

ANALISIS VARIASI *HOLE* INJEKTOR DAN BAHAN BAKAR TERHADAP PERFORMA DAN EMISI GAS BUANG PADA SEPEDA MOTOR MATIC 4 TAK 110 CC

Robianto¹, Sena Mahendra², Fahmy Fatra³

¹Pendidikan Vokasional Teknik Mesin Otomotif
Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas IVET
E-mail: yantorobi92@gmail.com

²Pendidikan Vokasional Teknik Mesin Otomotif
Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas IVET
E-mail: sena.mahendra@yahoo.com

³Pendidikan Vokasional Teknik Mesin Otomotif
Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas IVET
E-mail: fahtrafahmi@gmail.com

ABSTRAK

Tujuan Penelitian ini adalah (1) Mengetahui pengaruh variasi *Hole* Injektor dan jenis bahan bakar terhadap performa sepeda motor *matic* Beat FI 4 tak 110 cc yang meliputi torsi, daya dan konsumsi bahan bakar spesifik, (2) Mengetahui pengaruh variasi *Hole* Injektor dan jenis bahan bakar terhadap emisi gas buang sepeda motor *matic* Beat FI 4 tak 110 cc.

Penelitian ini menggunakan pendekatan penelitian Kuantitatif jenis Eksperimen untuk mengungkap berbagai informasi yang ada tentang efektifitas penggunaan variasi *Hole* Injektor dan bahan bakar terhadap performa mesin dan emisi gas buang pada sepeda motor *matic* 4 tak 110 cc. Penelitian ini dilaksanakan di Bengkel Laboratorium PVTMO Universitas IVET Semarang dan di Bengkel TBSM SMK Bina Utama Kendal. Sampel yang digunakan pada penelitian ini adalah sepeda motor Beat FI 110 cc di pengaruhi oleh tiga variasi *Hole* Injektor dan dua jenis bahan bakar.

Hasil penelitian : (1) (a) Pada pengujian torsi menghasilkan torsi tertinggi menggunakan Injektor 6 *Hole* bawaan pabrik dengan bahan bakar pertalite pada 1500 Rpm, Injektor 6 *Hole* bawaan pabrik dengan bahan bakar pertamax menurunkan torsi sebesar 0,4%, Injektor 8 *Hole* dengan bahan bakar pertalite menurunkan torsi sebesar 0,07%, Injektor 8 *Hole* dengan bahan bakar pertamax menurunkan torsi sebesar 0,4%, Injektor 10 *Hole* dengan bahan bakar pertalite menurunkan torsi sebesar 0,7%, dan Injektor 10 *Hole* dengan bahan bakar pertamax menurunkan torsi sebesar 0,5%, (b) Pengujian daya menghasilkan daya tertinggi menggunakan Injektor 6 *Hole* bawaan pabrik dengan bahan bakar pertalite pada 4000 Rpm, Injektor 6 *Hole* bawaan pabrik dengan bahan bakar pertamax menurunkan daya sebesar 0,38%, Injektor 8 *Hole* dengan bahan bakar pertalite menurunkan daya sebesar 0,3%, Injektor 8 *Hole* dengan bahan bakar pertamax menurunkan daya sebesar 0,55%, Injektor 10 *Hole* dengan bahan bakar pertalite menurunkan daya sebesar 0,77%, dan Injektor 10 *Hole* dengan bahan bakar pertamax menurunkan daya sebesar 0,6%, (c) Pengujian konsumsi bahan bakar spesifik (SFC) menghasilkan SFC rata-rata tertinggi menggunakan Injektor 6 *Hole* bawaan pabrik dengan bahan bakar pertalite pada 1500 Rpm, Injektor 6 *Hole* bawaan pabrik dengan bahan bakar pertamax menaikkan SFC rata-rata sebesar 0,4%, Injektor 8 *Hole* dengan bahan bakar pertalite menaikkan SFC rata-rata sebesar 0,7%, Injektor 8 *Hole* dengan bahan bakar pertamax menaikkan SFC rata-rata sebesar 1,8%, Injektor 10 *Hole* dengan bahan bakar pertalite menaikkan SFC rata-rata sebesar 15%, dan Injektor 10 *Hole* dengan bahan bakar pertamax menaikkan SFC rata-rata sebesar 6,6%, (2) Pada pengujian emisi gas buang pada 1500 Rpm menghasilkan gas CO terbaik menggunakan Injektor 6 *Hole* bawaan pabrik dengan bahan bakar pertamax menurunkan CO sebesar 0,23%. Gas HC terbaik menggunakan Injektor 6 *Hole* bawaan pabrik dengan bahan bakar pertamax menurunkan HC sebesar 1%. Gas CO₂ terbaik menggunakan Injektor 6 *Hole* bawaan pabrik dengan bahan bakar pertamax menaikkan CO₂ sebesar 0,13%. Gas O₂ terbaik menggunakan Injektor 6 *Hole* bawaan pabrik dengan bahan bakar pertamax menaikkan O₂ sebesar 0,2%. Hasil pengujian menunjukkan semua hasil emisi gas buang masih dibawah ambang batas nilai emisi gas buang yang telah ditentukan oleh pemerintah.

Kata Kunci: Variasi *Hole* Injektor, Bahan Bakar, Performa Mesin dan Emisi Gas Buang.

ABSTRACT

The objectives of this research are (1) Knowing the effect of Hole Injector variations and fuel types on the performance of the Beat FI 4 stroke 110 cc automatic motorcycle which includes torque, power and specific fuel consumption, (2) Knowing the effect of Hole Injector variations and types of fuel on exhaust gas emissions of Beat FI 4 stroke 110 cc motorcycles.

This study uses a quantitative research approach of experimental type to reveal the various available information about the effectiveness of the use of variations of Hole Injectors and fuel on engine performance and exhaust emissions on 4 stroke 110 cc automatic motorcycles. This research was carried out at the PVTMO Laboratory Workshop at IVET University Semarang and at the TBSM Workshop at SMK Bina Utama Kendal. The sample used in this study was a Beat FI 110 cc motorcycle influenced by three variations of the Hole Injector and two types of fuel.

Research results: (1) (a) In the torque test it produces the highest torque using the factory default 6 Hole Injector with pertalite fuel at 1500 Rpm, the factory default 6 Hole Injector with Pertamina fuel reduces torque by 0.4%, 8 Hole Injector with pertalite fuel reduces torque by 0.07 %, 8 Hole Injector with Pertamina fuel reduced torque by 0.4%, 10 Hole Injector with Pertalite fuel reduced torque by 0.7%, and 10 Hole Injector with Pertamina fuel reduced torque by 0.5%, (b) The power test produces the highest power using the factory default 6 Hole Injector with pertalite fuel at 4000 Rpm, the factory default 6 Hole Injector with Pertamina fuel reduces power by 0.38%, 8 Hole Injector with pertalite fuel reduces power by 0.3% , 8 Hole Injector with Pertamina fuel reduced power by 0.55%, 10 Hole Injector with pertalite fuel reduced power by 0.77%, and 10 Hole Injector with Pertamina fuel reduced power by 0.6%, (c) Specific fuel consumption (SFC) testing resulted in the highest SFC using the factory default 6 Hole Injector with pertalite fuel at 1500 Rpm, the factory default 6 Hole Injector with Pertamina fuel increased SFC by 0.63%, 8 Hole Injector with pertalite fuel increased SFC by 0.12%, 8 Hole Injectors with Pertamina fuel increased SFC by 0.64%, 10 Hole Injectors with pertalite fuel increased SFC by 2.52%, and 10 Hole Injectors with Pertamina fuel increased SFC by 1, 11%, (2). In the exhaust emission test at 1500 Rpm, it produces the best CO gas using the factory default 6 Hole Injector with Pertamina fuel to reduce CO by 0.23%. The best HC gas uses the factory default 6 Hole Injector with Pertamina fuel to reduce HC by 1%. The best CO₂ gas uses the factory default 6 Hole Injector with Pertamina fuel to increase CO₂ by 0.13%. The best O₂ gas uses the factory default 6 Hole Injector with Pertamina fuel to increase O₂ by 0.2%. The test results show that all exhaust gas emission results are still below the threshold value of exhaust emissions that have been determined by the government.

