



Analisis Penggunaan Variasi Busi *Multi ground* Elektroda Terhadap Emisi Gas Buang pada Sepeda Motor Yamaha Nmax 155 cc

Analysis of the Use of Variations in Multi-Ground Electrode Spark Plugs for Exhaust Emissions on Yamaha Nmax 155 cc Motorcycles

Rizki Fajri^{1*}, M. Nasir¹, Toto Sugiarto¹, Muslim¹, Lasyatta Syaifullah¹

Abstrak

Penggunaan kendaraan bermotor yang tinggi merupakan salah satu penyebab polusi udara yang merupakan akibat dari emisi gas buang pada kendaraan bermotor. Emisi gas buang terdiri atas Karbon Monoksida (CO), Sulfur (Sox), Nitrogen Oksida (Nox), Hidrokarbon (HC), air (H₂O) dan juga Timbal. Beberapa zat tersebut merupakan zat yang berbahaya bagi kesehatan tubuh manusia dikarenakan pembakaran dari campuran bahan bakar dan udara di ruang bakar tidak terbakar secara sempurna. Oleh karena itu diperlukan solusi untuk menyelesaikan permasalahan ini. Salah satu solusinya yaitu dengan memilih komponen busi yang paling baik pada sistem pengapian. Penelitian ini membandingkan penggunaan busi ber-*ground* elektroda dengan busi standar. Terbukti dari hasil penelitian, bahwa penggunaan busi *multi ground* elektroda dapat menurunkan kadar karbon monoksida dan hidrokarbon, sementara kadar karbon dioksida mengalami peningkatan.

Kata Kunci

Busi Multi ground Elektroda, Emisi Gas Buang, Sepeda Motor

Abstract

High motor vehicle usage is one of the causes of air pollution, which results from exhaust emissions from motor vehicles. Exhaust emissions consist of Carbon Monoxide (CO), Sulfur (SO_x), Nitrogen Oxides (NO_x), Hydrocarbons (HC), water (H₂O), and also Lead (Pb). Some of these substances are harmful to human health because the combustion of the fuel and air mixture in the combustion chamber is not complete. Therefore, a solution is needed to address this issue. One of the solutions is to select the best spark plug component in the ignition system. This research compares the use of spark plugs with a multi-ground electrode with standard spark plugs. The research results show that the use of multi-ground electrode spark plugs can reduce the levels of carbon monoxide and hydrocarbons, while carbon dioxide levels increase.

Keywords

Multi ground Electrode Spark Plug, Exhaust Emissions, Motorcycles

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

* rizkifajri5397@gmail.com

Dikirimkan: 30 Mei 2023. Diterima: 20 Agustus 2023. Diterbitkan: 23 Agustus 2023.



PENDAHULUAN

Peningkatan penggunaan kendaraan bermotor yang signifikan telah menyebabkan peningkatan tingkat pencemaran lingkungan yang sangat besar. Diketahui bahwa kendaraan bermotor merupakan penyebab utama polusi dengan kontribusi mencapai 70%, di mana 45% berasal dari emisi gas buang kendaraan sepeda motor. Gas buang adalah gas sisa hasil pembakaran mesin kendaraan bermotor yang terdiri dari gas-gas seperti Karbon Monoksida (CO), sulfur (Sox), Nitrogen Oksida (NO_x), Hidrokarbon (HC), air (H₂O) dan Timbal (PB) yang dihasilkan akibat ketidaksempurnaan proses pembakaran dalam mesin kendaraan bermotor.

Gas buang biasanya terdiri dari gas yang tidak berbahaya seperti N₂, CO₂, dan H₂O. Namun, sebagian kecil dari gas buang mengandung gas berbahaya seperti NO_x, HC, dan CO. Komponen yang paling banyak terdapat dalam gas buang adalah gas berbahaya yang dilepaskan oleh kendaraan [1]. Emisi gas buang dapat menyebabkan berbagai masalah pada kesehatan manusia berupa sebagai pemicu penyakit asthma, iritasi pada mata, mempengaruhi kerja jantung dan dapat mempengaruhi janin berupa kelahiran yang prematur dan penurunan berat badan pada bayi yang baru lahir.

