METROTECH
Journal of Mechanical and Electrical Technology
Vol.4 No.2, Mei 2025, E-ISSN 2809-9605 | P-ISSN 2827-8097

Pengaruh Perubahan Durasi Injeksi Terhadap Konsumsi Bahan Bakar pada Kendaraan Ken Arok Berbahan Bakar *Ethanol* E100

Nike Nur Farida[1*], Afif Maulana[2], Agus Dwi Putra[3]
[1,2,3] Politeknik Negeri Malang, Malang
[*]Penulis Korespondensi, email: nikenfarida@polinema.ac.id

Received:25/04/2025 *Revised:07/05/2025* *Accepted: 07/05/2025*

Abstract. *The demand for bioethanol presents a significant opportunity for Indonesia's future. Indonesia aims to increase the use of bioethanol to 20% (B20) by 2025 and to 85% (B85) by 2050. As a result, the share of petroleum demand in 2050 is expected to decline due to the implementation of a mixture comprising 85% bioethanol and 100% biodiesel, with projected oil demand at 37% in 2050. This study aims to test, analyze, and determine the ignition angle and optimal injection duration to achieve efficient fuel consumption using E100 ethanol fuel. The method employed is a direct experiment where researchers aim to assess fuel consumption by varying injection duration to 5.16 ms, 5.36 ms, 5.56 ms (standard), 5.76 ms, and 5.96 ms. Fuel consumption testing is conducted with a fuel volume of 25 ml, allowing assessment of how long the fuel lasts at engine speeds of 1500, 2000, 3000, and 4000 rpm. The results of the injection duration study affect fuel consumption. Where by reducing the injection duration, fuel consumption will decrease. The best fuel consumption is at the ignition duration condition of 5.16 ms and the ignition time at 10.50 BTDC, which is 17.7 ml/minute, 9.27% more efficient than the standard mapping pattern.*

Keywords: *Injection duration, Timing injection, Ethanol, Fuel consumption*

Abstrak. Permintaan bioetanol memberikan peluang yang besar bagi masa depan Indonesia. Indonesia menargetkan pemanfaatan bioetanol pada tahun 2025 mencapai 20% (B20) dan pada tahun 2050 mencapai 85% (B85). Dengan ini, pangsa permintaan minyak bumi pada tahun 2050 akan menurun karena penerapan campuran 85% bioetanol dan 100% biodiesel dengan perkiraan permintaan minyak pada tahun 2050 menjadi 37%. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menguji, menganalisis, dan menentukan nilai sudut pengapian dan durasi injeksi yang tepat untuk menghasilkan konsumsi bahan bakar yang efisien dengan menggunakan bahan bakar etanol E100. Metode yang digunakan adalah eksperimen langsung di mana peneliti ingin melihat konsumsi bahan bakar dengan memvariabelkan durasi injeksi dari 5,16 ms, 5,36 ms, 5,56 ms (standar), 5,76 ms, dan 5,96 ms. Pengujian konsumsi bahan bakar dengan pengaturan jumlah bahan bakar yang diuji sebanyak 25 ml yang nantinya akan diketahui berapa lama bahan bakar tersebut habis terpakai pada putaran mesin 1500, 2000, 3000, dan 4000 rpm. Hasil penelitian durasi injeksi berpengaruh terhadap konsumsi bahan bakar. Dimana dengan mengurangi durasi injeksi maka konsumsi bahan bakar akan menurun. Konsumsi bahan bakar terbaik terletak pada kondisi durasi pengapian 5,16 ms dan waktu pengapian di 10,50 BTDC yakni sebanyak 17,7 ml/menit, lebih irit 9,27 % dibanding pola mappping standar.

