



Pengaruh Perubahan Sistem Pemasukan Bahan Bakar dan Rasio Kompresi Motor Bakar 4-Tak Single Cylinder terhadap Torsi dan Daya

Faruq Avero Azhar ^{1,*}, Rifqie Alfatihah R. F ¹, Alex Taufiqurrohman Zain ¹

Sitasi: Azhar, F.A.; Alfatihah, R.; Zain, A.T. (2023). Pengaruh Perubahan Sistem Pemasukan Bahan Bakar dan Rasio Kompresi Motor Bakar 4-Tak Single Cylinder terhadap Torsi dan Daya. J-TETA: Jurnal Teknik Terapan, V2i1, hlm.23-31. <https://10.25047/jteta.v2i1.21>



Copyright: © 2023 oleh para penulis.
Karya ini dilisensikan di bawah Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License. (<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>).

¹ Jurusan Teknik, Politeknik Negeri Jember; politeknik@polije.ac.id

* Korespondensi: faruq.avero@polije.ac.id; Tel.: +62 81226861246

Abstract: Fuel Injection System technology is a fuel system on vehicles by spraying. Fuel injection system was controlled using electric components to maintain the balance of air and fuel. The fuel injection system can control the exact amount of fuel injected into the engine more accurately and efficiently. The optimal ratio of fuel and air improves engine performance and reduces environmentally harmful exhaust emissions. In this study, a motorcycle with a fuel carburettor system was modified to fuel injection system, and the changes in torque and power were observed. Other than that, observations were also made regarding differences in compression ratio. The dyno test results have shown the motorcycle fuel injection system and a compression ratio of 9:1 have increased in torque by 8.5% compared to the fuel carburettor system, while the compression ratio of 10:1 increased by 14.8%. Observations on power showed an increase of 15.7% at a compression ratio of 9:1 and 18.3% at a compression ratio of 10:1.

Keywords: carburettor, injection system, performance

Abstrak: Teknologi injeksi adalah suatu sistem pemasukan bahan bakar pada kendaraan bermotor dengan cara disemprotkan. Penyemprotan bahan bakar dikontrol menggunakan komponen elektronik untuk mempertahankan keseimbangan campuran udara dan bahan bakar. Campuran

udara dan bahan bakar yang seimbang dapat meningkatkan performa kendaraan dan mengurangi emisi gas buang yang dapat merusak lingkungan. Pada penelitian ini telah dilakukan modifikasi sepeda motor dengan sistem pemasukan bahan bakar karburator menjadi sistem injeksi dan diamati perubahannya terhadap torsi dan daya. Selain modifikasi sistem pemasukan bahan bakar, dilakukan juga pengamatan terhadap perubahan rasio kompresi. Hasil pengujian menggunakan dynotest menunjukkan terjadi peningkatan torsi pada sepeda motor dengan sistem pemasukan bahan bakar injeksi dan rasio kompresi 9:1 sebesar 8,5% dibandingkan dengan sistem pemasukan bahan bakar karburator, sedangkan untuk rasio kompresi 10:1 mengalami peningkatan sebesar 14,8%. Pengamatan pada daya menunjukkan peningkatan sebesar 15,7% pada rasio kompresi 9:1 dan 18,3% pada rasio kompresi 10:1.

Kata kunci: karburator, sistem injeksi, performa

1. Pendahuluan

Sepeda motor merupakan salah satu moda transportasi yang paling populer. Masyarakat Indonesia sering menggunakan sepeda motor sebagai kendaraan pribadi untuk bepergian ke tempat kerja, sekolah atau tujuan lainnya. Menurut data yang dihimpun oleh BPS yang bersumber dari Kepolisian republik Indonesia, populasi sepeda motor di Indonesia pada tahun 2020 mencapai 115 juta. Data tersebut merupakan jumlah keseluruhan sepeda motor yang masih beroperasi untuk sepeda motor konvensional/karburator maupun sudah menggunakan teknologi injeksi.

