

Perancangan Skema *Dual Port Injection* Sistem Electric Control Unit Motor *Spark Ignition*

Syarifudin^{1*}, Kusnadi², Eflita Yohana³, Suhartana⁴, Faqih Fatkhurrozak⁵, Firman Lukman Sanjaya⁶

^{1,3,4,5,6}Program Studi Teknik Mesin, Politeknik Harapan Bersama

²Program Studi Farmasi, Politeknik Harapan Bersama

^{1,2,3,4,5,6}Jalan Mataram No.9 Pesurungan Lor, Kota Tegal, 52147, Indonesia

E-mail: masudinsyarif88@gmail.com¹, kusnadi.adi87@gmail.com², efnan2003@gmail.com³, suhartana@live.undip.ac.id⁴, faqihyani14@gmail.com⁵, sanjaya.ilzamy14@gmail.com⁶

Info Naskah:

Naskah masuk: 4 Desember 2023

Direvisi: 17 Januari 2024

Diterima: 19 Januari 2024

Abstrak

Blending bahan bakar menjadi alternatif mendesak untuk mengurangi ketergantungan bahan bakar gasolin. *Blending* gasolin-alkohol bioetanol realistis karena propertis angka oktan yang tinggi dan ketersediaan bahan baku yang melimpah. Akan tetapi viskositas yang tinggi mengakibatkan homogenisasi pencampuran bahan bakar *inkonsisten* dan kinerja injektor menjadi menurun. Penelitian bertujuan merancang skema *Dual Port Injection* sebagai simulasi *Dummy* pencampuran bahan bakar sehingga alkohol bioetanol dapat secara homogen tercampur bersama gasolin diruang bakar. Metode yang digunakan adalah observasi pada sistem kerja *Electric Fuel Injection* dan perancangan Skema *Dual Port Injection*. Penelitian menghasilkan skema *Dual Port Injection* dengan konsep menggandakan sistem bahan bakar berbasis injeksi dan perintah dari *Electric Control Unit* komersil untuk diteruskan pada *Fuel pump* gasolin dan fuel pump bioetanol dengan tujuan memenuhi pipa tekanan tinggi secara bersamaan, dan pada injektor nozzle gasolin dan bioetanol secara bersamaan dengan *Air Fuel Ratio* bervariasi.

Keywords:

blending;
dual port injection;
electric control unit;
homogen;
duplicating

Abstract

Blending fuels is an urgent alternative to reduce dependence on gasoline. Blending gasoline-alkohol bioethanol is realistic due to its high octane number properties and the abundant availability of raw materials. However, high viscosity results in inconsistent fuel mixing homogenization and decreased injector performance. The research aims to design a *Dual Port Injection* scheme as a dummy simulation of fuel blending so that bioethanol alcohol can be homogeneously blended with gasoline in the combustion chamber. The method used is observation of the *Electric Fuel Injection* working system and designing a *Dual Port Injection* Scheme. The research resulted in a *Dual Port Injection* scheme with the concept of doubling the injection-based fuel system and commands from the commercial *Electric Control Unit* to be forwarded to the bioethanol and bioethanol fuel pumps to supply fuel to the high pressure pipe.

*Penulis korespondensi:

Syarifudin

E-mail: masudinsyarif88@gmail.com

1. Pendahuluan

Blending bahan bakar adalah upaya untuk meningkatkan efisiensi bahan bakar gasolin dengan cara menambahkan alkohol pada bahan bakar gasolin. *Blending* bahan bakar memberikan dampak menurunkan emisi gas buang dan berkurangnya ketergantungan bahan bakar akibat peningkatan kendaraan bermotor [1];[2]. Gaikindo memaparkan jumlah kendaraan di tahun 2023 berkisar 153.400.392 (survey pada tanggal 9 Februari 2023). Jumlah ini meningkat 15% (133.617.012) dibandingkan jumlah kendaraan bermotor di tahun 2019 [3]. Tendensi fenomena peningkatan kendaraan bermotor ini menjadi indikator bahwa ketersediaan bahan bakar fosil sangat dibutuhkan. Namun konflik geopolitik antara Rusia-Ukraina, dan Israel-Palestina menimbulkan sentimen negatif terhadap ketersediaan bahan bakar gasolin [4];[5]. Bahan bakar fosil terjadi pengurangan ketersediaan dan peningkatan harga minyak dunia. Oleh demikian penggunaan bioetanol yang dapat diproduksi secara mandiri mendesak dilakukan sehingga mengurangi ketergantungan terhadap bahan bakar fosil khususnya gasolin.