Berbagai macam solusi telah dilakukan oleh beberapa peneliti sebelumnya untuk menurunkan tingkat emisi gas buang pada kendaraan bermotor, seperti menerapkan ambang batas emisi gas buang kendaraan oleh pemerintah, menambahkan komponen tabung induksi pada kendaraan bermotor, menggunakan bahan bakar dengan oktan lebih tinggi, dan memakai berbagai jenis busi pada kendaraan bermotor tersebut. Disini penulis menawarkan solusi berupa penggunaan busi yang berjenis busi multi ground elektroda yaitu busi yang memiliki ground elektroda lebih banyak dibandingkan dengan busi standar bawaan pabrik kendaraan bermotor. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menganalisis penurunan kadar emisi gas buang yang dihasilkan oleh busi multi ground elektroda dan membandingkannya dengan menggunakan busi standar bawaan dari pabrikan sepeda motor sehingga hasil yang didapat diharapkan bisa membantu dalam pengurangan polusi yang dihasilkan oleh emisi gas buang kendaraan bermotor.

Proses penggabungan bahan bakar dengan udara terjadi akibat adanya percikan bunga api dari komponen busi. Percikan bunga api tersebut dihasilkan dari rangkaian listrik yang dikenal sebagai sistem pengapian, yang berfungsi untuk meningkatkan tegangan primer pada baterai dari 12 volt menjadi tegangan sekunder yang tinggi, yakni sekitar 10.000 hingga 20.000 volt atau bahkan lebih. Gabungan antara bahan bakar dan udara yang optimal mampu menghasilkan pembakaran yang sempurna dan ramah lingkungan. Selain itu, busi memainkan peran penting sebagai komponen dalam proses pembakaran sebagai pengapian campuran udara dan bahan bakar di dalam ruang bakar. Terdapat beragam jenis busi yang digunakan sesuai dengan tipe dan spesifikasi kendaraan. Saat ini, busi telah mengalami berbagai perkembangan, mulai dari komponen, ukuran, hingga tipe busi itu sendiri dengan tujuan untuk meningkatkan kinerja, memperpanjang usia pakai, dan mengurangi emisi yang dihasilkan oleh kendaraan bermotor.

Busi dapat dikatakan layak untuk digunakan jika telah memenuhi syarat sebagai berikut (1) harus dapat merubah tekanan tinggi menjadi loncatan bunga api pada elektrodanya; (2) harus tahan terhadap suhu pembakaran gas yang tinggi sehingga elektroda busi tidak ikut terbakar; (3) harus terjaga dari deposit karbon atau busi harus tetap berada dalam keadaan bersih.

Berdasarkan uji coba yang dilakukan, terbukti bahwa penggunaan busi elektroda kaki dua (0,66%) dan busi elektroda kaki empat (0,46%) dapat menurunkan emisi gas CO dibandingkan dengan menggunakan busi standar (0,76%) pada saat mesin berputar pada 3500 rpm. Dalam hal penggunaan busi elektroda kaki empat, terdapat penurunan rata-rata sebesar 28,7% pada emisi CO dibandingkan dengan penggunaan busi elektroda kaki dua dan busi standar. Dari hasil

pengujian tersebut dapat disimpulkan bahwa penggunaan busi multi elektroda dapat menekan jumlah gas CO yang dihasilkan oleh mesin, sehingga lebih efektif dibandingkan dengan penggunaan busi standar [2].

Sistem Bahan Bakar Injeksi (FI)

Sistem pengisian bahan bakar yang diatur oleh sistem listrik atau elektrik dengan perangkat elektronik. Prinsip utamanya adalah menentukan jumlah bahan bakar yang sesuai dengan jumlah bahan bakar dan suhu masukan, kecepatan mesin, posisi katup (*throttle valve*), pengembunan oksigen di dalam saluran knalpot dan kondisi lainnya. Sistem injeksi bahan bakar menjamin pencampuran udara dengan bahan bakar yang optimal dan efisien. Dengan demikian, mesin dalam pengoperasiannya dapat bekerja secara efektif dan selalu optimal dalam segala kondisi di sekitarnya [3]. Sistem injeksi bahan bakar pada sepeda motor diperlukan untuk mengatur jumlah bahan bakar yang akan dimasukkan kedalam intake manifold sesuai volume yang ideal sesuai dengan putaran mesin [4].

Keunggulan teknologi injeksi bahan bakar meliputi 1) Peningkatan efisiensi bahan bakar yang signifikan karena pengaturan campuran udara dan bahan bakar yang presisi oleh sistem elektronik; 2) Respons kenaikan rpm mesin yang akurat dan sesuai dengan bukaan *throttle*; 3) Kemudahan dalam perawatan komponen suku cadang, dan 4) Lingkungan yang lebih bersahabat karena emisi gas buang yang diatur dengan baik.