Banyaknya sepeda motor konvensional yang masih beroperasi dikarenakan masih banyak penghobi sepeda motor tua yang enggan beralih ke sepeda motor dengan teknologi baru. Hal tersebut didasari dari nilai sejarah atau dari keunikan bentuk yang ditampilkan dari sepeda motor tersebut. Akan tetapi, jika dibandingkan dengan sepeda motor dengan sistem injeksi, sepeda motor yang masih menggunakan karburator memiliki efisiensi yang rendah, konsumsi bahan bakar yang tinggi, dan menghasilkan emisi gas buang yang tidak ramah lingkungan [1].

Teknologi injeksi saat ini sudah banyak digunakan pada kendaraan bermotor menggunakan mesin pembakaran dalam. Salah satu perkembangan terbesar dalam teknologi injeksi adalah penggunaan komputer untuk mengontrol proses injeksi bahan bakar. Sistem ini disebut dengan Electronic Fuel Injection (EFI). Dengan menggunakan komputer, sistem EFI mampu mengontrol jumlah yang tepat dari bahan bakar yang diinjeksikan ke dalam mesin dengan lebih akurat dan efisien. Selain itu, atomisasi bahan bakar mampu tercapai karena adanya tekanan bahan bakar pada sistem injeksi. Atomisasi dan penyemprotan jumlah bahan bakar yang akurat menghasilkan rasio bahan bakar dan udara yang optimal. Rasio bahan bakar dan udara optimal meningkatkan performa mesin dan mengurangi emisi gas buang yang merusak lingkungan [2].

Upaya peningkatan performa mesin dan pengurangan emisi gas buang sepeda motor dapat dilakukan dengan cara melakukan modifikasi sistem pemasukan bahan bakar dari karburator ke Electronic Fuel Injection (EFI). Penelitian yang telah dilakukan oleh Surya, (2016) menunjukkan, terjadi penurunan terhadap konsumsi bahan bakar rata-rata (SFC) sebesar 21,9%. Sedangkan pada emisi gas buang terjadi penurunan kadar CO sebesar -8,615% dan kadar HC sebesar 39,35% [3]. Selain itu, modifikasi sistem pemasukan bahan bakar dari karburator ke sistem injeksi juga meningkatkan performa daya sebesar 4,52% dan torsi sebesar 2,21% [4].

Efisiensi termal yang dihasilkan oleh pembakaran dalam satu siklus motor bakar juga menentukan hasil performa dari suatu kendaraan. Peningkatan efisiensi termal dapat dicapai melalui peningkatan rasio kompresi menyesuaikan jenis bahan bakar yang digunakan [5]. Irawan & Adityo (2015) telah melakukan pengujian perubahan rasio kompresi dengan cara merubah panjang langkah motor bakar. Hasil penelitian tersebut menunjukkan semakin tinggi rasio kompresi torsi yang dihasilkan semakin besar [6].

Perubahan rasio kompresi akan mempengaruhi efisiensi konversi bahan bakar dan tekanan efektif rata-rata yang dihasilkan oleh pembakaran [7]. Peningkatan tekanan efektif rata-rata yang dipengaruhi oleh peningkatan rasio kompresi mengakibatkan peningkatan puncak tekanan silinder [8].

1.1. Sistem Bahan Bakar dan Injeksi

Sistem bahan bakar Karburator dan injeksi didasarkan pada teori operasi umum yang mengatur jumlah bahan bakar dan udara segar yang masuk ke dalam silinder mesin. Kedua sistem memasok mesin dengan bahan bakar dan udara. Komponen dasar di dalam silinder kedua sistem adalah piston dan ruang bakar, di mana reaksi antara bahan bakar dan udara terjadi selama pembakaran, melepaskan energi. Namun, ada banyak perbedaan antara karburator dan injeksi bahan bakar, dan perbedaan utamanya terletak pada metode memasukkan bahan bakar ke dalam silinder. Pada mesin dengan sistem injeksi bahan bakar, bahan bakar disuntikkan ke dalam mesin pembakaran melalui injektor [7]. Injektor bahan bakar terdiri dari kombinasi katup dan nosel yang mengarahkan semburan bahan bakar ke aliran udara. Jumlah bahan bakar yang disuntikkan dikalibrasi oleh solenoid (dikontrol secara elektronik) atau cam driver (dikontrol secara mekanis).