Keywords: Hole Injector Variations, Fuel, Engine Performance and Exhaust Emissions

PENDAHULUAN

Sepeda motor yang paling banyak digunakan dan diminati masyarakat Indonesia saat ini pada umumnya adalah sepeda motor 4 tak dibandingkan sepeda motor 2 tak. Hal ini disebabkan karena sepeda motor 2 tak menghasilkan emisi gas buang yang lebih banyak dibandingkan sepeda motor 4 tak yang sangat berdampak buruk bagi lingkungan, selain itu sepeda motor 4 tak menghasilkan daya dan torsi yang lebih besar dibandingkan dengan sepeda motor 2 tak. Sehingga performa yang didapatkan lebih baik dan lebih ramah lingkungan dikarenakan terjadinya pembakaran yang sempurna diruang bakar pada sepeda motor 4 tak, selain itu konsumsi bahan bakar yang dibutuhkan

lebih hemat. Jenis sepeda motor 4 tak di Indonesia ada 3 jenis yaitu bebek, *sport*, dan *matic*, namun saat ini yang paling banyak digunakan dan diminati masyarakat Indonesia dilihat dari angka penjualannya yaitu sepeda motor jenis *matic* 4 tak. Menurut Joni Lono Mulia, editor otomotifnet.com, "Angka penjualan sepeda motor skala nasional ternyata didominasi motor *matic*, sebagaimana informasi yang dihimpun dari Asosiasi Industri Sepeda motor Indonesia (AISI) dari 10 besar terlaris penjualannya didominasi oleh jenis motor *matic* alias skuter *matic* (skutic)" (OTOMOTIFNET.COM, 2018). Ketiga jenis motor tersebut mempunyai kelebihan dan kekurangannya masing-masing.

Kekurangan dari sepeda motor *matic* yaitu kurang responsifnya performa mesin saat melaju maupun saat akselerasi dibandingkan dengan sepeda motor jenis bebek dan *sport* dengan volume langkah mesin yang sama. Melihat beragamnya kendaraan saat ini, banyak perusahaan otomotif berinovasi dalam pembuatan teknologi untuk meningkatkan kualitas performa mesin dan mengurangi dampak negatif dari penggunaan mesin kendaraan. Peningkatan kendaraan ramah lingkungan mulai diterapkan pada kendaraan alat transportasi. Selain ramah lingkungan, juga dikembangkan teknologi kendaraan dengan konsumsi bahan bakar yang hemat guna memperoleh daya yang optimal.

Nilai performa mesin yang dihasilkan oleh motor *matic* lebih rendah apabila dibandingkan dengan motor bebek maupun *sport* pada kondisi volume silinder yang sama. Peningkatan performa motor dapat dilakukan dengan memperbesar perbandingan kompresi, pencampuran bahan bakar yang tepat, dan memperbaiki efisiensi volumetrik nya. Memperbesar perbandingan kompresi akan meningkatkan angka kompresi dan tekanan pembakaran. Besarnya perbandingan kompresi pada motor bensin tidak boleh terlalu tinggi untuk menghindari terjadinya detonasi. Secara kimia dibutuhkan rasio udara dan bahan bakar yang tepat untuk berlangsungnya pembakaran yang sempurna. Pembakaran yang sempurna dapat terjadi bila perbandingan antara campuran bahan bakar dan udara masih dalam batas yang ditentukan menurut kondisi tertentu. Pembakaran sempurna membutuhkan campuran udara dan bahan bakar yang ideal, yaitu 1:14,8 (Tim Teknologi Otomotif., 2018: 85).

Perbandingan campuran udara dan bahan bakar yang ideal ini disebut rasio *stoikiometri*.

Saat ini produsen kendaraan mulai menggunakan teknologi yang mampu memberikan tenaga mesin yang optimal, efisiensi bahan bakar dan emisi gas buang yang ramah terhadap lingkungan. Sistem ini bekerja dengan merubah sistem pemasukan bahan bakar kedalam ruang bakar, yang sebelumnya menggunakan karburator digantikan dengan sistem injeksi bahan bakar secara elektrik (Prihartono, J., 2020: 10). Sistem bahan bakar tipe karburator dianggap kurang efisien, karena perbandingan campuran bahan bakar dan udara yang kurang akurat, sehingga berdampak pada emisi gas buang yang besar, oleh karena itu seiring dengan perkembangan teknologi sistem bahan bakar ini mulai berganti dengan sistem bahan bakar injeksi atau lebih dikenal dengan istilah EFI (*Electronic Fuel Injection*). Dalam sistem kerjanya sistem EFI dikontrol secara elektronik agar didapat campuran bahan bakar & udara yang selalu sesuai dengan kebutuhan mesin, sehingga menghasilkan daya yang optimal dan lebih ramah lingkungan. Pada kendaraan – kendaraan yang menggunakan sistem EFI jumlah pengabutan bahan bakar yang disemburkan oleh injector sangat berpengaruh terhadap efisiensi serta emisinya, jumlah bahan bakar yang dikeluarkan oleh injektor dalam satuan cc/menit (*injector flow rate*) tentu akan mempunyai efek terhadap efisiensi dan emisi pada mesin. Jika campuran udara dan bahan bakar ideal maka pembakaran di dalam ruang bakar dapat terjadi secara sempurna, sehingga menghasilkan performa mesin yang lebih optimal.

Modifikasi adalah salah satu cara untuk meningkatkan performa mesin yang tadinya kurang bertenaga menjadi lebih bertenaga. Untuk menghasilkan sepeda motor dengan performa tinggi yang dapat dicapai banyak cara, salah satunya yang paling penting adalah melakukan modifikasi pada mesin (Susilo, J., 2017: 139). Modifikasi meningkatkan performa sepeda motor juga relatif mudah dilakukan dengan beberapa penyempurnaan. Penyempurnaan dapat dilakukan dengan memodifikasi beberapa bagian atau sistemnya, sehingga peningkatan kinerja sepeda motor sudah dapat dirasakan hasilnya. Misalnya penggantian komponen seperti Injektor. Menurut Cornelia, editor kitfolio.com, “Tenaga pada motor *matic injection* bisa ditambah dengan melakukan penggantian injektor serta ECU. Mengganti Injektor dan ECU merupakan cara yang lebih aman dibandingkan cara *bore up* karena konstruksi mesin masih mengikuti standard pabrik. Power motor setidaknya dapat bertambah hingga 20% dengan melakukan penggantian Injektor dan ECU. Caranya adalah dengan merubah settingan AFR (*Air Fuel Ratio*) dari standard pabrik yaitu 14: 5 menjadi 13: 5 agar lebih basah. Bahan bakar yang disuplai ke ruang bakar dapat diatur agar lebih banyak dengan cara menggunakan Injektor SRP 135cc dengan titik 6 port. Agar performa motor serta setelan percikan api yang dihasilkan dapat dibuat agar lebih sempurna melalui penggantian ECU dengan ECU racing RC mini plus dengan 8 map” (KITFOLIO.COM, 2020). Banyak penelitian dilakukan untuk meningkatkan performa sepeda motor injeksi. Salah satunya adalah dengan menambahkan alat-alat tambahan tanpa harus merubah konstruksi mesin yang

sudah ada ataupun mengganti beberapa komponen mesin itu sendiri sesuai kebutuhan. Atas dasar uraian permasalahan diatas maka dilakukan penelitian yang berjudul **“ANALISIS VARIASI HOLE INJEKTOR DAN BAHAN BAKAR TERHADAP PERFORMA DAN EMISI GAS BUANG PADA SEPEDA MOTOR MATIC 4 TAK 110 CC”**.