Alkohol bioetanol menjadi alkohol yang potensial sebagai additif bahan bakar. Alkohol bioetanol memiliki propertis yang mirip dengan gasolin, bahkan pada propertis angka oktan lebih tinggi sebesar 106. Selain itu, kandungan oksigen 35,7% dalam butanol menjadi propertis improve untuk meningkatkan kerja mesin [6]. Pemanfaatan alkohol bioetanol sebagai additif bahan bakar telah dibuktikan oleh Syarifudin dkk[7]. Penambahan alkohol bioetanol menurunkan emisi Hidrokarbon 4,24%, menurunkan emisi Karbonmonoksida 16,67%, dan meningkatkan panas gas buang 10,70%, serta meningkatkan efisiensi bahan bakar sebesar 38,62%. Akan tetapi tantangan terberat dari pemanfaatan alkohol bioetanol adalah pada propertis viskositas. Sanjaya dkk [8] dalam bukunya memaparkan bahwa propertis viskositas menjadi atensi set-up khusus melalui mixer bahan bakar. Viskositas bioetanol mencapai 1,08 mm²/s lebih tinggi daripada gasoline sebesar 0,4 mm²/s. Hal ini untuk mencegah reaksi pemisahan bioetanol dengan bahan bakar yang dicampur. Selain itu, viskositas yang tinggi dari bioetanol menimbulkan penumpukan sedimen pada lubang injektor. Hal ini mengakibatkan kerja sistem *Elektric Fuel Injection* (EFI) dalam menginjeksikan bahan bakar menjadi terhambat.

Elektric Fuel Injection merupakan metode yang digunakan untuk mengganti mekanis pengkabutan oleh sistem Karborator yang dinilai tidak efisien [9]. Sistem EFI menggantikan mekanisme venturi pada Karburator melalui pengkabutan langsung oleh Nozzle [10]. Sistem EFI menggantikan kerja kevakuman Piston pada langkah hisap melalui penyemprotan droplet bahan bakar berbantu pompa bahan bakar dan kerja Nozzle. Sistem EFI mengontrol secara akurat kebutuhan operasi melalui sensor *Throttle Position Sensor* (TPS), *Crankshaft Position Sensor* (CKP), *Intake Air Pressure Sensor* (IAPS), *Intake Air Temperature Sensor* (IATS) dan *Coolant temperature Sensor* (CTS) [11];[12]. Tekanan pada pompa bahan bakar menjadi kunci penyemprotan droplet bahan bakar di dalam ruang bakar. Tekanan pompa yang rendah mengurangi pembentukan droplet yang disemprotkan oleh Nozzle. Semakin kecil

diameter droplet maka semakin efisien busi membakar bahan bakar [13]. Panas yang dikeluarkan oleh busi cukup membakar seluruh *fuel* yang disemprotkan ke dalam ruang bakar. Akan tetapi, viskositas *fuel* yang tinggi mengakibatkan panas busi, dan tekanan

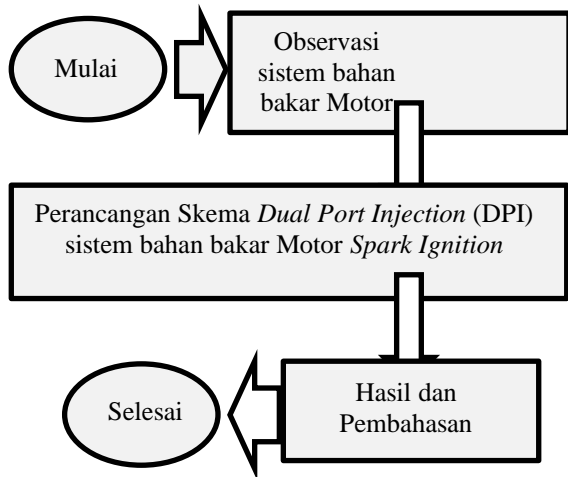
Beberapa penelitian [7];[8];[14]; melakukan simulasi melalui mixer secara prototype untuk mempertahankan homogenisasi campuran bahan bakar. Pengoerasian prototype membutuhkan volume bahan bakar minimal 500ml menyesuaikan dimensi Fuel Pump. Akan tetapi pengujian eksperimen ini hanya dilakukan secara *Dummy*. Metode ini tidak efisien dan tidak bisa dilakukan pengukuran secara akurat [15];[2]. Selain itu, metode ini tidak bisa diterapkan secara faktual sehingga perlu dilakukan penyesuaian [8]. Penelitian Waluyo dkk. [14] memberikan gambaran berbeda yaitu untuk mempertahankan homogenisasi bahan bakar dilakukan pengadukan secara laboratorium menggunakan unit Magnetic Stirrer. Melalui pengoperasian unit Magnetic Stirrer, bahan bakar campuran akan terus tertahan namun hanya sebatas preparasi atau tidak bisa dilakukan hingga saat eksperimen.