Kata Kunci: Durasi injeksi, Waktu pengapian, Etanol, Konsumsi bahan bakar

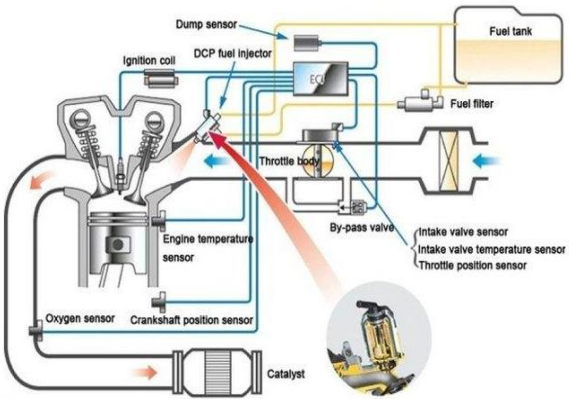
I. PENDAHULUAN

Difersifikasi sumber energi terbarukan sangat penting untuk memaksimalkan sumber daya energi Indonsesian yang tersedia. Sehingga transisi menuju bahan bakar alternatif terbarukan sangat penting untuk mengurangi dampak lingkungan dan ekonomi dari konsumsi bahan bakar fosil. *Ethanol* salah satu jenis *biofuel* yang layak sebagai bahan bakar transportasi. Permintaan *ethanol* memiliki peluang yang cukup besar untuk masa depan Indonesia. Indonesia menargetkan pemanfaatan bioetanol pada tahun 2025 mencapai 20% (B20) dan pada tahun 2050 mencapai 85% (B85). Dengan ini pangsa permintaan minyak bumi di tahun 2050 akan menurun akibat diterapkannya pencampuran bioetanol sebesar 85% serta biodiesel 100% dengan perkiraan permintaan minyak pada tahun 2050 menjadi 37% [1]. Bahan bakar *ethanol* cocok digunakan dengan kebutuhan kendaraan karena

angka oktan *ethanol* yang lebih tinggi sehingga tidak mudah terjadi *knocking* dan dapat digunakan pada kendaraan yang memiliki rasio kompresi lebih tinggi dan efisien thermal yang lebih baik [2]. Bahan bakar *ethanol* juga lebih ramah lingkungan karena memiliki emisi yang lebih rendah dibanding bahan bakar minyak yang terbuat dari fosil [3]. *Ethanol*, yang juga dikenal sebagai etil alkohol, dapat digunakan sebagai bahan bakar kendaraan dan berpotensi menggantikan bensin sebagai sumber bahan bakar utama untuk mobil. *Ethanol* memiliki rumus kimia C_2H_5OH dan berbentuk cair pada suhu ruangan. *Ethanol* menunjukkan nilai oktan tinggi sekitar 108 (RON), sehingga cocok untuk mesin dengan rasio kompresi tinggi [3], [4]. Agar dapat menggunakan bahan bakar *ethanol* pada kendaraan berbahan bakar bensin, maka diperlukan beberapa perubahan pada karakteristik mesin seperti meningkatkan rasio kompresi di ruang bakar *engine*, memodifikasi sistem pemasukan bahan bakar, serta sudut pengapiannya. ECU (*Electronic Control Unit*) yang dapat diprogram ulang diperlukan untuk melakukan penyesuaian ini agar dapat mengubah durasi injeksi bahan bakar pada mesin injeksi [5].

Durasi injeksi (*injection duration*) adalah suatu proses lamanya injektor menginjeksikan bahan bakar ke dalam ruang bakar pada setiap silinder [6]. Hal ini berkaitan dengan jumlah bahan bakar yang disemprotkan sehingga berpengaruh terhadap *Air Fuel Ratio* (AFR). Durasi injeksi dikontrol oleh ECU berdasarkan masukan sinyal dari sensor. Pada penelitian Junipitoyo [7] penambahan durasi injeksi (durasi injeksi 7,2 ms) menghasilkan *Specific Fuel Consumption* (SFC) minimum sebesar 0,32 kg/kW.h pada putaran 3500 rpm.

Sistem EFI atau *Electric Fuel Injection* merupakan sistem penginjeksian bahan bakar pada ruang bakar yang diatur secara komputerisasi oleh ECU *(Electronic Control Unit)* [8]. Namun adanya perkembangan teknologi saat ini ECU tidak hanya mengatur sistem bahan bakar saja, tetapi juga bisa mengatur sistem pengapian. Jumlah bahan bakar yang diinjeksikan juga dipengaruhi oleh tekanan bahan bakar, ukuran lubang injeksi, dan berapa lama lubang injeksi terbuka. Karena tekanan bahan bakar ditentukan oleh pengatur tekanan bahan bakar dan bukaan injektor, maka jumlah bahan bakar ditentukan dengan menentukan waktu bukaan injektor (waktu injeksi) [5].