Pada sistem bahan bakar injeksi terdapat beberapa keunggulan yaitu 1) Lebih irit BBM; 2) Lebih bertenaga; 3) Mesin lebih mudah dihidupkan; 4) Lebih ramah lingkungan. Selain itu komponen sistem Injeksi tidak memerlukan perawatan yang rumit melainkan hanya dengan melakukan penggantian saringan bahan bakar sesuai dengan standar perawatan berkala kendaraan [5].

Sehingga dapat disimpulkan bahwa system bahan bakar injeksi merupakan penentuan jumlah bahan bakar yang masuk kedalam ruang bakar yang diatur oleh system elektronik, karena sangat tepat dan tidak ada terjadi kesalahan [3].

Sistem Pengapian

Sistem pengapian adalah sistem yang bertugas untuk menghasilkan percikan atau membakar gabungan udara dan bahan bakar yang berada dalam ruang pembakaran dengan memanfaatkan busi sebagai komponen yang bertindak sebagai penghasil api. Sistem pengapian sepeda motor berfungsi untuk mengatur proses pembakaran campuran bensin dan udara didalam silinder [6]. Sistem pengapian yang optimal didapatkan melalui penggunaan jenis busi. Busi dapat menghasilkan bunga api berupa percikan api didalam ruang bakar. Oleh karena itu pemilihan jenis busi yang tepat mempengaruhi konsumsi bahan bakar [7].

Busi

Busi merupakan komponen penting pada sistem pengapian motor bensin yang memiliki fungsi untuk meneruskan arus listrik dari koil menuju ke ruang bakar sehingga dapat membakar campuran bahan bakar dan udara yang ada pada ruang bakar motor bensin dengan baik, busi juga diharuskan agar tahan terhadap berbagai keadaan yang terjadi pada ruang bakar yang memiliki tekanan dan suhu yang tinggi pada saat mesin bekerja [8]

Pada perkembangannya, busi sudah tersedia dalam berbagai jenis dan spesifikasi di pasaran industri otomotif baik busi yang standar buatan pabrik maupun busi yang sudah memiliki performa yang sangat baik, namun dibalik itu semua penggunaan busi harus sesuai dengan spesifikasi mesin motor bensin itu sendiri, karena penggunaan busi yang tidak tepat dapat menyebabkan berbagai permasalahan yang lainnya pada mesin motor bensin itu sendiri. Busi dianggap baik untuk digunakan setelah memenuhi persyaratan yaitu 1) Mempunyai isolator yang cukup baik, 2) Tahan terhadap korosi, 3) Penggunaan komponen yang kokoh dan kuat.

Beberapa faktor utama yang mempengaruhi kinerja busi yaitu 1) Bentuk elektroda busi; 2) Jarak kerenggangan celah busi; 3) Tekanan Kompresi. Busi yang ideal mempunyai karakteristik yang dapat beradaptasi terhadap semua kondisi operasional mesin mulai dari kecepatan rendah sampai kecepatan tinggi pada suhu sekitar 400°C hingga 800°C [9].

Menurut tingkat kemampuan melepas panasnya, busi terbagi menjadi 2, yaitu 1) Busi Panas yaitu busi yang lebih lambat dalam melakukan pelepasan panasnya, panas tersimpan pada busi dan lambat dilepaskan keluar dari busi; 2) Busi dingin yaitu busi yang dapat melepas panas dengan cepat, busi dingin tidak diperuntukkan pada temperature ruang bakar yang rendah yang dapat berakibat terjadinya carbon fouling yaitu penumpukan gas sisa pembakaran pada ruang bakar karena tidak terbakar secara sempurna [10].

Percikan bunga api busi yang kuat dan akurat dapat membakar campuran bahan bakar dan udara secara sempurna dan tepat pada waktu yang diperlukan sehingga dihasilkan output tenaga mesin yang optimal dengan penggunaan bahan bakar yang efisien dan meningkatkan kemungkinan sisa emisi gas buang yang rendah [11].

Faktor Utama yang Mempengaruhi Kinerja Busi

Pembakaran yang maksimal dapat dihasilkan dengan cara pemilihan jenis busi yang tepat, busi dapat dibedakan dari bentuk, tingkat kepanasan busi dan juga material yang digunakan dalam pembuatan busi. Busi memiliki kode abjad tertentu untuk menentukan jenis busi, mulai dari tingkat kepanasan, hingga peruntukan kendaraan khusus, kode tersebut berbeda-beda pembacaannya tergantung dari pabrikan dari busi tersebut. Optimalnya kualitas busi adalah tujuan utama dari produsen busi agar dapat bersaing dipasaran, sehingga berbagai penelitian terkait tentang busi terus berlanjut sehingga busi dapat beradaptasi terhadap semua kondisi operasional. Adapun faktor utama yang mempengaruhi kinerja busi adalah 1) bentuk elektroda busi, 2) celah busi, dan 3) tekanan kompresi pada mesin [9].