Metode pencampuran juga dilakukan dalam penelitian Verma dkk. [16] dan Yu dkk. [17] melalui *Dual Port Injector* (DPI). *Blending* bahan bakar melalui metode *Dual Port Injector* (DPI) dengan cara memodifikasi *intake manifold*, dan sistem bahan bakar. *Dual Port Injection* adalah metode *blending fuel* dengan suplay terpisah namun dengan *timing* yang sama [17];[16]. Melalui DPI, volume yang disuplay dapat dikontrol melalui mekanisme *Electric Control Unit* (ECU). ECU menjadi *control post* terhadap besaran volume yang diinjeksikan pada ruang bakar. Winangun dkk. [18] Mengatakan bahwa metode ini efisien daripada dicampurkan secara langsung pada *fuel tank* yang menuntut tingginya volume bahan bakar yang disediakan. Sistem spray yang dilakukan oleh Nozzle mengurangi bahan bakar yang hilang di ruang intake manifold akibat panas dari temperature ruang intake dan ruang mesin [7];[19].

Additive biasanya berasal dari alkohol yang notabene memiliki viskositas yang tinggi daripada Gasolin [20];[6]. Bioetanol, methanol, butanol, dan jenis alkohol lain yang sejenis merupakan *additive* yang sering digunakan untuk mengurangi prosentase Gasolin [14];[21];[22]. Hal ini bertujuan mengurangi ketergantungan bahan bakar gasolin melalui peningkatan *Octane number* [23]. Akan tetapi viskositas yang tinggi dari alkohol menjadi kendala yang menciptakan pembentukan karbon pada proses pembakaran serta menjadi kendala homogenisasi pada proses pencampuran bahan bakar pada tangki bahan bakar [24]. Oleh karena itu, melalui perancangan skema *Dual Port Injection* (DPI) yang diterapkan pada motor spark ignition (SI), viskositas yang tinggi pada alkohol dapat terurai melalui simulasi secara *dummy*. Melalui simulasi DPI, volume bahan bakar dapat diatur, sehingga dapat ditentukan prosentase *additive* dan bahan bakar gasolin yang akan digunakan.

2. Metode

Metode yang diterapkan dalam riset ini adalah perancangan seperti yang dipaparkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Alur perancangan skema *Dual Port Injection* (DPI) motor *Spark Ignition*

Dual Port Injection (DPI) dirancang untuk memberikan suplay tambahan bahan bakar di dalam ruang bakar [16]. DPI sebagai solusi meningkatkan homogenisasi bahan bakar pada eksperimen *blending* antara bahan bakar gasolin dengan bioetanol. Melalui metode DPI efisiensi penggunaan bahan bakar dapat terwujud dan terukur secara akurat. Penelitian perancangan DPI dilaksanakan dengan tahapan pertama adalah Observasi sistem bahan bakar Motor *Spark Ignition* berbasis EFI yang bertujuan mendalami konsep kerja sistem EFI beserta fungsi kerja komponen Motor *Spark Ignition*. Tahap ini untuk memudahkan pembuatan skema *Dual Port Injection*. Metode yang diterapkan dalam tahap ini yakni observasi sistem bahan bakar pada motor bakar berbasis *Electric Fuel Injection* (EFI) dengan spesifikasi yang dipresentasikan pada Gambar 2. Sedangkan tahapan yang kedua adalah perancangan Skema sistem bahan bakar DPI Motor *Spark Ignition*. Tahap ini melakukan pembuatan skema sistem bahan bakar *Dual Port Injection* melalui modifikasi sistem bahan bakar motor bakar berbasis EFI dengan ECU tipe 3C1 seperti yang dipresentasikan pada Gambar 3.