Sistem pemasukan bahan bakar injeksi terbukti efektif dapat meningkatkan performa dan menurunkan kadar emisi bahan bakar pada sepeda motor dibandingkan dengan sepeda motor yang menggunakan karburator. Sebaliknya, udara segar yang masuk ke sistem karburator menciptakan hisap yang berakselerasi melalui tabung Venturi dan menyedot bahan bakar ke dalam ruang bakar.

Ada banyak jenis fuel injection seperti throttle body injection (TBI), port fuel injection (PFI), sequential port fuel injection (SPFI), dan direct fuel injection (DI). Saat ini, sebagian besar mesin mobil menggunakan injeksi bahan bakar port [9]. Keuntungan paling menonjol dari sistem PFI adalah investasi modalnya yang rendah, berbeda dengan DI yang berbiaya tinggi, sangat kompleks dan mahal untuk diterapkan pada mesin komersial. Sementara itu, sistem DI diketahui mengeluarkan jumlah partikel yang lebih tinggi daripada sistem PFI [10]. Dibandingkan dengan mesin karburator, sistem injeksi bahan bakar membutuhkan sistem tekanan bahan bakar yang tinggi. Karburator beroperasi pada tekanan bahan bakar 0,04 MPa hingga 0,05 MPa yang jauh lebih rendah dari PFI yang beroperasi antara 0,25 MPa dan 0,45 MPa sedangkan DI beroperasi antara 4 MPa hingga 13 MPa [11]. Tekanan yang lebih tinggi berarti atomisasi dan penetrasi bahan bakar yang lebih baik, memfasilitasi pencampuran yang lebih baik sebelum pengapian, sehingga mengurangi emisi yang dihasilkan [12].

Sistem injeksi bahan bakar telah terbukti meningkatkan kinerja dan mengurangi emisi bahan bakar pada sepeda motor dibandingkan dengan yang menggunakan karburator. Pada penelitian ini, kita akan membahas pengaruh modifikasi sistem bahan bakar dari karburator ke injeksi dan mengubah rasio kompresi terhadap kinerja mesin pembakaran 4-tak.

2. Bahan dan Metode

2.1. Peralatan Pengujian

Langkah awal penelitian adalah melakukan modifikasi sepeda motor dengan sistem pemasukan bahan bakar karburator ke sistem injeksi pada Sepeda motor 4 langkah dari pabrikan honda dengan spesifikasi sesuai dengan Tabel 1.

Sistem injeksi bahan bakar yang digunakan dalam penelitian ini menggunakan PGM-FI k41 Honda SupraX 125. Perangkat sensor, actuator, throttle body, dan Electronic Control Unit (ECU) dipasang pada sepeda motor uji tanpa dilakukan perubahan. Tidak ada perubahan terkait mapping waktu penyemprotan bahan bakar, jumlah bahan bakar yang disemprotkan dan waktu pengapian pada ECU. Penyesuaian hanya dilakukan pada

peletakkan crankshaft position sensor (CKP) untuk menggantikan magnet alternator pada kendaraan uji.

Tabel 1. Spesifikasi Sepeda Motor

Keterangan	Spesifikasi
Tipe Mesin	4-Langkah, SOHC, Berpendingin Udara
Diameter x Langkah	50 x 49,5
Volume Silinder	97,2 cc
Perbandingan Kompresi	9:1
Diameter Klep In/Ex	22,5/19,5
Sistem Pengabutan	Karburator
Sistem Transmisi	Manual 4-percepatan rotary
Tipe Kopling	Kopling ganda, otomatis, tipe basah

Pada sistem injeksi, sensor CKP berfungsi memberikan informasi posisi piston kepada ECU. Dengan mengetahui posisi piston, ECU akan memberikan perintah pengaktifan kepada injector dan ignition coil pada waktu yang tepat. Penyesuaian CKP untuk mendapatkan posisi Top Death Center (TDC) piston pada sepeda motor uji, sehingga waktu pengapian dan penyemprotan bahan bakar tidak terlambat.