Busi *Multi ground* Elektroda

Masing- masing busi memiliki berbagai perbedaan jenis maupun bentuk baik pada bahan penyusunnya maupun bentuk dari busi itu sendiri, perbedaan bentuk busi yang beredar di pasaran berada pada bentuk kaki *ground* elektrodanya, ada yang memiliki *ground* elektroda dengan 1 kaki (standar); 2 kaki; 3 kaki dan 4 kaki bahkan ada busi yang menggunakan *ground* elektroda tanpa kaki.

Tujuan utama dari pembuatan busi dengan *multi ground* elektroda adalah agar busi menjadi lebih tahan lama dan kemungkinan penumpukan karbon dapat dikurangi, busi *multi ground* elektroda dapat memercikkan bunga api secara merata dengan proses kerja secara bergantian sehingga tingkat keausan pada masing-masing *ground* elektroda dapat terjaga secara optimal.

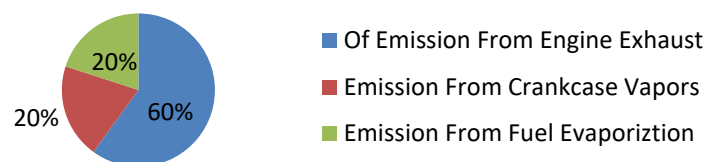
Busi *multi ground* elektroda bekerja dengan cara memercikkan bunga api secara bergantian pada tiap-tiap *ground* elektrodanya tergantung dengan berapa banyak *ground* elektroda yang dimiliki oleh busi tersebut sehingga menyebabkan pembakaran didalam ruang bakar terjadi secara berkelanjutan, akibatnya campuran udara dan bahan bakar yang berada di ruang bakar dapat terbakar dengan lebih sempurna yang menghasilkan emisi gas buang yang lebih rendah dan berkurangnya penumpukan kerak karbon pada ruang bakar jika dibandingkan dengan busi standar bawaan pabrik kendaraan bermotor.

Pada busi *multi ground* elektroda 4 kaki sistem pengapian nya bekerja secara 1 layar x 360° yang berarti busi memercikkan bunga api pada satu tingkatan *ground* elektroda atau 1 buah lingkaran dengan percikan bunga api yang berkelanjutan tergantung berapa banyak *ground* elektroda yang dimiliki oleh busi *multi ground elektroda* tersebut. Sedangkan pada busi *multi ground* elektroda tanpa kaki sistem pengapiannya 3 layar x 360° yang berarti busi memercikkan bunga api dengan 3 buah tingkatan pada *ground* elektroda busi tersebut sehingga

campuran bahan bakar dan udara pada ruang bakar dapat habis secara lebih sempurna dan emisi gas buang dapat berkurang, busi *multi ground* elektroda juga memiliki usia pakai yang jauh lebih lama jika dibandingkan dengan busi standar bawaan pabrik akan tetapi harga yang ditawarkan jauh lebih tinggi dibandingkan busi standar bawaan pabrik yang menjadi kelemahan dari busi *multi ground* elektroda tersebut.

Emisi Gas Buang

Emisi gas buang adalah gas atau zat hasil pembakaran campuran udara dan bahan bakar yang tidak terbakar secara sempurna dan tersisa di ruang bakar [12] proses pembakaran membutuhkan tiga komponen dasar yaitu oksigen (O₂) bahan bakar dan panas atau suhu yang tinggi pada ruang bakar [13]. Perbandingan campuran udara dan bahan bakar yang ideal adalah 15 kg udara dengan 1 kg bahan bakar [14] Gas hasil pembakaran campuran bahan bakar dan udara yang terjadi secara tidak sempurna dan mengandung banyak unsur kimia berbahaya yang menyebabkan pencemaran udara merupakan 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.