Gambar 2. Motor *Spark Ignition* kapasitas 150cc tipe 3C1 [25]

Tabel 1. Spesifikasi Motor *Spark Ignition* kapasitas 150 cc tipe 3C1 [26]

No.	Parameter	Spesifikasi
1	Tipe Motor	3C1, 4 langkah, SOHC
2	Volume silinder	149,8 cc
	Diameter x langkah	57,0 x 58,7 mm
	Rasio kompresi	10,40 : 1
3	Torsi maksimum	14,5 N.m / 7500 rpm
	Daya maksimum	11,1 kW/8500 rpm
4	Sistem bahan bakar	<i>Electric Fuel Injection</i> (EFI)
5	Tipe Transmisi	Manual, 5 kecepatan
	Tipe Kopling	Multiplat, Manual, Basah
6	Kapasitas bahan bakar	12,0 liter
7	Sistem bahan bakar	<i>Throttle body</i> AC 28-1
	Sistem Pengapian	<i>Transistor Controlled Ignition</i> (TCI) digital, Busi CR8E/U24ESR-N
7	Sistem Pendinginan	Coolant-Air



Gambar 3. *Electric Control Unit* (ECU) Motor bakar kapasitas 150cc [27]

Gambar 3 mempresentasikan fisik ECU. ECU mengatur operasi sistem bahan bakar sistem EFI. ECU menjadi piranti yang mengontrol operasi sistem bahan bakar EFI melalui masukan *signal* dari sensor-sensor seperti CKP, TPS, IAPS, O2, dan *engine temperature* [10]. Melalui kerja ECU, waktu penginjeksian bahan bakar diinjeksikan sesuai dengan waktu yang ditentukan. Lamanya timing penginjeksian mempengaruhi besarnya volume bahan bakar yang disuplay di ruang bakar [28]. Adapun komponen penting dalam penginjeksian bahan bakar lainnya adalah pompa bahan bakar seperti yang dipresentasikan pada Gambar 4.



Gambar 4. *Fuel Pump* Motor *Spark Ignition* kapasitas 150cc [29]

Pompa bahan bakar sistem EFI adalah jenis elektrik yang bekerja berdasarkan daya listrik dari baterai dengan

sistem kelistrikan *Direct Current* (DC). *Fuel pump* sistem EFI berfungsi menarik *fuel* dari *fuel tank* dan dipertahankan di dalam *fuel pipe* dengan tekanan tinggi sebesar 250 kPa. Tekanan bahan bakar menjadi syarat efisiensi kinerja pompa bahan bakar [28]. Injektor nozzle yang dipresentasikan pada Gambar 5 merupakan komponen utama yang memanfaatkan tekanan bahan bakar pada pipa bahan bakar.



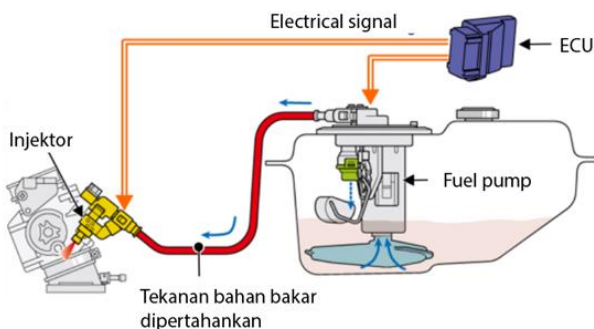
Gambar 5. Nozzle Injektor Motor bakar kapasitas 150cc [30]

Nozzle injektor merupakan komponen terakhir pada sistem bahan bakar EFI dengan tugas menutup dan membuka jalan penginjeksian bahan bakar. Durasi pembukaan lubang nozzle diatur oleh ECU melalui feedback berupa tegangan yang masuk menuju bodi Nozzle. Sensor CKP menjadi aktor dari penentuan durasi penginjeksian bahan bakar oleh Nozzle [10].

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Observasi sistem bahan bakar Motor *Spark Ignition* berbasis EFI

Observasi sistem bahan bakar Motor *Spark Ignition* berbasis EFI melalui skema yang dipresentasikan pada Gambar 6. Tahapan observasi memberikan pendalaman tentang konsep kerja sistem bahan bakar berbasis EFI.