Rumusan masalah pada penelitian ini adalah, (1) Bagaimana pengaruh variasi *Hole* Injektor dan jenis bahan bakar terhadap performa sepeda motor *matic* Beat FI 4 tak 110 cc yang meliputi torsi, daya dan konsumsi bahan bakar spesifik, (2) Bagaimana pengaruh variasi *Hole* Injektor dan jenis bahan bakar terhadap emisi gas buang sepeda motor *matic* Beat FI 4 tak 110 cc. Tujuan penelitian ini adalah, (1) Untuk menganalisis pengaruh variasi *Hole* Injektor dan jenis bahan bakar terhadap performa sepeda motor *matic* Beat FI 4 tak 110 cc yang meliputi torsi, daya dan konsumsi bahan bakar spesifik, (2) Untuk menganalisis pengaruh variasi *Hole* Injektor dan jenis bahan bakar terhadap emisi gas buang sepeda motor *matic* Beat FI 4 tak 110 cc. Manfaat penelitian ini adalah, (1) Manfaat teoritis, (a) Mengetahui pengaruh pemakaian injektor dan bahan bakar yang tepat terhadap torsi, daya, dan pemakaian bahan bakar spesifik sepeda motor *matic* Beat FI 4 tak 110 cc, (b) Menambah pengetahuan tentang memodifikasi sepeda motor *matic* terutama penggantian injektor dan pemakaian bahan bakar yang tepat dapat berpengaruh terhadap performa dan emisi gas buang sepeda motor, (c) Sebagai referensi bagi perkembangan penelitian yang sejenis di masa yang akan datang, (2)

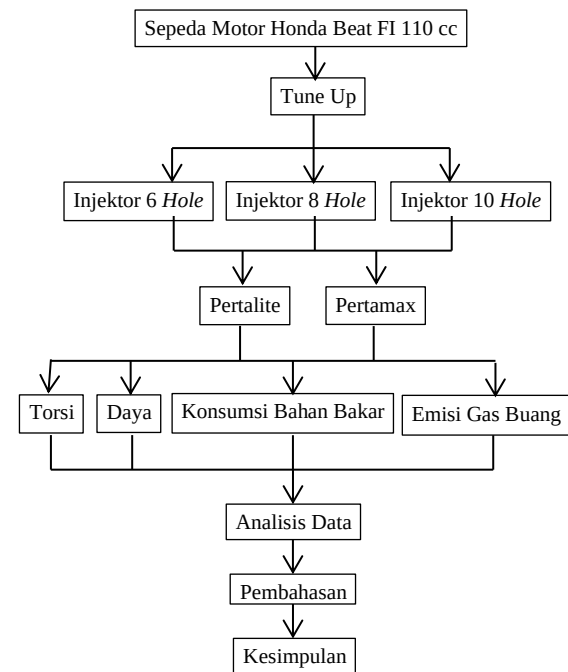
Manfaat praktis, (a) Memberikan informasi kepada semua pengguna sepeda motor bahwa memodifikasi sepeda motor terutama penggantian injektor dan pemakaian bahan bakar yang tepat dapat menambah performa sepeda motor tersebut, (b) Memberikan pengetahuan kepada masyarakat bahwa penggunaan injektor dan pemakaian bahan bakar yang tepat dapat meminimalisir konsumsi bahan bakar dan emisi gas buang karena pembakaran di dalam mesin lebih sempurna.

METODE PENELITIAN

Pada penelitian ini pendekatan penelitian yang digunakan adalah Kuantitatif jenis Eksperimen, diharapkan penelitian ini dapat mengungkap berbagai informasi yang ada tentang efektivitas penggunaan variasi *hole* injektor dan bahan bakar terhadap performa mesin dan emisi gas buang pada sepeda motor *matic* 4 tak 110 cc. Definisi lain menyatakan bahwa penelitian eksperimen adalah penelitian yang dilakukan terhadap variabel yang data-datanya belum ada sehingga perlu dilakukan proses manipulasi melalui pemberian treatment / perlakuan tertentu terhadap subjek penelitian yang kemudian diamati / diukur dampaknya (data yang akan datang). Penelitian eksperimen juga merupakan penelitian yang dilakukan secara sengaja oleh peneliti dengan cara memberikan treatment / perlakuan tertentu terhadap subjek penelitian guna membangkitkan sesuatu kejadian / keadaan yang akan diteliti bagaimana akibatnya (Jaedun, A., 2011: 5). Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui “Analisis Variasi *Hole* Injektor dan Bahan Bakar Terhadap

Performa dan Emisi Gas Buang Sepeda Motor *Matic* 4 Tak 110 cc”.

Penelitian ini dilaksanakan di Bengkel Laboratorium PVTMO Universitas IVET Semarang dan di Bengkel TBSM SMK Bina Utama Kendal. Penelitian ini dilakukan dalam kurun waktu kurang lebih 5 bulan.



Gambar 1. Diagram Rancangan Eksperimen

Teknik pengumpulan data yang digunakan adalah deskriptif, yaitu dengan mengambil data langsung dari lapangan saat melakukan pengujian. Peneliti hanya mencari pengaruh antara variabel X_1 , yaitu Variasi *Hole* Injektor dan variabel X_2 , yaitu Variasi Bahan Bakar terhadap variabel Y_1 , yaitu Performa dan variabel Y_2 , yaitu Emisi Gas Buang. Variabel adalah gejala atau fakta (data) yang harganya berubah-ubah atau bervariasi (Jaedun, A., 2011: 7).

Subjek dalam penelitian ini mengambil data dari sepeda motor *matic* Honda Beat FI 110 CC. Subjek penelitian akan diberikan perlakuan yang sama yaitu dengan menguji performa mesin dan emisi gas buang terhadap tiga variasi *hole*

injektor dan dua variasi bahan bakar. Pengujian performa mesin meliputi pengujian torsi dan daya menggunakan alat *dynotest* terhadap tiga variasi *hole* injektor dan dua variasi bahan bakar, menguji konsumsi bahan bakar mesin dengan bahan bakar 10 ml terhadap tiga variasi *hole* injektor dan dua variasi bahan bakar. Pengujian emisi gas buang yang dihasilkan meliputi CO, HC, CO₂ dan O₂ menggunakan alat *gas analyzer* terhadap tiga variasi *hole* injektor dan dua variasi bahan bakar.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pembahasan dalam penelitian ini adalah pengujian performa mesin dan emisi gas buang pada sepeda motor *matic* 4 tak 110 cc terhadap tiga variasi *hole* injektor dan dua variasi bahan bakar yang terjadi perbedaan pada rentang RPM 1500, 2000, 2500, 3000, 3500 dan 4000. Berikut ini adalah hasil analisis pada pengujian performa mesin dan emisi gas buang pada sepeda motor *matic* 4 tak 110 cc.

Tabel 1. Data Hasil Torsi (Nm) Rata-rata

RP M Roll er	Injektor 6 Hole		Injektor 8 Hole		Injektor 10 Hole	
	Perta lite	Perta max	Perta lite	Perta max	Perta lite	Perta max
1500	8,52	5,14	7,95	5,09	2,70	4,41
2000	8,02	4,87	7,14	4,65	2,44	3,95
2500	7,55	4,61	6,37	4,09	2,14	3,50
3000	7,03	4,29	5,44	3,51	1,81	2,95
3500	6,47	3,99	4,32	2,78	1,39	2,29
4000	5,87	3,65	2,56	1,76	0,75	1,29

9

Tabel 2. Data Hasil Horsepower (Hp) Rata-rata

RP M Roll er	Injektor 6 Hole		Injektor 8 Hole		Injektor 10 Hole	
	Perta lite	Perta max	Perta lite	Perta max	Perta lite	Perta max
1500	0,32	0,19	0,29	0,19	0,10	0,16
	6	4	9	8	34	5
2000	0,41	0,24	0,36	0,23	0,12	0,20

	3	7	6	5	4	1
2500	0,47	0,28	0,40	0,26	0,13	0,22
	9	9	2	1	6	0
3000	0,53	0,32	0,41	0,26	0,13	0,22
	4	7	2	6	7	3
3500	0,57	0,35	0,38	0,24	0,12	0,20
	3	3	1	6	3	3
4000	0,59	0,36	0,25	0,17	0,07	0,13
	3	8	9	9	67	0