Selain melakukan perubahan pada sistem bahan bakar, penelitian ini mengamati pengaruh dari perubahan rasio kompresi untuk sistem pemasukan bahan bakar karburator dan injeksi. Perbandingan kompresi menentukan efisiensi termis mesin. Dalam batas tertentu, perbandingan tekanan kompresi yang tinggi meningkatkan kinerja pembakaran, sehingga secara otomatis pemakaian bahan bakar lebih hemat dan emisi gas buang menjadi rendah. Namun, tekanan kompresi tinggi cenderung mengakibatkan knocking dan menghasilkan emisi tinggi, yang disebabkan oleh kenaikan suhu dalam ruang bakar. Hal ini menyebabkan reaksi pembakaran lebih awal sehingga campuran bahan bakar dan udara terbakar dengan sendirinya sebelum busi memercikan api [13]. Rasio kompresi dapat diperoleh dengan menggunakan rumus sebagai berikut,

$$E = \frac{V_s + V_c}{V_c}$$

Dimana;

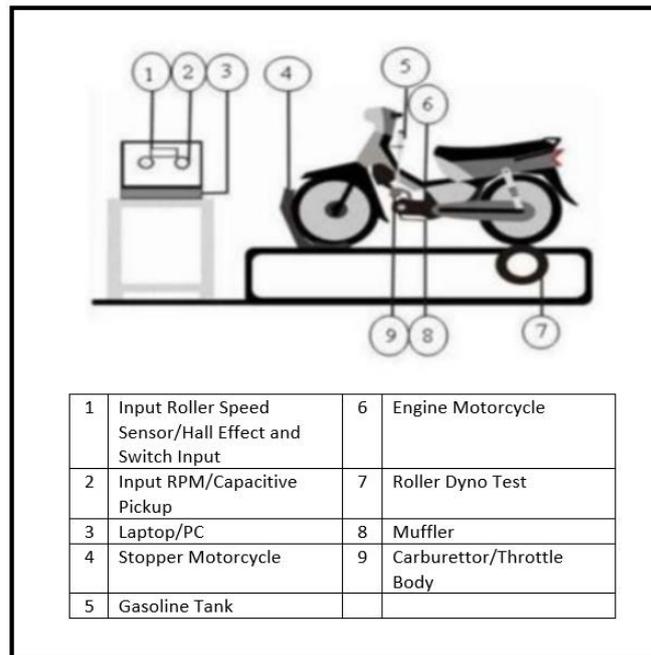
E = Perbandingan kompresi

V_s = Volume Silinder

V_c = Volume ruang bakar

Pada penelitian ini kompresi rasio diatur sebesar 9:1 dan 10:1 dengan melakukan modifikasi pada kubah piston.

Torsi dan daya merupakan indikator prestasi yang mampu dicapai oleh sebuah kendaraan. Torsi dan daya adalah besaran kuantitatif yang dihasilkan oleh motor bakar dan merupakan keluaran utama yang diharapkan oleh manusia. Pengujian torsi dan daya pada sepeda motor dilakukan menggunakan chassis dynamometer. Alat uji tersebut dilengkapi dengan sensor Hall Effect Digital untuk menghitung kecepatan roller dan sensor pick up capacitive untuk mengukur putaran mesin. Sensor tersebut terhubung pada SP-1 Data Acquisition Unit untuk diproses sebagai input data. SP-1 Data Acquisition Unit dilengkapi dengan PC serial port untuk menghubungkan dengan PC sehingga hasil pengujian torsi dan daya dapat ditampilkan pada layar secara real time ketika mesin sedang berakselerasi. Selain itu, terdapat tangki bahan bakar eksternal yang dilengkapi dengan pompa bahan bakar dan filter bahan bakar untuk mendukung sistem bahan bakar injeksi. Skema pengujian sepeda motor uji dan alat uji ditunjukkan pada gambar 1.



