° (dimundurkan 2°) dan biogasoline E75 (ethanol 75% : bensin 25%). Sedangkan sistem pengapian yang optimal pada objek penelitian ini berdasarkan karbon monoksida adalah dengan menggunakan busi platinum, koil standar, waktu pengapian +2° (dimundurkan 2°) dan biogasoline E75 (ethanol 75% : bensin 25%)

Berdasarkan analisis varians pada tabel 7 terlihat bahwa faktor yang paling mempengaruhi hidrokarbon adalah faktor C dengan persentase kontribusi 54,77%, selanjutnya dengan faktor A 5,34%, faktor D 4,57% dan faktor B 1,61%. Sedangkan faktor yang paling mempengaruhi karbon monoksida adalah faktor C dengan persentase kontribusi 29,08%, selanjutnya dengan faktor B 18,17%, faktor D 13,31% dan faktor A 7,06%.

Berdasarkan hasil uji verifikasi yang telah dilakukan dapat membuktikan bahwa penelitian ini cukup memadai.

Saran

Penelitian ini hanya mengoptimalkan sistem pengapian dan menggunakan bahan bakar biogasoline terhadap emisi gas buang hidrokarbon dan karbon monoksida pada sepeda motor vega zr modifikasi bahan bakar EFI yang menggunakan bahan bakar biogasoline sebagai bahan bakar utamanya, jadi diharapkan untuk peneliti selanjutnya dapat melakukan penelitian terhadap performa lainnya. Dan juga untuk penelitian selanjutnya diharapkan dapat mengoptimalkan faktor-faktor lainnya terhadap unjuk kerja sepeda motor.

DAFTAR RUJUKAN

- [1] V. N. Setiawan, "katadata.co.id," 26 Oktober 2021. [Online]. Available: <https://katadata.co.id/rezzaaji/berita/61776d156db13/konsumsi-bbm-masyarakat-dan-industri-meningkat-imbasi-pelonggaran-ppkm>. [Accessed 5 Februari 2022].
- [2] I. G. Wiratmaja, "Pengujian Karakteristik Fisika Biogasoline Sebagai Bahan Bakar Alternatif Pengganti Bensin Murni," *Jurnal Ilmiah Teknik Mesin*, vol. IV, pp. 145-154, 2010.

- [3] I. G. Wiratmaja, "Analisa Unjuk Kerja Motor Bensin Akibat Pemakaian Biogasoline," *Jurnal Ilmiah Teknik Mesin*, vol. IV, pp. 16-25, 2010.
- [4] Sugiartono, Wagino, D. Afdal and R. Wahyudi, "Pemanfaatan bioethanol limbah Kelapa Muda dan Pengaruhnya Terhadap Emisi Motor Empat Langkah," *AEEJ : Journal of Automotive Engineering and Vocational Education*, vol. I, pp. 1-8, 2020.
- [5] A. T. Hoang, v. Q. Tran, V. V. Pham, X. P. Nguyen and A. R. M. S. Al-Tawaha, "Comparative analysis on performance and emission characteristics of an in-Vietnam popular 4-stroke motorcycle engine running on biogasoline and mineral gasoline," *Renewable Energy Focus*, vol. XXVIII, pp. 47-55, 2019.
- [6] W. Purwanto , F. Afif, R. Lapisa, D. Yuvenda, M. Y. Setiawan and H. D. Saputra, "Optimasi Penggunaan Jenis Busi, Oli, Dan Campuran Ethanol Bensin Terhadap Peningkatan Suhu Dan Jarak Tempuh Sepeda Motor 4 Langkah Dengan Metode Taguchi," *AEEJ : Journal of Automotive Engineering and Vocational Education*, vol. 3, pp. 79-92, 2022.
- [7] B. Amin and F. Ismet, *Teknologi Motor Bensin*, Jakarta: Kencana, 2016.
- [8] W. Suyanto, *Teori Motor Bensin*, Jakarta: Departemen Pendidikan Dan kebudayaan dan Direktur jendral Pendidikan Tinggi P2LPTK, 1989.
- [9] A. Aji, B. Santoso and D. Danardono, "Studi Eksperimental Pengaturan Waktu Pengapian pada Mesin 4 Langkah 1 Silinder Berbahan Bakar E25," *Mekanika: Majalah Ilmiah Mekanika*, vol. XVII, pp. 33-38, 2018.
- [10] S. U. Handayani, "Pemanfaatan Bio Ethanol Sebagai Bahan Bakar Pengganti Bensin," *Gema teknologi*, vol. XV, pp. 99-102, 2007.
- [11] A. Z. Mendiburu, C. H. Lauermann, T. C. Hayashi, D. J. Mariños, R. B. R. d. Costa, C. J. Coronado, J. J. Roberts and J. A. d. Carvalh, "Ethanol as a renewable biofuel: Combustion characteristics and application in engines," *Energy*, vol. 257, 2022.
- [12] Daryanto, *Motor Bakar Untuk Mobil*, Jakarta: Rineka Cipta, 2008.
- [13] A. Prasetyo and Rifadarmon, "Analisis Variasi Penggunaan Busi Pada Sepeda Motor Yamaha Vixion tahun 2015 Terhadap daya, torsi dan Emisi Gas Buang," *AEEJ : Journal of Automotive Engineering and Vocational Education*, vol. I, pp. 31-38, 2020.
- [14] R. B. R. d. Costa, J. J. Hernández, A. F. Teixeira, N. A. D. Netto, R. M. Valle, V. R. Roso and C. J. Coronado, "Combustion, performance and emission analysis of a natural gas-hydrous ethanol dual-fuel spark ignition engine with internal exhaust gas recirculation," *Energy Conversion and Management*, vol. 195, pp. 1187-1198, 2019.
- [15] W. Setyanto and R. P. Lukodono, *Teori dan Aplikasi Desain Eksperimen Taguchi*, Malang: UB Press, 2017.
- [16] Krishnaiah and P. Shahabudeen, *Applied Design of experiments and Taguchi Methods*, New Delhi: PHI Learning Private limited, 2012.