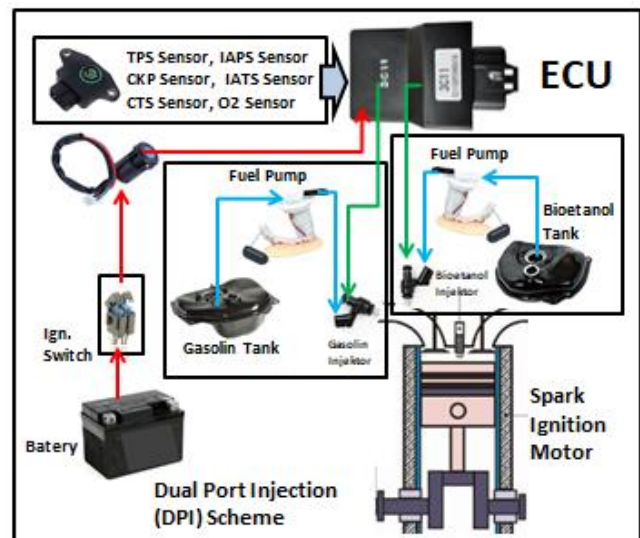
Gambar 6. Simulasi sistem bahan bakar Motor *Spark Ignition* berbasis *Electric Fuel Injection* (EFI) [31]

Sistem bahan bakar Motor *Spark Ignition* berbasis EFI tersusun atas *Electric Control Unit* (ECU), *Fuel Pump*, Pipa tekanan tinggi, dan Injektor. ECU berfungsi mengatur pengaturan *Air Fuel Ratio* (AFR) yang disirkulasikan menuju ruang bakar melalui *feedback* dari sensor TPS, CKP, IAPS, IATS dan *Coolant temperature Sensor* (CTS) [12]; [11]. Berikut hasil observasi sistem bahan bakar motor *Spark Ignition* berbasis EFI:

- 1) AFR motor *Spark Ignition* berbasis EFI sebesar 14,7:1 adalah pengaturan standar yang disuplay ke dalam ruang bakar [15] dengan suplay tekanan bahan bakar 250 kPa [10].
- 2) Sistem ECU akan bekerja memberikan signal kepada Pompa bahan bakar melalui *feedback signal* yang diberikan oleh sensor TPS, sensor IAPS, dan sensor CKP. Pompa bahan bakar senantiasa memompakan bahan bakar dari tangki bahan bakar yang diteruskan kedalam Pipa tekanan tinggi.
- 3) Injektor menjadi komponen terakhir yang bertugas menginjeksikan bahan bakar ke dalam ruang bakar sesuai dengan *Air Fuel Ratio* (AFR) sistem ECU. AFR sistem ECU akan menyesuaikan secara otomatis berdasarkan *feedback* dari sensor IATS yang memberikan data temperatur udara yang masuk ke dalam ruang bakar, dan dari sensor CTS yang memberikan data temperatur air pendingin sebagai pertimbangan ECU untuk menyesuaikan *timing* penginjeksian.

3.2 Perancangan Skema *Dual Port Injection* (DPI) sistem bahan bakar Motor *Spark Ignition*

Dual Port Injection (DPI) bertujuan memberikan tambahan suplay bahan bakar lewat injektor tambahan dengan pompa bahan bakar, dan tangki bahan bakar berbeda [17]. DPI adalah cara praktis sebagai solusi tidak homogenya campuran bahan bakar gasolin dengan bioetanol karena perbedaan sifat kimia khususnya massa jenis [32]. DPI yang dirancang ditunjukkan pada Gambar 7.



Gambar 7. Skema Sistem *Dual Port Injection* Motor *Spark Ignition*

Berdasarkan skema DPI yang telah dibuat, DPI dirancang dengan menggandakan komponen sistem bahan bakar Motor *Spark Ignition* berbasis EFI sebagai suplay bahan bakar bioetanol. Berikut rincian has

Komponen yang digandakan antara lain, injektor nozzle, pipa bahan bakar tekanan tinggi, *Fuel pump*, dan tangki bahan bakar dengan spesifikasi seperti komponen sistem bahan bakar gasolin. Berikut rincian siklus kerja skema DPI Motor *Spark Ignition*:

- 1) Signal ECU yang dikirimkan pada sistem bahan bakar gasolin dicabangkan sebagai sistem bahan bakar bioetanol.
- 2) Unit ECU dilakukan remap untuk mengatur komposisi bahan bakar/ *Air Fuel Ratio* (AFR) yang diinjeksikan oleh injektor nozzle bahan bakar gasolin dan injektor nozzle bahan bakar bioetanol.
- 3) *Feedback Signal* yang diberikan oleh sensor TPS, IAPS, dan sensor CKP kepada unit ECU akan dikirimkan kepada sistem bahan bakar gasolin dan sistem bahan bakar bioetanol.
- 4) Ketika daya baterai dihubungkan, maka ECU mengirimkan *signal* pada *Fuel pump* bahan bakar gasolin dan *Fuel pump* bahan bakar bioetanol untuk melakukan pemenuhan bahan bakar pada pipa tekanan 250 kPa.
- 5) Ketika poros engkol digerakkan maka tegangan dari baterai akan diteruskan oleh ECU menuju injektor nozzle gasolin dan injektor nozzle bioetanol agar menginjeksikan bahan bakar ke dalam ruang bakar secara bersamaan sesuai AFR hasil remap dan berdasarkan *Fairing order* yang diberikan oleh *signal* sensor CKP.

4. Kesimpulan

Skema *Dual Port Injection* (DPI) yang dibuat adalah skema penggandaan sistem bahan bakar berbasis injeksi untuk mengakomodir suplay bahan bakar bioetanol pada ruang bakar. Komponen yang digandakan adalah pompa bahan bakar, injektor nozzle, pipa bahan bakar tekanan tinggi, tangki bahan bakar. Melalui penggunaan ECU komersil maka pengaturan siklus dapat dilakukan dengan cara remap. Siklus skema DPI bekerja ketika daya listrik baterai dihubungkan maka ECU akan memberikan signal kepada pompa bahan bakar dengan tujuan mensuplay bahan bakar di pipa bahan bakar dan kepada injektor nozzle agar menginjeksikan bahan bakar gasolin dan bioetanol ke dalam ruang bakar sesuai *Fairing order* yang diberikan oleh signal sensor CKP.