Gambar 1. Skema pengujian dyno test

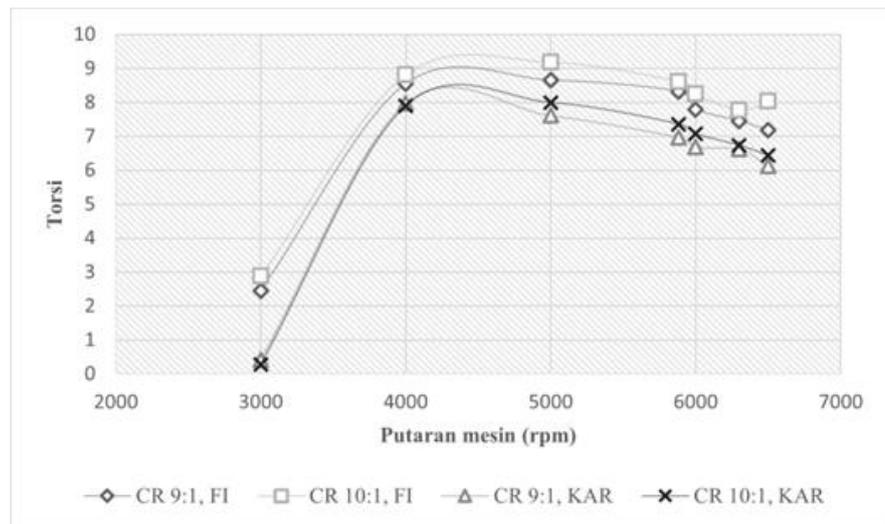
2.2. Prosedur Pengujian

Pengujian torsi dan daya kendaraan dilakukan pada sepeda motor karburator dan sistem bahan bakar injeksi dengan masing-masing rasio kompresi 9:1 maupun 10:1. Kendaraan uji dijalankan diatas dynotest dan ditahan pada 3000 RPM pada gigi 3 hingga suhu mesin mencapai ideal. Selanjutnya buka gas penuh secara spontan sambil memulai merekam data. Setelah mencapai putaran maksimum hentikan merekam data dan tutup gas. Pengulangan dilakukan sebanyak 3 kali pada masing-masing variasi.

3. Hasil dan Pembahasan

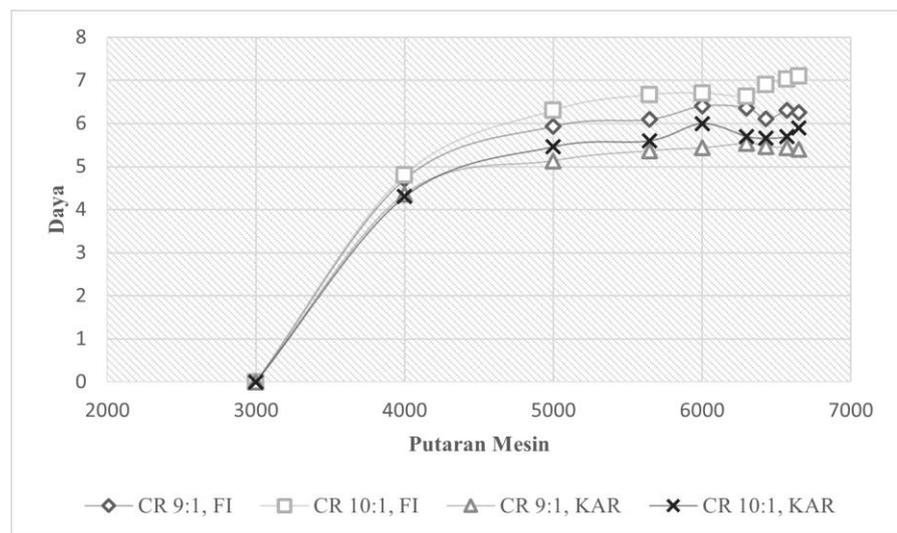
Seluruh pengujian dilakukan menggunakan alat uji chassis dynamometer seperti yang telah dijelaskan sebelumnya. Pengujian dilakukan dengan cara menahan putaran mesin di 3000 RPM pada gigi 3, kemudian gas dibuka penuh secara spontan hingga mencapai putaran mesin maksimal. Setiap variasi dilakukan sebanyak 3 kali dan diambil nilai rata-rata. Hasil pengujian menunjukkan nilai torsi dan daya ketika putaran mesin 3000 hingga 6500 RPM.