Gambar 1. Sumber Utama Polusi Motor Bakar

METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilaksanakan dengan menggunakan metode eksperimen, dimana penelitian eksperimen ini digunakan untuk memberikan sebuah perlakuan atau treatment pada objek penelitian lalu diadakan evaluasi untuk melihat pengaruh dan perubahannya [15]. Penelitian ini dimaksudkan untuk mengetahui pengaruh penggunaan busi *multi ground* elektroda terhadap emisi gas buang pada sepeda motor Yamaha Nmax 155 cc. Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Pengujian Kendaraan Departemen Teknik Otomotif Universitas Negeri Padang sebagai tempat pengujian emisi gas buang.

Pada penelitian ini yang dijadikan sebagai fokus penelitian adalah emisi gas buang yang dihasilkan oleh sepeda motor Yamaha Nmax 155 cc. Pengujian pertama dilakukan tanpa menggunakan busi *multi ground* elektroda atau dalam kondisi standar dan pengujian kedua dilakukan dengan menggunakan busi *multi ground*. Untuk menganalisis data penelitian yang telah didapatkan pada sepeda motor Yamaha Nmax 155 cc tanpa menggunakan busi *multi ground* elektroda atau dalam kondisi standar maupun dengan menggunakan busi *multi ground* elektroda pada penelitian ini dilakukan dengan analisis sebagai berikut:

Pertama, mendiagnosis data dengan statistik dasar mean dimana mean merupakan nilai rata-rata dari data, Adapun rumus untuk mencari rata-rata adalah dengan persamaan 1 dimana M merupakan hasil rata-rata yang diperoleh dari jumlah data dibagi banyaknya spesimen.

Kedua, setelah didapatkan rata-rata kemudian data dibandingkan dengan menggunakan teknik statistik deskriptif perhitungan persentase dengan rumus pada persamaan 2 dimana P merupakan angka persentase yang didapatkan dari hasil rata-rata dengan menggunakan busi *multi ground* elektroda atau dalam kondisi standar dikurangi rata-rata data standar (tanpa menggunakan busi *multi ground* elektroda atau dalam kondisi standar) dibagi rata-rata data standar (tanpa menggunakan busi *multi ground* elektroda atau dalam kondisi standar) yang kemudian dikali 100:

Instrumen Penelitian

Data-data yang diperoleh dalam penelitian ini ditampilkan secara deskriptif dalam bentuk tabel dan grafik. Analisa ini digunakan untuk mengetahui emisi gas buang pada saat menggunakan busi standar, busi *multi ground* elektroda 4 kaki dan busi *multi ground* elektroda tanpa kaki.

Untuk mengetahui keseluruhan data yang diperoleh dan mengetahui hasil pengukuran emisi gas buang yang dihasilkan, maka dilakukan analisa sebagai berikut:

1. Data yang diperoleh dari emisi gas buang yang dihasilkan oleh kendaraan dari pengukuran *Gas Analyzer*
2. Mempresentasikan nilai rata-rata dari masing-masing pengujian statistik dengan rumus persentase:

$$P = n - \frac{N}{n} \times 100\% \quad 1$$

Keterangan:

P = Angka persentase yang ingin didapatkan

n = Rata-rata emisi gas buang pada perlakuan menggunakan berbagai jenis busi *multi ground* elektroda

N = Rata-rata emisi gas buang tanpa perlakuan menggunakan busi (standar)

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Data Penelitian

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan, analisis variasi penggunaan busi *multi ground* elektroda pada sepeda motor yamaha Nmax 155cc terhadap emisi gas buang maka didapatkanlah data-data berupa tabel dan grafik. Penelitian ini dilaksanakan di Workshop Teknik Otomotif Universitas Negeri Padang pada tanggal. Adapun data hasil penelitian sebagai berikut:

Data Pengujian Emisi Gas Buang

Dari hasil pengujian Emisi Gas buang dengan menggunakan busi standar, menggunakan busi *multi ground* tanpa kaki, dan menggunakan busi *multi ground* 4 kaki pada sepeda motor Yamaha Nmax 155 cc maka diperoleh data seperti yang diterangkan pada tabel 1, tabel 2, dan tabel 3.

Tabel 1. Hasil Data Emisi Gas Buang Kandungan Karbon Monoksida

Variabel Y	Putaran mesin (Rpm)	CO %	
		Rata - rata	Perbandingan (%)
Busi Standar	1500	0.61	-
	3000	0.54	-
	4500	0,50	-
Busi Multi ground Elektroda 4 kaki	1500	0,54	11,47
	3000	0,50	7,40
	4500	0,46	8
Busi Multi ground Elektroda tanpa kaki	1500	0,45	26,22
	3000	0,31	42,59
	4500	0,18	64

Data hasil penelitian pada tabel 1 menunjukkan bahwa zat Karbon Monoksida tertinggi didapat pada saat penggunaan busi standar di putaran mesin 1500 rpm, sedangkan yang

terendah didapat pada penggunaan busi multi ground elektroda tanpa kaki di putaran mesin 4500 rpm dengan perbandingan 64% dibandingkan dengan penggunaan busi standar.