Daftar Pustaka

- [1] M. Amine and Y. Barakat, "Effect of cyclohexanol on phase stability and volatility behavior of hydrous ethanol-gasoline blends," *Egypt. J. Pet.*, vol. 30, no. 3, pp. 7–12, 2021, doi: 10.1016/j.ejpe.2021.04.001.
- [2] M. T. Q. S. Syarifudin, E. Yohana, M. Muchammad, S. Suhartana, F. Fatkhurrozak, F. L. Sanjaya, "Korelasi Konsentrasi Etanol 5 % Pada Bahan Bakar Gasolin Terhadap Performa, dan Emisi Gas Buang Mesin Bensin 150cc," vol. 14, no. 01, pp. 149–154, 2023, doi: 10.35970/infotekmesin.v14i1.1737.
- [3] Gaikindo, "Hasil Sensus BPS: Jumlah Kendaraan Bermotor di Indonesia Tembus 133 Juta Unit," *Gaikindo*, 2019. <https://www.gaikindo.or.id/data-bps-jumlah-kendaraan-bermotor-di-indonesia-tembus-133-juta-unit/>
- [4] Nabila Nur Hana Putri, "Analisis Ingatkan Dampak Konflik Israel-Palestina ke Harga Minyak," *Katadata.com*, 2023. <https://katadata.co.id/hariwidowati/finansial/652e5540a90bf/analisis-ingatkan-dampak-konflik-israel-palestina-ke-harga-minyak>
- [5] VOA, "OECD: Ekonomi Global 2024 Melamban Akibat Inflasi dan Perang," *voaindonesia.com*, 2023. <https://www.voaindonesia.com/a/oecd-ekonomi-global-2024-melamban-akibat-inflasi-dan-perang/7377391.html>
- [6] R. A. Y. L. Calvin, P. A. T. Hariyanto, A. I. Usman, M. Masuku, C. S. Wibowo, M. Maymuchar and B. S. N. A. Fathurrahman, "Volatility and physicochemical properties of gasoline-ethanol blends with gasoline RON-based 88, 90, and 92," *Fuel*, vol. 307, no. August 2021, p. 121850, 2022, doi: 10.1016/j.fuel.2021.121850.
- [7] S. Syarifudin and H. K. F. L. Sanjaya, F. Fatkhurrozak, M. K. Usman, Y. Sibagariang, "Effect methanol, ethanol, Butanol on the emissions characteristics of gasoline engine," *Automot. Exp.*, vol. 4, no. 2, pp. 62–67, 2021, doi: 10.31603/ae.4641.
- [8] F. L. Sanjaya and N. Sinaga, "Effect of Premium-Butanol Blends on Fuel Consumption and Emissions on Gasoline Engine with Cold EGR System Effect of Premium - Butanol Blends on Fuel Consumption and Emissions on Gasoline Engine with Cold EGR System," pp. 11–17, 2019, doi: 10.1088/1742-6596/1373/1/012019.
- [9] T. Sugiarto, D. S. Putra, W. Purwanto, and W. Wagino, "Analisis Perubahan Output Sensor Terhadap Kerja Aktuator pada Sistem EFI (Electronic Fuel Injection)," *INVOTEK J. Inov. Vokasional dan Teknol.*, vol. 18, no. 2, pp. 91–100, 2018, doi: 10.24036/invotek.v18i2.418.
- [10] Y. j. L. Rizky Kiky Adriaansz, "Analisis Perbandingan Penyemprotan Injektor Ymjet-fi," *J. Voering*, vol. 6, no. 2, pp. 72–80, 2021.
- [11] C. N. Nasuha, A. A. Nursalim, and M. Haerudin, "Pengaruh penggunaan ecu standar dan ecu racing brt terhadap unjuk kerja motor vixion 2019," *J. Fak. Tek. Unisa kuningan*, vol. 3, no. 3, pp. 71–76, 2022.
- [12] A. D. Soewono, M. Darmawan, and J. Halim, "Kajian Eksperimental Pengaruh Penggunaan Electronic Control Unit Aftermarket Pada Daya, Torsi, Emisi Dan Konsumsi Bahan Bakar Sepeda Motor 150Cc," *J. Rekayasa Mesin*, vol. 14, no. 2, pp. 487–497, 2023, doi: 10.21776/jrm.v14i2.1276.
- [13] M. M. Al Fikri, T. Mesin, F. Teknik, and U. Islam, "Majapahit Mechanical Engineering Analisa Sistem Kerja Electrical Fuel Injection (Efi) Pada Motor Honda Cbr 150," pp. 1–10, 2018.
- [14] and B. C. P. B. Waluyo, "Exhaust Gas Emissions of Homogeneous Gasoline-Methanol-(Ethanol) Blends," *Automot. Exp.*, vol. 5, no. 2, pp. 173–181, 2022, doi: 10.31603/ae.6599.
- [15] S. Munahar and M. Setiyo, "Pemodelan AFR pada Mesin EFI dengan Kontrol Dinamika Mesin, Kecepatan Kendaraan, dan Sistem Transmisi AFR Modeling of EFI Engine Based on Engine Dynamics, Vehicle Dynamics, and Transmission System," vol. 7, no. 1, p. p-ISSN, 2017, [Online]. Available: <https://e-journal.itp.ac.id/index.php/jtm>
- [16] A. Verma, N. S. Dugala, and S. Singh, "Experimental investigations on the performance of SI engine with Ethanol-Premium gasoline blends," in *Materials Today: Proceedings*, Elsevier Ltd, 2021, pp. 1224–1231. doi: 10.1016/j.matpr.2021.08.255.
- [17] X. Yu *et al.*, "Experimental study on the effects of EGR on combustion and emission of an SI engine with gasoline port injection plus ethanol direct injection," *Fuel*, vol. 305, no. July, p. 121421, 2021, doi: 10.1016/j.fuel.2021.121421.
- [18] K. Winangun *et al.*, "Penggunaan bahan bakar terbarukan (biodiesel-hidrogen) pada mesin diesel dual fuel untuk mendukung energy transition di Indonesia," *J. Progr. Stud. Tek. Mesin UM Metro*, vol. 12, no. 1, pp. 1–8, 2023.
- [19] F. L. Sanjaya, M. K. Usman, F. Fatkhurrozak, S. Syarifudin, and A. B. Hendrawan, "Efek Pencampuran Butanol dan Diethyl Ether (DEE) Pada Peralatan Terhadap Torsi, Daya dan Brake Spesific Fuel Consumption Mesin Bensin 160cc," *Infotekmesin*, vol. 14, no. 2, pp. 280–284, 2023, doi: 10.35970/infotekmesin.v14i2.1906.
- [20] M. K. Mohammed, H. H. Balla, Z. M. H. Al-Dulaimi, Z. S.