Berdasarkan pengujian performa pada mesin 4 tak 110cc terhadap tiga variasi *hole* injektor dan dua variasi bahan bakar diperoleh hasil pengujian dari torsi dan daya mesin. Karakteristik unjuk kerja suatu motor bakar torak dinyatakan dalam beberapa parameter diantaranya adalah laju konsumsi bahan bakar, konsumsi bahan bakar spesifik, daya dan torsi (Ramdani, S., 2015: 29). Pengujian torsi dan daya mesin menggunakan *dynotest*, prinsip kerja alat ini adalah dengan memberi beban yang berlawanan terhadap arah putaran sampai mendekati nol rpm, beban maksimum yang terbaca adalah gaya pengereman yang besarnya sama dengan gaya putar poros mesin (Raharjo, W.D. & Karnowo, 2008: 98-99). *Dynotest* dapat mengetahui kekuatan yang dihasilkan oleh mesin sepeda motor dengan hasil yang berupa torsi per rpm dan *output power* per rpm, (a) Berdasarkan hasil yang diperoleh pada pengujian torsi yang dihasilkan mesin sangatlah berbeda yaitu ketika menggunakan injektor 6 *hole* bawaan pabrik maupun dengan variasi injektor 8 *hole* dan injektor 10 *hole* yang di variasi dengan bahan bakar pertalite dan pertamax. Torsi adalah ukuran kemampuan mesin untuk melakukan kerja (Raharjo, W.D. & Karnowo, 2008: 98). Torsi atau momen putar motor adalah hasil kali gaya yang lebih (daya motor) dengan panjang lengan torak. Seperti yang ditunjukkan pada tabel 1 data hasil torsi, semakin tinggi rpm atau rpm ditambah

maka torsi yang dihasilkan mesin semakin kecil, dan merupakan efek dari variasi putaran mesin, jenis bahan bakar yang memiliki angka oktan yang berbeda dan penggunaan *hole* injektor yang mempengaruhi besarnya torsi yang dihasilkan mesin. Hal tersebut bisa dibuktikan berdasarkan tabel dan grafik perbandingan torsi vs rpm hasil torsi yang dihasilkan pada putaran mesin 1500-4000 rpm. Proses pembakaran setiap macam bahan bakar selalu membutuhkan sejumlah udara tertentu agar bahan bakar tadi dapat terbakar sempurna. Soenarta, N. & S. Furuhamu (dalam Alam, A.P., 2019: 16). Berdasarkan pada penelitian penggunaan injektor 6 *hole* bawaan pabrik dengan bahan bakar pertalite menghasilkan torsi yang paling tinggi dibandingkan dari penggunaan injektor 6 *hole* bawaan pabrik dengan bahan bakar pertamax, maupun pada penggunaan variasi injektor 8 *hole* dan injektor 10 *hole* yang di variasi dengan bahan bakar pertalite dan pertamax yaitu sebesar 8,52 Nm pada putaran mesin 1500 rpm. Hal tersebut disebabkan karena penggunaan variasi *hole* injektor dan variasi bahan bakar atau angka oktan bahan bakar yang berbeda, dimana injektor 6 *hole* bawaan pabrik dengan bahan bakar pertalite mampu menghasilkan torsi paling tinggi. Hal ini terjadi karena jumlah bahan bakar yang dihasilkan pada penggunaan injektor 6 *hole* bawaan pabrik dengan bahan bakar pertalite sesuai dengan jumlah udara yang masuk sehingga bahan bakar dapat terbakar sempurna, (b) Berdasarkan hasil yang diperoleh pada pengujian daya yang dihasilkan mesin sangatlah berbeda yaitu ketika menggunakan injektor 6 *hole* bawaan pabrik maupun dengan variasi injektor 8 *hole* dan injektor 10 *hole* yang di variasi dengan bahan bakar pertalite dan

pertamax. Daya adalah besarnya kerja motor tersebut selama waktu tertentu atau hasil dari usaha dibagi dengan kurun waktu tertentu. Arends, B.P.M. & H. Berenschot (dalam Alam, A.P., 2019: 20). Besar atau kecilnya daya yang dihasilkan sangat berpengaruh pada variasi putaran mesin, jenis bahan bakar yang memiliki angka oktan bahan yang berbeda dan penggunaan *hole* injektor yang mempengaruhi besarnya daya yang dihasilkan mesin. Hal tersebut bisa dibuktikan berdasarkan tabel 2 data hasil daya yang dihasilkan pada putaran mesin 1500-4000 rpm. Secara kimia dibutuhkan rasio udara dan bahan bakar yang tepat untuk berlangsungnya pembakaran yang sempurna. Pembakaran sempurna membutuhkan campuran udara dan bahan bakar yang ideal, yaitu 1:14,8 (Tim Teknologi Otomotif., 2018: 85). Berdasarkan pada penelitian penggunaan injektor 6 *hole* bawaan pabrik dengan bahan bakar pertalite menghasilkan daya yang paling tinggi dibandingkan dari penggunaan injektor 6 *hole* bawaan pabrik dengan bahan bakar pertamax, maupun pada penggunaan variasi injektor 8 *hole* dan injektor 10 *hole* yang di variasi dengan bahan bakar pertalite dan pertamax yaitu sebesar 0,593 Hp pada putaran mesin 4000 rpm. Hal tersebut disebabkan karena penggunaan variasi *hole* injektor dan variasi bahan bakar atau angka oktan bahan bakar yang berbeda, dimana injektor 6 *hole* bawaan pabrik dengan bahan bakar pertalite mampu menghasilkan daya paling tinggi. Hal ini terjadi karena pada penggunaan injektor 6 *hole* bawaan pabrik dengan bahan bakar pertalite menghasilkan pembakaran yang sempurna. Jika campuran udara dan bahan bakar ideal maka pembakaran di dalam ruang bakar

dapat terjadi secara sempurna, sehingga menghasilkan performa mesin yang lebih optimal. Model semprotan juga mempengaruhi idealnya campuran udara dan bahan bakar, dilihat dari bentuk, jumlah *hole* dan kapasitas pada sebuah injektor masing-masing berbeda. Untuk injektor 6 *hole* bawaan pabrik memiliki bentuk melingkar kecil yang lebih terpusat dengan jumlah 6 lubang kecil dan jarak dari masing-masing lubang yang rapat dengan kapasitas 64 cc/menit. Pada injektor 8 *hole* memiliki bentuk dua garis melengkung dengan jumlah 8 lubang kecil dan jarak dari 4 lubang ke 4 lubang yang renggang dengan kapasitas 100 cc/menit. Sedangkan untuk injektor 10 *hole* memiliki bentuk melingkar besar yang lebih melebar dengan jumlah 10 lubang yang lebih besar dan jarak dari masing-masing lubang yang renggang dengan kapasitas 160 cc/menit. Hal tersebut mempengaruhi proses pencampuran dan penguapan dari semprotan bahan bakar. Untuk mencapai penguapan dan pencampuran yang cepat dalam mesin pengapian percikan (*SI*) injeksi langsung, strategi yang paling banyak diadopsi adalah injeksi tekanan tinggi yang menghasilkan tetesan yang sangat halus dan dengan demikian memungkinkan bahan bakar cair untuk menguap dalam puluhan derajat sudut engkol (Huang, Y. & G. Hong, 2016: 339). Semakin halus tetesan bahan bakar yang dihasilkan sebuah injektor memungkinkan bahan bakar untuk menguap dan bercampur lebih cepat.