Tabel 2. Hasil Data Emisi Gas Buang Kandungan Karbon Dioksida

Variabel Y	Putaran mesin (Rpm)	CO ₂ (%)	
		Rata - rata	Perbandingan (%)
Busi Standar	1500	11,76	-
	3000	12,03	-
	4500	12,2	-
Busi <i>Multi ground</i> Elektroda 4 kaki	1500	12,13	3,05
	3000	12,1	0,57
	4500	12,14	- 0,49
Busi <i>Multi ground</i> Elektroda tanpa kaki	1500	12,4	5,16
	3000	12,8	6,01
	4500	13,13	7,08

Data hasil penelitian pada tabel 2 menunjukkan bahwa zat emisi gas buang Karbon Dioksida tertinggi didapat pada penggunaan busi multi ground elektroda tanpa kaki pada putaran mesin 4500 rpm dengan hasil rata - rata 13,13% dengan perbandingan 7,08% dibandingkan dengan busi standar sedangkan zat emisi gas buang Karbon Dioksida terendah didapatkan pada penggunaan busi standar di putaran mesin 1500 rpm dengan hasil 11,76%.

Tabel 3. Hasil Data Emisi Gas Buang Kandungan Hidrokarbon

Variabel Y	Putaran mesin (Rpm)	HC (ppm)	
		Rata - rata	Perbandingan (%)
Busi Standar	1500	287,66	-
	3000	132	-
	4500	94	-
Busi <i>Multi ground</i> Elektroda 4 kaki	1500	250	13,09
	3000	118,66	10,10
	4500	82,33	12,41
Busi <i>Multi ground</i> Elektroda tanpa kaki	1500	210,66	26,76
	3000	198,66	- 33,33
	4500	71,33	24,11

Data hasil penelitian pada tabel 3 menunjukkan kadar emisi Hidrokarbon tertinggi didapat pada penggunaan busi standar pada putaran mesin 1500 rpm di angka 287,66 ppm, sedangkan zat emisi gas buang Hidrokarbon terendah didapat pada penggunaan busi *multi ground* elektroda tanpa kaki dengan hasil 71,33 ppm dengan perbandingan 24,11% dibandingkan dengan busi standar.

Pembahasan

Setelah dilakukannya penelitian makadapat disimpulkan bahwa penggunaan variasi busi *multi ground* elektroda berpengaruh terhadap penurunan dan peningkatan kandungan emisi gas buang. Grafik menunjukkan setiap penggunaan variasi busi *multi ground* elektroda yang diuji rata-rata mengalami penurunan terhadap kandungan karbon monoksida dari emisi gas buang dan mengalami beberapa peningkatan terhadap kandungan karbon dioksida dan kandungan hidrokarbon dari emisi gas buang yang dihasilkan oleh sepeda motor 4 langkah.

Penggunaan busi standar dapat menghasilkan kandungan karbon monoksida sebesar 0,61% pada putaran mesin 1500 rpm, 0,54% pada putaran mesin 3000 rpm, dan 0,5% pada putaran mesin 4500 rpm, sedangkan kandungan karbon dioksida yang dihasilkan sebesar 11,76% pada putaran mesin 1500 rpm, 12,03% pada putaran mesin 3000 rpm, dan 12,2% pada putaran mesin 4500 rpm, serta kandungan hidrokarbon yang dihasilkan sebesar 287,66 ppm pada putaran mesin 1500 rpm, 132 ppm pada putaran mesin 3000 rpm, dan 94 ppm pada putaran mesin 4500 rpm.