- Kareem, and M. S. Al-Zuhairy, "Effect of ethanol-gasoline blends on SI engine performance and emissions," *Case Stud. Therm. Eng.*, vol. 25, no. May 2020, p. 100891, 2021, doi: 10.1016/j.csite.2021.100891.
- [21] F. B. Ismail, A. Al-Bazi, and I. G. Aboubakr, "Numerical investigations on the performance and emissions of a turbocharged engine using an ethanol-gasoline blend," *Case Stud. Therm. Eng.*, vol. 39, no. April, p. 102366, 2022, doi: 10.1016/j.csite.2022.102366.
- [22] M. Amirabedi, S. Jafarmadar, and S. Khalilarya, "Experimental investigation the effect of Mn2O3 nanoparticle on the performance and emission of SI gasoline fueled with mixture of ethanol and gasoline," *Appl. Therm. Eng.*, vol. 149, pp. 512–519, Feb. 2019, doi: 10.1016/j.applthermaleng.2018.12.058.
- [23] F. Fatkhurrozak, F. L. Sanjaya, E. Yohana, J. Prof, S. No, and K. Semarang, "Karakteristik Emisi CO dan HC Mesin bensin SOHC 110cc Berbahan bakar Peralite-Alkohol," vol. 13, no. 01, pp. 189–193, 2022, doi: 10.35970/infotekmesin.v13i1.1067.
- [24] R. Anggarani, C. S. Wibowo, and B. Sugiarto, "Concentrations of Gasoline-Ethanol-Methanol (GEM)," vol. 6, no. 2, pp. 407–415, 2023.
- [25] Motogokil, "Mesin New Vixion Lightning 1PA, Sesuatu," *Motogokil*, 2014. <https://motogokil.com/2014/03/30/mesin-new-vixion-lightning-1pa-sesuatu/>
- [26] R. Panjaitan, "Metodologi Penelitian: Metodologi penelitian Skripsi," *Rake Sar.*, vol. 2, no. 01, p. 51, 2017.
- [27] S. Dwi Ikhwanudin and J. Teknik Mesin, "PENGARUH PENGGUNAAN ENGINE CONROL UNIT(ECU) UNLIMITER TERHADAP ENGINE MOTOR YAMAHA V-IXION 150CC I Made Arsana".
- [28] N. Lestari, "Analisa Variasi Arus Pengelasan Ss 304 Menggunakan Shielded Metal Arc Welding (Smaw) Terhadap Kekuatan Mekanisnya," *Otopro*, vol. 16, no. 1, p. 18, 2020, doi: 10.26740/otopro.v16n1.p18-22.
- [29] A. Aryadi, "Kajian Eksperimental Pengaruh Variasi Tekanan Electric Fuel Pump Terhadap Daya, Torsi Mesin, Emisi Gas Buang Dan Konsumsi Bahan Bakar Sepeda Motor Injeksi," *Teknobiz J. Ilm. Progr. Stud. Magister Tek. Mesin*, vol. 10, no. 3, pp. 55–60, 2020, doi: 10.35814/teknobiz.v10i3.1764.
- [30] M. V. Hermawan and A. E. Winarta, "Studi Eksperimen Pengaruh Jumlah Lubang Nosel Injektor Terhadap Performa Mesin Sepeda Motor," *J. Tek. Atw*, no. 23, pp. 77–84, 2020.
- [31] Ihai, "No Title," *Ihaisp.com*, 2022. <https://www.ihaisp.com/2022/09/sistem-fi-yamaha.html>
- [32] F. Fatkhurrozak, F. L. Sanjaya, S. Syarifudin, A. B. Hendrawan, M. K. Usman, and G. Gunawan, "Pengaruh Penambahan methanol Terhadap Emisi Bahan Bakar Mesin Sepeda Motor Berbahan Bakar Pertamina 150 CC," *Infotekmesin*, vol. 14, no. 2, pp. 189–193, 2023, doi: 10.35970/infotekmesin.v14i2.1719.