Tabel 3. Data Bahan Bakar Spesifik / SFC
(Kg/Hp.jam)

RP M Mesin	Injektor 6 <i>Hole</i>		Injektor 8 <i>Hole</i>		Injektor 10 <i>Hole</i>	
	Perta	Perta	Perta	Perta	Perta	Perta

	lite	max	lite	max	lite	max
1500	0,19 9	0,30 2	0,24 4	0,33 8	0,78 3	0,47 3
2000	0,18 2	0,29 6	0,28 1	0,43	1,44 4	0,81 1
2500	0,28 8	0,28 6	0,42	0,44 4	1,57 7	0,87 3
3000	0,25 3	0,3	0,48 8	0,56 9	2,76 6	1,44 4
3500	0,21 1	0,36 8	0,53 5	0,82 9	4,98 4	2,35
4000	0,24 1	0,38 9	0,41 7	1,28 5	10,4 82	4,5
Rata-rata	0,22 9	0,32 35	0,39 75	0,64 92	3,67 3	1,74 2

Konsumsi bahan bakar adalah jumlah bahan bakar per waktu untuk menghasilkan daya sebesar 1 Hp. Jadi konsumsi bahan bakar adalah ukuran ekonomi pemakaian bahan bakar (Raharjo, W.D. & Karnowo, 2010: 115). Untuk konsumsi bahan bakar hanya volume bahan bakar per satuan waktu (Kg/jam). Berikut ini adalah pembahasan hasil pengujian laju konsumsi bahan bakar dan konsumsi bahan bakar spesifik pada mesin 4 tak 110cc terhadap tiga variasi *hole* injektor dan dua variasi bahan bakar. Jumlah bahan bakar yang diinjeksikan tergantung dari tekanan bahan bakar, besar lubang injektor dan lama injektor membuka (Solikhin, M., 2011: 20). ECU menyelesaikan waktu bukaan injektor bahan bakar dengan kondisi operasi yang berubah dan memasok daya ke injektor selama periode waktu yang dihitung (Tim Teknologi Otomotif., 2018: 92). Berdasarkan pada penelitian menggunakan injektor 10 *hole* dengan bahan bakar pertalite pada pengujian Sfc menghasilkan Sfc rata-rata yang paling tinggi dibandingkan dari penggunaan injektor 6 *hole* bawaan pabrik dengan bahan bakar pertalite ataupun pertamax, maupun pada penggunaan variasi injektor 8 *hole* dengan bahan bakar pertalite atau pertamax dan

injektor 10 *hole* dengan bahan bakar pertamax yaitu sebesar 3,673 Kg/Hp.jam. Hal tersebut disebabkan karena penggunaan variasi *hole* injektor dan variasi bahan bakar atau angka oktan bahan bakar yang berbeda, dimana injektor 10 *hole* dengan bahan bakar pertalite mampu menghasilkan Sfc rata-rata yang paling tinggi. Hal ini terjadi karena jumlah bahan bakar yang diinjeksikan pada penggunaan injektor 10 *hole* dengan bahan bakar pertalite paling tinggi dibandingkan dari penggunaan injektor 6 *hole* bawaan pabrik dengan bahan bakar pertalite ataupun pertamax, maupun variasi injektor 8 *hole* yang di variasi dengan bahan bakar pertalite atau pertamax dan injektor 10 *hole* dengan bahan bakar pertamax. Jumlah bahan bakar yang diinjeksikan tergantung dari tekanan bahan bakar, besar lubang injektor dan lama injektor membuka, ECU menyelesaikan waktu bukaan injektor bahan bakar dengan kondisi operasi yang berubah dan memasok daya ke injektor selama periode waktu yang dihitung. Oleh karena itu untuk penggunaan injektor dengan jumlah *hole* yang lebih banyak dan *hole* yang lebih besar perlu adanya penyesuaian waktu bukaan injektor yang diatur oleh ECU sehingga perlu dilakukan penggantian ECU racing yang sudah diatur ulang waktu bukaan injektor dan pengapiannya (*remapping*) sehingga dapat menyesuaikan dari kebutuhan bahan bakar yang masuk ke dalam ruang bakar. Pada kendaraan - kendaraan yang menggunakan sistem EFI jumlah pengabutan bahan bakar yang disemurkan oleh injektor sangat berpengaruh terhadap efisiensi serta emisinya, jumlah bahan bakar yang dikeluarkan oleh injektor dalam satuan cc/menit (*injektor flow rate*) tentu akan mempunyai efek terhadap efisiensi dan

emisi pada mesin (Prihartono, J., 2020: 10). Berdasarkan pada penelitian menggunakan injektor 6 *hole* bawaan pabrik dengan bahan bakar pertalite pada pengujian Sfc menghasilkan Sfc rata-rata yang paling rendah dibandingkan dari penggunaan injektor 6 *hole* bawaan pabrik dengan bahan bakar pertamax, maupun pada penggunaan variasi injektor 8 *hole* dan injektor 10 *hole* yang di variasi dengan bahan bakar pertalite dan pertamax yaitu sebesar 0,229 Kg/Hp.jam. Hal tersebut disebabkan karena penggunaan variasi *hole* injektor dan variasi bahan bakar atau angka oktan bahan bakar yang berbeda, dimana injektor 6 *hole* bawaan pabrik dengan bahan bakar pertalite mampu menghasilkan Sfc rata-rata yang paling rendah. Hal ini terjadi karena jumlah pengabutan bahan bakar yang disemurkan pada penggunaan injektor 6 *hole* bawaan pabrik dengan bahan bakar pertalite paling rendah dibandingkan dari penggunaan variasi injektor 8 *hole* dan injektor 10 *hole* yang di variasi dengan bahan bakar pertalite dan pertamax sehingga berpengaruh terhadap efisiensi pada mesin. Sfc merupakan indikator keefektifan dari suatu motor bakar dalam penggunaan / pemakaian atau konsumsi bahan bakar untuk menghasilkan daya motor. Semakin rendah Sfc maka dapat dikatakan bahwa semakin hemat konsumsi bahan bakar yang digunakan untuk menghasilkan daya mesin, tentu akan mempunyai efek yang baik terhadap efisiensi dan emisi pada mesin.

Tabel 4. Data Hasil Emisi Gas Buang

Pengujian	CO (%)	CO ₂ (%)	HC (ppm)	O ₂ (%)
Injektor 6 <i>Hole</i> Pertalite	0,13	3,9	85	20,90
Injektor 6 <i>Hole</i> Pertamax	0,10	4,4	0	25,00

Injektor 8 Hole Peralite	3,80	2,5	553	25,00
Injektor 8 Hole Pertamina	3,97	2,3	545	20,90
Injektor 10 Hole Peralite	3,66	1,9	1255	25,00
Injektor 10 Hole Pertamina	4,23	1,9	783	20,90

Berikut ini adalah pembahasan hasil pengujian emisi gas buang pada mesin 4 tak 110cc terhadap tiga variasi *hole* injektor dan dua variasi bahan bakar. Pengujian menggunakan *gas analyzer*, standar pengujian pada negara-negara yang standar emisinya tidak terlalu ketat seperti di Indonesia hanya mengukur 4 unsur gas buang yaitu CO, CO₂, HC dan O₂ (Purnomo, T.B., 2013: 20), (a) Hasil pengujian gas CO pada sepeda motor 4 tak 110cc dengan menggunakan injektor 6 *hole* bawaan pabrik dengan bahan bakar pertalite pada RPM 1500 sebesar 0,13%, sedangkan ketika menggunakan injektor 6 *hole* bawaan pabrik dengan bahan bakar pertamax pada RPM 1500 sebesar 0,10%, hal tersebut menunjukkan penurunan pada kandungan CO. Pada penggunaan injektor 8 *hole* dengan bahan bakar pertalite pada RPM 1500 menunjukkan hasil 3,80%, sedangkan ketika menggunakan injektor 8 *hole* dengan bahan bakar pertamax pada RPM 1500 menunjukkan hasil 3,97%, hal tersebut menunjukkan peningkatan pada kandungan CO. Pada penggunaan injektor 10 *hole* dengan bahan bakar pertalite pada RPM 1500 menunjukkan hasil 3,66%, sedangkan ketika menggunakan injektor 10 *hole* dengan bahan bakar pertamax pada RPM 1500 menunjukkan hasil 4,23%, hal tersebut menunjukkan peningkatan pada kandungan CO. Emisi CO yang diizinkan oleh pemerintah maksimal 4,5%. Berdasarkan hasil pengujian maka emisi gas buang masih di bawah nilai ambang