Pada penggunaan busi *multi ground* elektroda 4 kaki mengalami penurunan kandungan karbon monoksida sebanyak 11,47% pada putaran mesin 1500 rpm, 7,40% pada putaran mesin 3000 rpm, dan 8% pada putaran mesin 4500 rpm dengan menghasilkan kandungan karbon monoksida sebesar 0,54% pada putaran mesin 1500 rpm, 0,50% pada putaran mesin 3000 rpm, dan 0,46% pada putaran mesin 4500 rpm, sedangkan pada kandungan karbon dioksida mengalami peningkatan sebanyak 3,05% pada putaran mesin 1500 rpm, 0,57% pada putaran mesin 3000 rpm, dan mengalami penurunan sebanyak 0,49% pada putaran mesin 4500 rpm dengan menghasilkan kandungan karbon monoksida sebesar 12,13% pada putaran mesin 1500 rpm, 12,1% pada putaran mesin 3000 rpm, dan 12,14% pada putaran mesin 4500 rpm, dan pada kandungan hidrokarbon mengalami penurunan hidrokarbon sebanyak 13,09% pada putaran mesin 1500 rpm, 10,10% pada putaran mesin 3000 rpm, dan 12,41% pada putaran mesin 4500 rpm dengan menghasilkan kandungan hidrokarbon sebesar 250 ppm pada putaran mesin 1500 rpm, 118,66 ppm pada putaran mesin 3000 rpm, dan 82 ppm pada putaran mesin 4500 rpm.

Pada penggunaan busi *multi ground* elektroda tanpa kaki mengalami penurunan kandungan karbon monoksida sebanyak 26,22% pada putaran mesin 1500 rpm, 42,59% pada putaran mesin 3000 rpm, dan 64% pada putaran mesin 4500 rpm dengan menghasilkan kandungan karbon monoksida sebesar 0,45% pada putaran mesin 1500 rpm, 0,31% pada putaran mesin 3000 rpm, dan 0,18% pada putaran mesin 4500 rpm, sedangkan pada kandungan karbon dioksida mengalami kenaikan sebanyak 5,16% pada putaran mesin 1500 rpm, 6,01% pada putaran mesin 3000 rpm, dan 7,08% pada putaran mesin 4500 rpm dengan menghasilkan kandungan karbon monoksida sebesar 12,4% pada putaran mesin 1500 rpm, 12,8% pada putaran mesin 3000 rpm, dan 13,13% pada putaran mesin 4500 rpm, dan pada kandungan hidrokarbon mengalami penurunan hidrokarbon pada putaran mesin 1500 rpm sebanyak 26,76%, mengalami peningkatan hidrokarbon pada putaran mesin 3000 rpm sebanyak 33,33%, dan pada putaran mesin 4500 rpm Kembali mengalami penurunan hidrokarbon sebanyak 24,11% dengan hidrokarbon yang dihasilkan sebesar 210,66 ppm pada putaran mesin 1500 rpm, 198 ppm pada putaran mesin 3000 rpm, dan 71,33 ppm pada putaran mesin 4500 rpm.

SIMPULAN DAN SARAN

Simpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan yang telah diuraikan, maka peneliti dapat menyimpulkan bahwa terdapat penurunan emisi gas buang pada penggunaan variasi busi *multi ground* elektroda dalam mengurangi emisi gas buang yang dihasilkan dari proses pembakaran sepeda motor Yamaha Nmax 155 cc. Penggunaan busi *multi ground* elektroda 4 kaki sebagai variasi idealnya dapat mengurangi kandungan karbon monoksida sebanyak 26,22% pada putaran mesin 1500 rpm, 42,59% pada putaran mesin 3000 rpm, dan 64% pada putaran mesin 4500 rpm. Penggunaan busi *multi ground* elektroda tanpa kaki sebagai variasi idealnya dapat meningkatkan karbon dioksida sebanyak 5,16% pada putaran mesin 1500 rpm, 6,01% pada putaran mesin 3000 rpm, dan 7,08% pada putaran mesin 4500 rpm. Penggunaan busi *multi ground* tanpa kaki sebagai variasi idealnya dapat mengurangi hidrokarbon pada putaran mesin

1500 rpm sebanyak 26,76%, mengalami peningkatan hidrokarbon pada putaran mesin 3000 rpm sebanyak 33,33%, dan pada putaran mesin 4500 rpm Kembali mengalami penurunan hidrokarbon sebanyak 24,11%. Maka dari itu peneliti dapat mengambil kesimpulan bahwa dari 3 jenis busi yang peneliti lakukan pengujian, busi *multi ground* elektroda tanpa kaki merupakan busi yang dapat menekan angka emisi gas buang paling rendah jika dibandingkan dengan busi standar bawaan pabrik dan busi *multi ground* elektroda 4 kaki.