Dari hasil pengujian menggunakan dyno test diperoleh perbandingan torsi maksimum yang mampu tercapai terhadap perubahan pada sistem bahan bakar dan rasio kompresi. Gambar 1 menunjukkan torsi yang dihasilkan oleh sepeda motor pada rasio kompresi yang sama, namun dengan sistem pemasukan bahan bakar injeksi menghasilkan torsi yang lebih besar dibandingkan dengan sistem pemasukan bahan bakar karburator. Pada rasio kompresi 9:1, sistem injeksi menghasilkan torsi maksimum sebesar 8,65 Nm pada putaran mesin 5000 RPM, sedangkan sistem karburator menghasilkan torsi maksimum 7,97 Nm pada putaran mesin 4000 RPM. Sistem injeksi mengatur jumlah bahan bakar yang disemprotkan agar tercapai rasio bahan bakar dan udara yang optimum, sehingga menghasilkan pembakaran sempurna [14]. Torsi sepeda motor dengan sistem injeksi pada rentang putaran mesin 4000 hingga 6500 lebih tinggi dari pada sepeda motor dengan karburator yang menandakan sistem injeksi mempertahankan jumlah bahan bakar yang disemprotkan agar tercapai rasio bahan bakar dan udara yang optimum.



Gambar 2. Perubahan Sistem Pemasukan Bahan Bakar dan Rasio Kompresi terhadap Torsi

Perbandingan rasio kompresi yang lebih tinggi meningkatkan torsi pada sepeda motor dengan sistem pemasukan bahan bakar karburator maupun sistem injeksi. Peningkatan rasio kompresi meningkatkan efisiensi termal siklus otto yang akan mempengaruhi usaha bersih yang dihasilkan dalam satu siklus [15]. Tekanan dan temperature silinder sesaat sebelum waktu pengapian yang lebih tinggi akibat dari peningkatan rasio kompresi memberikan waktu bahan bakar terbakar habis secara singkat [16]. Hal tersebut mengakibatkan perubahan sudut puncak pembakaran yang terjadi di dalam ruang bakar. Apabila puncak ledakan berada pada sudut yang tepat dapat meningkatkan torsi. Namun jika puncak ledakan terjadi lebih cepat (sebelum TDC) akan mengakibatkan knocking (jauh dari TDC) mengakibatkan penurunan torsi.



Gambar 3. Perubahan Sistem Pemasukan Bahan Bakar dan Rasio Kompresi terhadap Daya

Modifikasi sistem pemasukan bahan bakar dan rasio kompresi pada sepeda motor menunjukkan perubahan pada nilai daya. Pada Gambar 2 menunjukkan daya tertinggi dihasilkan oleh sepeda motor dengan sistem pemasukan bahan bakar injeksi dengan rasio kompresi 10:1 sebesar 7,1 HP. Pada rentang putaran mesin 3000 hingga 4000 RPM daya yang dihasilkan oleh mesin untuk semua variasi perlakuan baik dari sistem pemasukan bahan bakar maupun rasio kompresi menunjukkan perbedaan yang tidak terlalu signifikan. Daya merupakan produk dari torsi dan putaran mesin, hasil yang ditunjukkan

oleh Gambar 2 adalah konsekuensi langsung dari hasil yang ditunjukkan oleh Gambar 1. Peningkatan daya pada sepeda motor dengan sistem pemasukan bahan bakar injeksi dipengaruhi oleh diameter lubang masuk udara. Throttle body sistem injeksi memiliki diameter lebih besar dari pada lubang masuk pada karburator. Semakin besar diameter lubang masuk udara volume udara yang dihisap juga semakin banyak. Meningkatnya volume udara yang dihisap membutuhkan lebih banyak bahan bakar yang disemprotkan untuk mencapai perbandingan udara dan bahan bakar yang ideal. Sehingga, pembakaran yang dihasilkan juga semakin besar.

5. Kesimpulan

Modifikasi sepeda motor dengan sistem pemasukan bahan bakar karburator menjadi sistem injeksi telah berhasil dilakukan. Hasil pengujian dynotest menunjukkan terdapat peningkatan pada torsi dan daya. Sepeda motor dengan sistem injeksi dan rasio kompresi 9:1 torsinya meningkat sebesar 8,5% dibandingkan dengan sistem pemasukan bahan bakar karburator, sedangkan untuk rasio kompresi 10:1 terjadi peningkatan torsi sebesar 14,8%. Daya sepeda motor menggunakan sistem bahan bakar injeksi juga mengalami peningkatan sebesar 15,7% dengan rasio kompresi 9:1, sedangkan pada rasio 10:1 terjadi peningkatan daya sebesar 18,3%.