Gambar 1. Konstruksi sistem EFI [9]

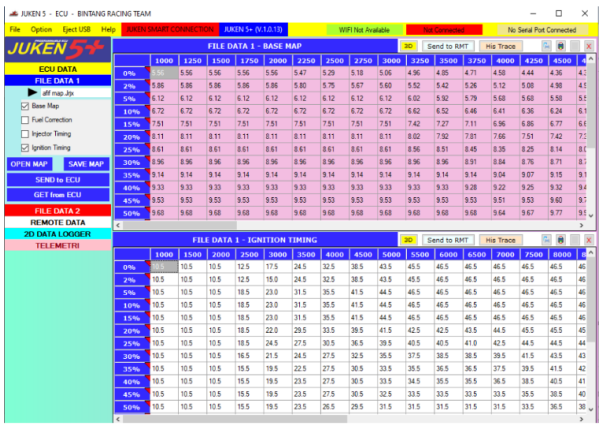
Sistem EFI pada umumnya proses penginjeksian bahan bakar terjadi di bagian ujung *intake manifold* masuk sebelum *inlet valve* (katup/klep masuk). Pada saat *inlet valve* terbuka, yaitu pada langkah hisap, udara yang masuk ke ruang bakar sudah bercampur dengan bahan bakar. Secara ideal, sistem EFI harus dapat mennyuplai sejumlah bahan bakar yang disemprotkan agar dapat bercampur dengan udara dalam perbandingan campuran yang tepat sesuai kondisi putaran dan beban mesin, kondisi suhu kerja mesin dan suhu atmosfir saat itu. Sistem arus dapat mennyuplai jumlah bahan bakar yang bervariasi, agar perubahan kondisi operasi kerja mesin tersebut dapat dicapai dengan unjuk kerja mesin yang tetap optimal [9].

Mengacu pada mesin di mobil Ken Arok, yang mengusung mesin *Beat FI* 2015 yang dimodifikasi dengan bahan bakar *ethanol*. Mobil Ken Arok merupakan mobil urban *concept* yang dirancang dan dikembangkan oleh Tunas Autron Polinema. Namun pada Kompetisi Mobil Hemat Energi (KMHE) yang digelar di Sirkuit Bung Tomo Surabaya, mobil Ken Arok meraih hasil yang kurang memuaskan dan menempati posisi ke-5. Hal itu disebabkan terlalu boros konsumsi bahan bakar, sehingga mobil kehabisan bahan bakar. Untuk memecahkan masalah tersebut memerlukan penelitian dan pengujian untuk meminimalkan konsumsi bahan bakar mobil Ken Arok.

Tujuan penelitian adalah untuk menguji, menganalisa, dan mengetahui nilai durasi injeksi yang tepat agar menghasilkan konsumsi bahan bakar yang efisien dengan menggunakan bahan bakar *ethanol* E100. Dari penelitian ini diharapkan untuk memperoleh pengaturan *mapping* yang terbaik untuk mengurangi konsumsi bahan bakar pada mobil urban Ken Arok.

II. METODOLOGI

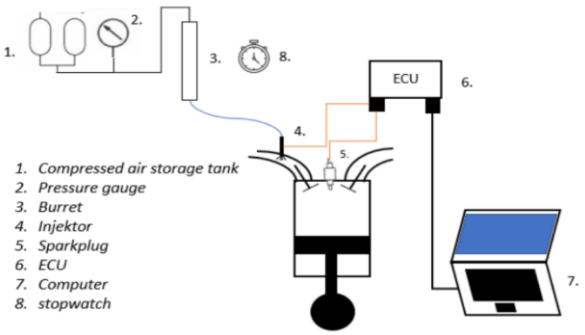
Dalam penelitian ini dilakukan dengan menggunakan metode eksperimen. Metode eksperimen adalah metode pengumpulan data yang diperoleh melalui pengamatan langsung terhadap objek penelitian dan melakukan pencatatan secara sistematis pada hal-hal yang diamati. Penelitian ini dilakukan dengan mengubah durasi injeksi, yang sudah ditetapkan sebagai variabel bebas terhadap konsumsi bahan bakar yang merupakan variabel terikat dan mendapatkan hasil konsumsi bahan bakar yang terbaik dengan menggunakan bahan bakar *ethanol* E100. Untuk penelitian ini, modifikasi dilakukan pada mobil urban Ken Arok. Penelitian ini menggunakan ECU *dual-band* Juken 5+ yang dapat diprogram untuk membandingkan hasil dari beberapa data pengujian tentang pengaruh dari berbagai durasi injeksi dan waktu pengapian pada mesin mobil Ken Arok. ECU akan di *mapping* ulang durasi injeksi sebagai berikut: 5,16 ms, 5,36 ms, 5,56 ms (standar), 5,76 ms, dan 5,96 ms.