batas yang telah ditentukan oleh pemerintah. Gas CO dihasilkan dari pembakaran yang tidak sempurna, hal ini dapat disebabkan oleh campuran gas yang kurang ideal atau waktu proses pembakaran yang sangat singkat. Taiwo, A. & T.B. Onifade (dalam Ardiyanta, A.S., 2020). Berdasarkan penelitian pada penggunaan injektor 10 *hole* dengan bahan bakar pertamax menunjukkan hasil CO tertinggi yaitu 4,23%, hal tersebut terjadi karena pembakaran yang tidak sempurna yang disebabkan oleh campuran yang terlalu kaya atau proses pembakaran yang terlalu singkat atau keterlambatan pembakaran (*ignition delay*) yang berkaitan dengan waktu pengapian yang diatur ECU. Bahan bakar yang memiliki angka oktan tinggi cenderung terhindar dari ledakan. Teoh, Y.H., *et al* (dalam Ardiyanta, A.S., 2020: 439). Berdasarkan penelitian pada penggunaan injektor 6 *hole* bawaan pabrik dengan bahan bakar pertamax (92) menunjukkan hasil CO terendah yaitu 0,10%, sedangkan ketika menggunakan injektor yang sama dengan bahan bakar pertalite (90) menunjukkan hasil CO yaitu 0,13%, hal ini menunjukkan peningkatan gas CO dari jenis bahan bakar yang berbeda dengan angka oktan yang lebih rendah. Hal tersebut membuktikan bahwa bahan bakar yang memiliki angka oktan tinggi akan terbakar sempurna dan terhindar dari ledakan, sehingga emisi gas buang CO lebih rendah, (b) Hasil pengujian gas CO₂ pada sepeda motor tak 110cc dengan menggunakan injektor 6 *hole* bawaan pabrik dengan bahan bakar pertalite pada RPM 1500 sebesar 3,9%, sedangkan ketika menggunakan injektor 6 *hole* bawaan pabrik dengan bahan bakar pertamax pada RPM 1500 sebesar 4,4%, hal tersebut

menunjukkan peningkatan pada kandungan CO₂. Pada penggunaan injektor 8 *hole* dengan bahan bakar pertalite pada RPM 1500 menunjukkan hasil 2,5%, sedangkan ketika menggunakan injektor 8 *hole* dengan bahan bakar pertamax pada RPM 1500 menunjukkan hasil 2,3%, hal tersebut menunjukkan penurunan pada kandungan CO₂. Pada penggunaan injektor 10 *hole* dengan bahan bakar pertalite pada RPM 1500 menunjukkan hasil 1,9%, sedangkan ketika menggunakan injektor 10 *hole* dengan bahan bakar pertamax pada RPM 1500 menunjukkan hasil 1,9%, hal tersebut sama pada kandungan CO₂. Konsentrasi CO₂ menunjukkan secara langsung status proses pembakaran di ruang bakar. Semakin tinggi CO₂ maka semakin baik. Saat AFR berada diangka ideal, emisi CO₂ berkisar 12% sampai 15%. Persen karbon dioksida dalam gas buang dipergunakan sebagai petunjuk akan kesempurnaan pembakaran. Surbhakty (dalam Purnomo, T.B., 2013: 22). Berdasarkan penelitian pada penggunaan injektor 6 *hole* bawaan pabrik dengan bahan bakar pertamax menunjukkan hasil CO₂ tertinggi yaitu 4,4%, hal ini menunjukkan proses pembakaran di ruang bakar lebih baik dan lebih sempurna bila dibandingkan ketika menggunakan injektor 8 *hole* dan injektor 10 *hole* dengan bahan bakar pertalite dan pertamax. Hal tersebut berkaitan dengan campuran yang terlalu kaya atau proses pembakaran yang terlalu singkat atau keterlambatan pembakaran (*ignition delayed*) yang berkaitan dengan waktu pengapian yang diatur ECU, (c) Hasil pengujian gas HC pada sepeda motor 4 tak 110cc dengan menggunakan injektor 6 *hole* bawaan pabrik dengan bahan bakar pertalite pada RPM 1500 sebesar 85 ppm, sedangkan

ketika menggunakan injektor 6 *hole* bawaan pabrik dengan bahan bakar pertamax pada RPM 1500 sebesar 0 ppm, hal tersebut menunjukkan penurunan pada kandungan HC. Pada penggunaan injektor 8 *hole* dengan bahan bakar pertalite pada RPM 1500 menunjukkan hasil 553 ppm, sedangkan ketika menggunakan injektor 8 *hole* dengan bahan bakar pertamax pada RPM 1500 menunjukkan hasil 543 ppm, hal tersebut menunjukkan penurunan pada kandungan HC. Pada penggunaan injektor 10 *hole* dengan bahan bakar pertalite pada RPM 1500 menunjukkan hasil 1255 ppm, sedangkan ketika menggunakan injektor 10 *hole* dengan bahan bakar pertamax pada RPM 1500 menunjukkan hasil 783 ppm, hal tersebut menunjukkan penurunanan pada kandungan HC. Emisi HC yang diizinkan oleh pemerintah maksimal 2000 ppm. Berdasarkan hasil pengujian maka emisi gas buang masih di bawah nilai ambang batas yang telah ditentukan oleh pemerintah. Bensin adalah senyawa hidrokarbon, HC yang didapat di gas buang kendaraan menunjukkan adanya bensin yang tidak terbakar dan terbuang bersama sisa pembakaran. Arismunandar (dalam Purnomo, T.B., 2013: 20-21). Berdasarkan penelitian pada penggunaan injektor 10 *hole* dengan bahan bakar pertalite menunjukkan hasil HC tertinggi yaitu 1255 ppm, hal ini menunjukkan banyaknya bensin yang tidak terbakar dan terbuang bersama sisa pembakaran sehingga proses pembakaran di ruang bakar tidak sempurna. Hal tersebut berkaitan dengan campuran yang terlalu kaya atau proses pembakaran yang terlalu singkat atau keterlambatan pembakaran (*ignition delayed*) yang berkaitan dengan waktu pengapian yang diatur ECU. Apabila senyawa hidrokarbon terbakar

sempurna (bereaksi dengan oksigen) maka hasil reaksi pembakaran tersebut adalah karbon dioksida (CO_2) dan air (H_2O) Arismunandar (dalam Purnomo, T.B., 2013: 20-21). Berdasarkan penelitian pada penggunaan injektor 6 *hole* bawaan pabrik dengan bahan bakar pertamax (92) menunjukkan hasil HC terendah yaitu 0 ppm, sedangkan ketika menggunakan injektor yang sama dengan bahan bakar pertalite (90) menunjukkan hasil HC yaitu 85 ppm, hal ini menunjukkan peningkatan gas HC dari jenis bahan bakar yang berbeda dengan angka oktan yang lebih rendah. Hal tersebut berbanding lurus dengan pengujian pada penggunaan injektor 6 *hole* bawaan pabrik dengan bahan bakar pertamax (92) menunjukkan hasil CO_2 tertinggi bila dibandingkan ketika menggunakan injektor 6 *hole* bawaan pabrik dengan bahan bakar pertalite (90), injektor 8 *hole* dan injektor 10 *hole* dengan bahan bakar pertalite (90) dan pertamax (92). Hal tersebut berkaitan dengan campuran yang ideal atau proses pembakaran yang sempurna dan membuktikan bahwa bahan bakar yang memiliki angka oktan tinggi akan terbakar sempurna, (d) Hasil pengujian gas O_2 pada sepeda motor tak 110cc dengan menggunakan injektor 6 *hole* bawaan pabrik dengan bahan bakar pertalite pada RPM 1500 sebesar 20,90%, sedangkan ketika menggunakan injektor 6 *hole* bawaan pabrik dengan bahan bakar pertamax pada RPM 1500 sebesar 25,00%, hal tersebut menunjukkan peningkatan pada kandungan O_2 . Pada penggunaan injektor 8 *hole* dengan bahan bakar pertalite pada RPM 1500 menunjukkan hasil 25,00%, sedangkan ketika menggunakan injektor 8 *hole* dengan bahan bakar pertamax pada RPM 1500

menunjukkan hasil 20,90%, hal tersebut menunjukkan penurunan pada kandungan O_2 . Pada penggunaan injektor 10 *hole* dengan bahan bakar pertalite pada RPM 1500 menunjukkan hasil 25,00%, sedangkan ketika menggunakan injektor 10 *hole* dengan bahan bakar pertamax pada RPM 1500 menunjukkan hasil 20,90%, hal tersebut menunjukkan penurunan pada kandungan O_2 . Konsentrasi dari oksigen di gas buang kendaraan berbanding terbalik dengan konsentrasi karbon dioksida. Semakin rendah O_2 maka semakin baik. Untuk mendapatkan proses pembakaran yang sempurna, maka kadar oksigen yang masuk ke ruang bakar harus mencukupi untuk setiap molekul hidrokarbon. (Purnomo, T.B., 2013: 22). Berdasarkan penelitian pada penggunaan variasi *hole* injektor dengan variasi bahan bakar menunjukkan hasil O_2 yaitu 20,90% dan 25,00%, hal ini menunjukkan proses pembakaran di ruang bakar kurang baik dan kurang sempurna. Hal tersebut berkaitan dengan campuran yang terlalu kaya atau saluran udara tersumbat atau keterlambatan pembakaran (*ignition delayed*) yang berkaitan dengan waktu pengapian yang diatur ECU.