Saran

Saran saran yang ingin disampaikan pada penelitian ini adalah saran pertama, penelitian ini masih terbatas menggunakan objek penelitian sepeda motor Yamaha Nmax 155 cc sehingga dirasa perlu untuk melakukan eksperimen yang sama pada objek penelitian lain sehingga dapat dipastikan bahwasanya pengaruh penggunaan variasi busi *multi ground* elektroda dapat digunakan pada sepeda motor lainnya. Saran kedua, untuk penelitian lanjutan, peneliti menyarankan untuk melakukan penelitian performa mesin sebagai tambahan variabel penelitian. Saran ketiga, untuk penelitian lanjutan, peneliti menyarankan menggunakan variasi busi lain dan variasi jenis bahan bakar karena dalam penelitian ini hanya menggunakan bahan bakar minyak jenis pertamax.

DAFTAR RUJUKAN

- [1] B. Amin dan F. Ismet, Teknologi Motor Bensin. Jakarta: Kencana, 2016.
- [2] H. Ibrahim, A. H. Sebayang, J. Sutrisno, dan B. Nurulita, "Perbandingan busi standar dan busi multi elektroda terhadap kinerja emisi gas buang pada mesin bensin," *Dinamika Teknik Mesin*, vol. 10, no. 2, hlm. 144–151, 2020.
- [3] Wahyu Hidayat, *Motor Bensin Modern*. Jakarta: RINEKA CIPTA, 2012.
- [4] Nasrullah, H & Pambudi, A "Pembuatan dan Pengujian Trainer Aliran Bahan Bakar Sistem Injeksi pada Sepeda Motor Honda Beat FI," *Journal of Automotive Engineering and Vocational Education*, vol. 1, no. 1, hlm. 49–58, 2020.
- [5] Amir, A & Muhammad Nofriansyah, "UJI PERFORMA SEPEDA MOTOR SPORT SISTEM PROGRAMMED FUEL INJECTION (PGM-FI) SATU SILINDER 150 CC MENGGUNAKAN BAHAN BAKAR BENSIN RON 92," *Jurnal Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Tangerang*, vol. 3, no. 2, 2019.
- [6] Ishadhol Almanda dan Andrizar, "Pengaruh Penggunaan Variasi Busi dan Bahan Bakar Pada Sepeda Motor Matic 110 CC Terhadap Torsi dan Daya," *Journal of Automotive Engineering and Vocational Education*, vol. 2, no. 2, hlm. 113–122, 2021.
- [7] Djoko Wahyudi, Dani Hari Tunggal Prasetyo, dan Alief Muhammad, "Pengaruh Bahan Bakar dan Busi terhadap Jarak Tempuh," *Jurnal Kajian Ilmiah dan Teknologi Teknik Mesin*, vol. 6, no. 1, hlm. 5–9, 2021.
- [8] Khoirul Wasik, "Analisa torsi motor bakar 4 langkah berbahan bakar LPG pada variasi jarak celah elektroda busi," *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Teknik Mesin Universitas Jember*, vol. 1, no. 1, hlm. 100–103, 2018.
- [9] Jalius Jama dan Wagino, *Teknik Sepeda Motor Jilid 2*. Jakarta: Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan, 2008.
- [10] Wawan Trisnadi Putra, Sudarno, dan Yoyok Winardi, "Pengaruh Jenis Busi Terhadap Konsumsi Bahan Bakar Dan Emisi Gas Buang Pada Sepeda Motor Honda Revo Fit 110 cc," *Jurnal Teknik Mesin Univ. Muhammadiyah Metro*, vol. 5, no. 2, 2016.
- [11] Joko Sriyanto, "Pengaruh Tipe Busi Terhadap Emisi Gas Buang Sepeda Motor," *Automotive Experiences*, vol. 1, no. 3, 2018.
- [12] M. Sadly Firmansyah, Wawan Purwanto, Hasan Maksun, Ahmad Arif, dan M. Yasep Setiawan, "Analisis Emisi Gas Buang (CO, CO₂ dan HC) pada Sepeda Motor FI dengan

Variasi Saat Pengapian, Saat Penginjeksian dan Jenis Bahan Bakar,” Jurnal Teknologi dan Pendidikan Vokasi Indonesia, vol. 1, no. 2, hlm. 145–158, 2023.

- [13] Adriansyah. Prasetyo dan Rifdarmon, “Analisis Variasi Penggunaan Busi Pada Sepeda Motor Yamaha Vixion Tahun 2015 Terhadap Daya, Torsi dan Emisi Gas Buang,” *Journal of Automotive Engineering and Vocational Education*, vol. 1, no. 1, hlm. 31–38, 2020.
- [14] Daryanto, *Dasar - Dasar Teknik Mobil*. Jakarta: Bumi Aksara, 2003.
- [15] Sugiyono, *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif, dan R&D*. Bandung: Alfabeta, 2017.