Gambar 2. Tampilan *mapping* durasi injeksi

Pengujian dilakukan pada putaran mesin 1500, 2000, 3000, 4000 RPM yang dapat diketahui dalam aplikasi Juken 5+ di komputer di gambar 2. Sampel pengujian durasi injeksi dan waktu pengapian diatur juga melalui aplikasi juken 5+ yang kemudian dikirimkan ke ECU.

Pengambilan data konsumsi bahan bakar dengan menguji pada putaran mesin 1500, 2000, 3000, 4000 RPM tiap sampel dengan volume bahan bakar 25 ml. Bahan bakar yang digunakan adalah *ethanol* dengan kemurnian 96%. Setting peralatan penelitian ada pada gambar 3.



Gambar 3. *Setting* peralatan penelitian

Data waktu konsumsi bahan bakar dengan satuan detik tersebut diolah menjadi satuan ml/menit serta dihitung rata-ratanya dari hasil pengulangan sebanyak 3x. Untuk menghitung konsumsi bahan bakar menggunakan persamaan (1) sebagai berikut:

$$Fc = \frac{Vf \; x \; 60}{t} \text{[ml/min]} \qquad (1)$$

Dimana:
Fc = konsumsi bahan bakar (ml/min)
Vf = volume konsumsi bahan bakar (ml)
t = waktu konsumsi (s).

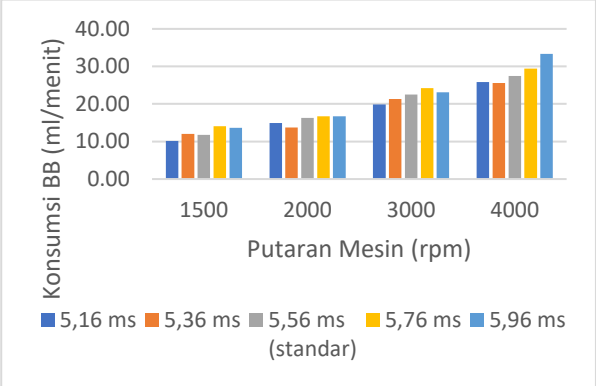
Kemudian hasil pengolahan data konsumsi bahan bakar tersebut ditampilkan berupa tabel dan grafik. Setelah data konsumsi bahan bakar diolah menjadi satuan ml/menit dan diketahui rata rata pada masing-masing sampel, maka dilakukan pembahasan secara deskriptif dan dianalisis hasilnya untuk mencari jawaban atas permasalahan pada penelitian.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Setelah dilakukan pengujian pada varian durasi injeksi 5,16 ms, 5,36 ms, 5,56 ms, 5,76 ms, 5,96 ms pada putaran mesin 1500, 2000, 3000, 4000 rpm didapatkan hasil terbaik dengan data sebagai berikut:

Tabel 1. Data pengujian konsumsi bahan bakar

Putaran Mesin (rpm)	Konsumsi Bahan Bakar (ml/menit)				
	Durasi Injeksi				
	5,16 ms	5,36 ms	5,56 ms (standar)	5,76 ms	5,96 ms
1500	10,16	12,07	11,79	14,11	13,68
2000	14,95	13,72	16,31	16,73	16,73
3000	19,83	21,33	22,50	24,19	23,11
4000	25,86	25,57	27,44	29,42	33,33



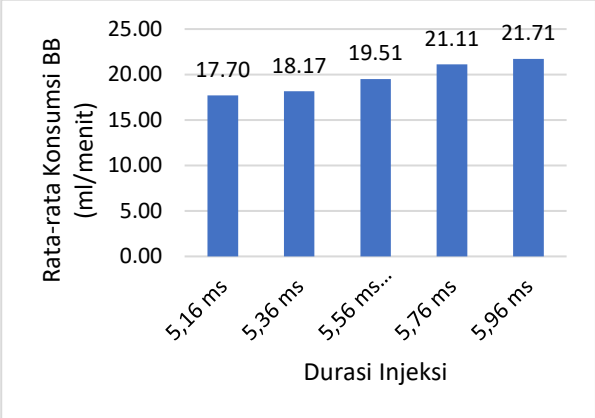
Gambar 4. Grafik pengujian konsumsi bahan bakar

Pada gambar 4 dapat dilihat dengan memvariasi durasi injeksi yang dipercepat memiliki rata rata penurunan konsumsi bahan bakar dibanding kondisi durasi injeksi standar. Hal ini disebabkan karena dengan mempercepat durasi maka bahan bakar yang disemprotkan injektor lebih sedikit karena waktu pembukaan injektor lebih cepat.