PENUTUP

Simpulan dalam penelitian ini adalah, Performa Mesin, (a) Pada pengujian torsi menghasilkan torsi tertinggi menggunakan Injektor 6 *Hole* bawaan pabrik dengan bahan bakar pertalite pada putaran mesin 1500 Rpm, pada pengujian menggunakan Injektor 6 *Hole* bawaan pabrik dengan bahan bakar pertamax menurunkan torsi sebesar 0,4%, pada pengujian menggunakan Injektor 8 *Hole* dengan bahan bakar pertalite menurunkan torsi sebesar 0,07%, pada

pengujian menggunakan Injektor 8 *Hole* dengan bahan bakar pertamax menurunkan torsi sebesar 0,4%, pada pengujian menggunakan Injektor 10 *Hole* dengan bahan bakar pertalite menurunkan torsi sebesar 0,7%, dan pada pengujian menggunakan Injektor 10 *Hole* dengan bahan bakar pertamax menurunkan torsi sebesar 0,5%. Dari persentase penurunan torsi sebelum dan sesudah menggunakan variasi *Hole* Injektor dan bahan bakar perubahannya tidak signifikan. Hal ini dapat dilihat dari angka persentase yang kurang dari 2%, (b) Pengujian daya menghasilkan daya tertinggi menggunakan Injektor 6 *Hole* bawaan pabrik dengan bahan bakar pertalite pada 4000 Rpm, pada pengujian menggunakan Injektor 6 *Hole* bawaan pabrik dengan bahan bakar pertamax menurunkan daya sebesar 0,38%, pada pengujian menggunakan Injektor 8 *Hole* dengan bahan bakar pertalite menurunkan daya sebesar 0,3%, pada pengujian menggunakan Injektor 8 *Hole* dengan bahan bakar pertamax menurunkan daya sebesar 0,55%, pada pengujian menggunakan Injektor 10 *Hole* dengan bahan bakar pertalite menurunkan daya sebesar 0,77%, dan pada pengujian menggunakan Injektor 10 *Hole* dengan bahan bakar pertamax menurunkan daya sebesar 0,6%. Dari persentase penurunan daya sebelum dan sesudah menggunakan variasi *Hole* Injektor dan bahan bakar perubahannya tidak signifikan. Hal ini dapat dilihat dari angka persentase yang kurang dari 2%, (c) Pengujian konsumsi bahan bakar spesifik (SFC) menghasilkan SFC rata-rata terbaik menggunakan Injektor 6 *Hole* bawaan pabrik dengan bahan bakar pertalite pada putaran mesin 1500 Rpm, pada pengujian menggunakan Injektor 6 *Hole* bawaan pabrik dengan

bahan bakar pertamax menaikkan SFC rata-rata sebesar 0,4%, pada pengujian menggunakan Injektor 8 *Hole* dengan bahan bakar pertalite menaikkan SFC rata-rata sebesar 0,7 %, pada pengujian menggunakan Injektor 8 *Hole* dengan bahan bakar pertamax menaikkan SFC rata-rata sebesar 1,8%, pada pengujian menggunakan Injektor 10 *Hole* dengan bahan bakar pertalite menaikkan SFC rata-rata sebesar 15%, dan pada pengujian menggunakan Injektor 10 *Hole* dengan bahan bakar pertamax menaikkan SFC rata-rata sebesar 6,6%.

Emisi Gas Buang, pada pengujian emisi gas buang pada putaran mesin 1500 Rpm menghasilkan gas CO terbaik menggunakan Injektor 6 *Hole* bawaan pabrik dengan bahan bakar pertamax menurunkan kadar CO sebesar 0,23%. Pada pengujian emisi gas buang pada putaran mesin 1500 Rpm menghasilkan gas HC terbaik menggunakan Injektor 6 *Hole* bawaan pabrik dengan bahan bakar pertamax menurunkan kadar HC sebesar 1%. Pada pengujian emisi gas buang pada putaran mesin 1500 Rpm menghasilkan gas CO₂ terbaik menggunakan Injektor 6 *Hole* bawaan pabrik dengan bahan bakar pertamax menaikkan kadar CO₂ sebesar 0,13%. Pada pengujian emisi gas buang pada putaran mesin 1500 Rpm menghasilkan gas O₂ terbaik menggunakan Injektor 6 *Hole* bawaan pabrik dengan bahan bakar pertamax menaikkan kadar O₂ sebesar 0,2%. Hasil pengujian menunjukkan semua hasil emisi gas buang masih dibawah ambang batas nilai emisi gas buang yang telah ditentukan oleh pemerintah.

DAFTAR PUSTAKABooks:

Arifin, Z. dan Sukoco, D. 2009. Pengendalian Polusi Kendaraan. Bandung: Alfabeta.

Astra Honda Motor. 2014. Pedoman Pemilik Beat PGM-FI. Jakarta: Honda Motor Co., Ltd., PT Astra Honda Motor.

Tim Teknologi Otomotif. 2018. Teknologi Otomotif Modern Volume 3. Bandung: Pakar Raya.

Solikhin, M. 2011. Diagnosis Sistem Injeksi Elektronik. Yogyakarta: Skripta.

Journals:

Afwan, M.A. 2019. Pengaruh Penggunaan ECU Standar dan ECU Juken dengan Variasi Injektor Terhadap Torsi dan Daya Sepeda Motor Yamaha V-ixion. SKRIPSI. Semarang: Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang.
http://lib.unnes.ac.id/36393/1/5202415087_.pdf (diunduh 5 April 2021).

Al-Muhsen, N.F.O, Y. Huang dan G. Hong. 2019. *Effects Of Direct Injection Timing Associated With Spark Timing On A Small Spark Ignition Engine Equipped With Ethanol Dual-Injection*. Elsevier ScienceDirect International Journal Fuel Volume 239, 1 March 2019 Pages 852-861. Australia: School Of Mechanical And Mechatronic Engineering University Of Technolgy Sydney, School Of Civil And Environmental Engineering University Of Technolgy Sydney.

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0016236118318428.pdf> (diunduh 28 April 2021).

Alam, A.P. 2019. Pengaruh Variasi Injektor Hole Terhadap Torsi, Daya dan Emisi Gas Buang Yamaha Aerox 155 VVA. SKRIPSI. Semarang: Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang.

<http://lib.unnes.ac.id/35471/.pdf> (diunduh 5 April 2021).

Ardiyanta, A.S. 2020. *Platinum Spark Plug Gap Adjustement To Fuel Consumption And CO Emission At 110cc Engine*. Atlantis Press Proceedings Of The International Seminar Of Science And Applied Technology (ISSAT 2020) Advances In Engineering Research Volume 198, 22 December 2020 Pages 436-440. Indonesia: Automotive Technology Vocational Education Universitas Bhinneka PGRI Tulungagung. <https://www.atlantispress.com/proceedings/issat-20/125949822.pdf> (diunduh 28 April 2021).

Hermawan, M.V dan A.E. Winarta. 2020. Studi Eksperimen Pengaruh Jumlah Lubang Nosel Injektor Terhadap Performa Mesin Sepeda Motor. *Journal Teknika* Edisi 23 ATW Vol. 26 No. 3 Maret 2020. Sukoharjo: Program Studi Teknik Mesin Sekolah Tinggi Teknologi Warga Surakarta.
<https://jurnal.sttw.ac.id/index.php/jte/article/view/91.pdf> (diunduh 5 April 2021).