Referensi

- [1] M. T. Muslim, H. Selamat, A. J. Alimin, N. Mohd Rohi, and M. F. Hushim, "A review on retrofit fuel injection technology for small carburetted motorcycle engines towards lower fuel consumption and cleaner exhaust emission," *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 35. Elsevier Ltd, pp. 279–284, 2014. doi: 10.1016/j.rser.2014.04.037.
- [2] M. Abu-Qudais, K. R. Asfar, and R. Al-Azzam, "Engine performance using vaporizing carburetor," pp. 755–761, 2000, [Online]. Available: www.elsevier.com/locate/enconman
- [3] B. K. A. Surya, "Modifikasi Sepeda Motor Sistem Karburator Menjadi Sistem Injeksi pada Honda Legenda (Tinjauan Sistem Pengapian)," Thesis, Universitas Negeri Yogyakarta, Yogyakarta, 2016.
- [4] A. F. Rahman, "Modifikasi Penambahan Sistem Injeksi pada Motor Bakar Karburator terhadap Performa Mesin Sepeda Motor Honda Kharisma 125," Thesis, Universitas Negeri Semarang, Semarang, 2020.
- [5] C. W. Wu, R. H. Chen, J. Y. Pu, and T. H. Lin, "The influence of air-fuel ratio on engine performance and pollutant emission of an SI engine using ethanol-gasoline-blended fuels," in *Atmospheric Environment*, Elsevier Ltd, 2004, pp. 7093–7100. doi: 10.1016/j.atmosenv.2004.01.058.
- [6] A. Irawan and Adityo, "Karakteristik Unjuk Kerja Motor Bensin 4 Langkah Dengan Variasi Volume Silinder dan Perbandingan Kompresi," 2015.
- [7] J. B. Heywood, *Internal Combustion Engine Fundamentals*. United State of America: McGraw-Hill, Inc., 1988.
- [8] H. Heisler, *Advance Engine Technology*. United States of America: Hodder Headline Group, 1995.
- [9] B. Sendyka and M. Nog, "Combustion Process in the Spark-Ignition Engine with Dual-Injection System," in *Advances in Internal Combustion Engines and Fuel Technologies*, InTech, 2013. doi: 10.5772/54160.
- [10] M. F. Hushim, A. J. Alimin, H. Selamat, and M. T. Muslim, "PFI System for Retrofitting Small 4-Stroke Gasoline Engines," *International Journal of Environmental Science and Development*, pp. 375–378, 2013, doi: 10.7763/ijesd.2013.v4.374.
- [11] S. P. Chincholkar and J. G. Suryawanshi, "Gasoline Direct Injection: An Efficient Technology," in *Energy Procedia*, Elsevier Ltd, Dec. 2016, pp. 666–672. doi: 10.1016/j.egypro.2016.11.235.
- [12] D. Ramasamy, Z. Mohamed, M. Samykano, and S. Vijayan, "Design Optimization of Air Intake System (AIS) of 1.6L Engine by Adding Guide Vane," *Newswood Ltd.*, 2010, p. 2246.
- [13] Z. Arifin and Sukoco, *Pengendalian Polusi Kendaraan*. Bandung: Alfabeta, 2009.
- [14] A. Raj, P. KrDeo, V. Tiwari, and P. K. Sinha, "Performance Characteristic of a four Cylinder Four Stroke Petrol Engine," *International Journal of Engineering Research and Applications www.ijera.com*, vol. 10, pp. 45–50, 2020, doi: 10.9790/9622-1006044550.
- [15] S. A. Klein, "An Explanation for Observed Compression Ratios in Internal Combustion Engines," 1991. [Online]. Available: <http://www.asme.org/about-asme/terms-of-use>

- [16] A. Shaik, N. S. V. Moorthi, and R. Rudramoorthy, "Variable compression ratio engine: A future power plant for automobiles - An overview," *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part D: Journal of Automobile Engineering*, vol. 221, no. 9, pp. 1159–1168, 2007, doi: 10.1243/09544070JAUTO573.