Pada pengaturan durasi injeksi 5,16 ms diperoleh hasil konsumsi bahan bakar tertinggi 25,86 ml/menit dan konsumsi bahan bakar terendah 10,16 ml/menit. Pada pengaturan durasi injeksi 5,36 ms diperoleh hasil konsumsi bahan bakar tertinggi 25,57 ml/menit dan konsumsi bahan bakar terendah 12,07 ml/menit. Pada pengaturan durasi injeksi 5,56 ms(standar) diperoleh hasil konsumsi bahan bakar tertinggi 27,44 ml/menit dan konsumsi bahan bakar terendah 11,79 ml/menit. Pada pengaturan durasi injeksi 5,76 ms diperoleh hasil konsumsi bahan bakar tertinggi 29,42 ml/menit dan konsumsi bahan bakar terendah 14,11 ml/menit. Pada pengaturan durasi injeksi 5,96 ms diperoleh hasil konsumsi bahan bakar tertinggi 33,33 ml/menit dan konsumsi bahan bakar terendah 13,68 ml/menit.

Pada tabel 1 durasi penginjeksian 5,36 ms pada RPM 2000 memiliki nilai yang lebih rendah di bandingkan durasi injeksi 5,16 ms. Data konsumsi bahan bakar memiliki selisih 1,23 ml/menit. Data tersebut sedikit berbeda daripada data lainnya yang konsumsi bahan bakarnya cenderung naik seiring dengan lebih lamanya durasi penginjeksian. Dengan durasi injeksi yang sedikit lebih lama, terutama pada putaran mesin rendah hingga menengah, injektor memiliki waktu lebih untuk menyemprotkan bahan bakar secara lebih halus dan teratomisasi. Atomisasi yang lebih baik akan menghasilkan partikel bahan bakar yang lebih kecil dan seragam. Ini meningkatkan luas permukaan bahan bakar yang terpapar udara. Partikel bahan bakar yang lebih kecil dan tercampur rata dengan udara akan terbakar lebih sempurna di ruang bakar. Pembakaran yang sempurna menghasilkan lebih banyak energi dari jumlah bahan bakar yang sama, sehingga meningkatkan efisiensi. Efek positif dari perpanjangan durasi injeksi mungkin lebih terasa pada kondisi beban rendah hingga menengah, namun pada beban tinggi atau akselerasi penuh, ECU akan secara otomatis meningkatkan konsumsi bahan bakar yang diinjeksikan untuk menghasilkan tenaga yang dibutuhkan.

Dari data pada tabel 1 kita lakukan rata rata dari tiap putaran mesin pada setiap durasi injeksi, sehingga kita dapat mengetahui rata rata konsumsi bahan bakar setiap putaran mesinnya dan dapat mengetahui nilai konsumsi bahan bakar terbaik.



Gambar 5. Grafik rata-rata konsumsi bahan bakar

Dari gambar 5 dapat dilihat bahwa dari hasil rata-rata konsumsi bahan bakar pada setiap durasi injeksi dari putaran 1500-4000 mendapatkan hasil sebagai berikut: pada pengaturan durasi injeksi 5,16 ms sebesar 17,7 ms/menit, pada pengaturan durasi injeksi 5,36 ms diperoleh hasil sebesar 18,17 ml/menit, pada pengaturan durasi injeksi 5,56 ms (standar) diperoleh hasil 19,51 ml/menit, pada pengaturan durasi injeksi 5,76 ms diperoleh hasil sebesar 21,11 ms dan pada pengaturan injeksi 5,96 ms diperoleh hasil sebesar 21,71 ms. Peningkatan ini terjadi karena lamanya waktu bukan injektor mempengaruhi banyaknya jumlah bahan bakar yang disemprotkan. Dimana semakin lama injektor menyemprotkan bahan bakar dengan demikian bahan bakar yang keluar dari injektor juga semakin banyak.