- Huang, Y. dan G. Hong, 2016. *Investigation Of The Effect Of Heated Ethanol Fuel On Combustion And Emissions Of An Ethanol Direct Injection Plus Gasoline Port Injection (EDI+GPI) Engine*. Elsevier ScienceDirect International Journal Energy Conversion And Management Volume 123, June 2016 Pages 338-347. Australia: School Of Electrical Mechanical And Mechatronic Systems University Of Technology Sydney.
https://scholar.google.com/scholar?cluster=4509702323561117505&hl=id&as-sdt=0,5#d=gs_qabs&u=%23p%3DZGri-RnuxzIJ.pdf (diunduh 28 April 2021).
- Irawan, A. 2019. Pengaruh Penambahan Injektor Terhadap Performa Mesin Sepeda Motor Yamaha Mio J Pada Beberapa Variasi Penyemprotan Nahan bakar. SKRIPSI. Semarang: Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang.
https://libunnes.ac.id/35497/1/5212412049_Optimized.pdf (diunduh 5 April 2021).
- Jaedun, A. 2011. Metodologi Penelitian Eksperimen. Makalah Disampaikan Pada Kegiatan In Service I Pelatihan Penulisan Artikel Ilmiah Oleh LPMP. Yogyakarta: Fakultas Teknik UNY Puslit Dikdasmen Lemlit UNY.
<http://staffnew.uny.ac.id/upload/131569339/pengabdian/metode-penelitian-eksperimen.pdf> (diunduh 5 April 2021).
- Kurniawan, R. 2018. Analisis Pengaruh Penggunaan Injektor Terhadap Unjuk Kerja Honda Beat FI. Jurnal Teknik Mesin UBL Vol. 5 No. 2 April 2018. Bandar Lampung: Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Mesin Universitas Bandar Lampung.
<http://jurnal.ubl.ac.id/index.php/JTM/article/view/1205.pdf> (diunduh 5 April 2021).
- Maridjo, I.Y dan R. Angga. 2019. Pengaruh Pemakaian Bahan Bakar Premium, Pertalite dan Pertamina Terhadap Kinerja Motor 4 Tak. Jurnal Teknik Energi Vol. 9 No. 1 November 2019. Bandung: Jurusan Teknik Konversi Energi Politeknik Negeri Bandung.
<https://jurnal.polban.ac.id/energi/article/view/1648.pdf> (diunduh 5 April 2021).
- Prihartono, J. 2020. Perbedaan Pengaruh Sistem Injeksi Bahan Bakar Elektrik Dengan dan Tanpa Dilengkapi Sistem Pengaturan Waktu Buka Tutup Katup, Terhadap Performa Mesin, Konsumsi Bahan Bakar dan Emisi Gas Buang. Presisi Jurnal Teknik Mesin-FTI Vol. 22 No. 1 Januari 2020. Jakarta: Institut Sains dan Teknologi Nasional.
<https://ejournal.itsn.ac.id/index.php/presisi/article/view/738.pdf> (diunduh 5 April 2021).
- Purnomo, T.B. 2013. Perbedaan Performa Motor Berbahan Bakar Premium 88 dan Motor Berbahan Bakar Pertamina 92. SKRIPSI. Semarang: Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang.

- <https://lib.unnes.ac.id/19197.pdf>
(diunduh 26 April 2021).
- Raharjo, W.D. dan Karnowo. 2008. *Mesin Konversi Energi*. Buku Ajar PTM Cetakan Pertama. Semarang: Universitas Negeri Semarang Press.
<https://www.scribd.com/doc/16559861/Buku-Ajar-PTM307-Mesin-Konversi-Energi.pdf> (diunduh 5 April 2021).
- Ramdani, S. 2015. Analisis Pengaruh Variasi CDI Terhadap Performa dan Konsumsi Bahan Bakar Honda Vario 110 CC. *Jurnal Teknik Mesin (JMT)*: Vol. 4 No. 3, Oktober 2015. Jakarta: Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Mercu Buana.
https://scholar.google.com/scholar?hl=id&as_sdt=0%2C5&q=Analisis+pengaruh+variasi+CDI+terhadap+performa+dan+konsumsi+bahan+bakar+vario+110cc&btnG=#d=gs_qabs&u=%23p%3DL5OKheuZBQoJ.pdf
(diunduh 5 April 2021).
- Susilo, J. 2017. *Modification Of Cylinder Head Of Performance Motorcycle. The 4th International Conference On Engineering And Technology Development (ICETD 2017). Indonesia: Study Program Mechanical Engineering Faculty Of Engineering University Of Bandar Lampung*.
<http://articel.ubl.ac.id/index.php/icetd/article/view/1012.pdf> (diunduh 28 April 2021).
- Suthisripok, T., N. Phusakol, dan N. Sawetkittirut. 2017. *Bi-Fuel System-Gasoline / LPG in A Used 4-Stroke Motorcycle-Fuel Injection Type*. 5th Asia Conference on Mechanical and Materials Engineering (ACMME 2017) 9-11 June 2017 Tokyo Japan IOP Publishing IOPScience IOP Conference Series: Materials Science and Engineering Volume 241 (1) (2017) 010221. Thailand: Automotive Engineering Department College Of Engineering Rangsit University.
<https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899x/241/1/012021/meta.pdf>
(diunduh pada 28 April 2021).
- Wirawan, T.S. 2018. Analisis Bahan Bakar Bensin Terhadap Performansi dan Nilai Ekonomi Motor Bensin CM11. Prosiding Seminar Hasil Penelitian (SNP2M). Makassar: Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Ujung Pandang.
https://scholar.google.com/scholar?hl=id&as_sdt=0%2C5&q=Analisis+bahan+bakar+bensin+terhadap+performansi+dan+nilai+ekonomi+motor+bensin&btnG=#d=gs_qabs&u=%23p%3D61LSt0q5wvYJ.pdf (diunduh 5 April 2021).
- Technical and Research Report:*
Keputusan Direktur Jenderal Minyak dan Gas Bumi Nomor 0486.K/10/DJM.S/2017 Tentang Standar dan Mutu (Spesifikasi) Bahan Bakar Minyak Jenis Bensin 90 Yang Dipasarkan Di Dalam Negeri.
[https://migas.esdm.go.id/uploads/regulasi/regulasi-kkkl/2017/kepdiren-no.-0486.k_10_djm.s_2017-\(spesifikasi-bbm-bensin-90\).pdf](https://migas.esdm.go.id/uploads/regulasi/regulasi-kkkl/2017/kepdiren-no.-0486.k_10_djm.s_2017-(spesifikasi-bbm-bensin-90).pdf)
(diunduh 9 April 2021).

Keputusan Direktur Jenderal Minyak dan Gas Bumi Nomor 3674.K/24/DJM/2006 Tentang Standar Mutu (Spesifikasi) Bahan Bakar Minyak Jenis Bensin Yang Dipasarkan Di Dalam Negeri. <https://jdih.esdm.go.id/storage/document/kepdjm-3674-2006.pdf> (diunduh 9 April 2021).

Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 05 Tahun 2006 Tentang Ambang Batas Emisi Gas Buang Kendaraan Bermotor Lama Kendaraan Bermotor Kategori L. https://jdih.mkri.id/mg58ufsc89hrsg/Permen_No_05_Th_2006.pdf (diunduh 9 April 2021).

Website:

BPS-Badan Pusat Statistik. 2021. Perkembangan Jumlah Kendaraan Bermotor Menurut Jenis, 1949-2018. Jakarta: Badan Pusat Statistik (BPS-Statistics Indonesia).

<https://www.bps.go.id/LinkTableDinamis/View/id/1133> (diakses 9 April 2021).

BPH MIGAS. 2019. Konsumsi BBM Nasional Per Tahun. Jakarta: Gedung BPH MIGAS. <https://www.bphmigas.go.id/Konsumsi-bbm-nasional/#> (diakses 9 April 2021).

Cornelia. 2020. Cara Menambah Kecepatan Motor *Matic Injektion*. <https://kitfolio.com/cara-menambah-kecepatan-motor-matic-injection> (diakses 5 April 2021).

Mulia, J.L. 2018. Motor Paling Laris di Indonesia, Silakan Tengok Daftar 10 Besarnya. <https://www.google.com/amp/s/otomotifnet.gridoto.com/amp/read/231156437/motor-paling-laris-di-indonesia-silakan-tengok-daftar-10-besarnya> (diakses 5 April 2021).