Dari rata rata konsumsi bahan bakar pada setiap durasi injeksi, dengan mengubah *mappping* durasi injeksi beserta waktu pengapian yang tepat, bisa memperoleh tingkat konsumsi terbaik, dimana pada pengujian ini konsumsi terbaik terdapat pada pola *mappping* durasi injeksi 5,16 ms dan waktu pengapian (standar) 10,50 BDTC seperti pada gambar 5.

Hal ini membuktikan bahwa dengan melakukan perubahan durasi injeksi yang diinteraksikan dengan waktu pengapian yang tepat maka dapat mengurangi konsumsi bahan bakar meskipun dengan menambah durasi injeksi. Menurut Arends & Berenschot [10] “Ketepatan waktu pengapian akan mempengaruhi daya maksimal yang dihasilkan. Apabila pengapian terlalu maju maka mesin akan terjadi *knocking* atau detonasi karena pada saat proses pemapatan bahan bakar belum sempurna busi sudah memercikkan bunga api sehingga pembakaran terjadi lebih cepat. Sedangkan jika pengapian terlalu mudur yang terjadi adalah daya akan berkurang”.

IV. KESIMPULAN DAN SARAN

Pengaruh durasi injeksi 5,16 ms, 5,36 ms, 5,56 ms (standar), 5,76 ms, 5,96 ms terhadap konsumsi bahan bakar pada mobil urban Ken Arok sebagai berikut:

1. Konsumsi bahan bakar terbaik terletak pada durasi injeksi 5,16 ms dengan nilai 17,70 ml/menit lebih rendah 9,27% dari durasi injeksi standar mobil urban Ken Arok. Karena semakin sedikit durasi penginjeksian maka bahan bakar yang disemprotkan akan semakin sedikit juga. Akan tetapi pada kondisi tersebut belum dilakukan pengujian terhadap daya dan torsi sehingga performa mesin yang dihasilkan dari kondisi tersebut belum sepenuhnya dinyatakan terbaik.
2. Variasi durasi injeksi pada penelitian ini menunjukkan bahwa terdapat kepengaruhan yang signifikan dari pengaturan durasi injeksi terhadap konsumsi bahan bakar. Tingkat konsumsi terbaik teletak pada durasi injeksi 5,16 ms. Hal ini terjadi karena semakin cepat durasi injeksi maka injektor akan semakin cepat pula menyemprotkan bahan bakar sehingga bahan bakar yang keluar dari injektor lebih sedikit.

Saran yang dapat dijadikan perbaikan penelitian kedepannya antara lain:

1. Penelitian sejenis dapat memvariasikan pembukaan katup *intake*. Pembukaan katup *intake* dapat dimajukan dengan cara mengubah sudut *camshaft* agar diperoleh konsumsi bahan bakar yang lebih baik.
2. Pengujian konsumsi bahan bakar juga dapat dilakukan dengan pengujian daya agar dapat

diperoleh nilai konsumsi bahan bakar spesifiknya.

3. Penelitian juga dapat dilakukan dengan merubah aspek aerodinamis kendaraan agar dapat menghasilkan gaya gesek yang minim pada mobil Ken Arok sehingga dapat mengurangi konsumsi bahan bakar ketika kendaraan berjalan.

REFERENSI

[1] "ENERGI INDONESIA 2019 SEKRETARIAT JENDERAL DEWAN ENERGI NASIONAL."

[2] I. G. K. , & T. I. G. N. P. Sukadana, "Pengaruh Penggunaan Arak Bali Sebagai Bahan Bakar Pada Mesin Empat Langkah Dengan Rasio Kompresi Bervariasi.," *FLYWHEEL JURNAL TEKNIK MESIN UNTIRTA*, vol. 11, no. 1, pp. 1–8, 2016.

[3] M. Rifal, R. Pido, and N. S. Dera, "Pengaruh Campuran Bahan Bakar *Ethanol* Bensin Terhadap Konsumsi Bahan Bakar dan Emisi Gas Buang Pada Kendaraan Bermotor 125 cc Sistem Injeksi.," *Gorontalo Journal of Infrastructure & Science Engineering*, vol. 4, no. 2, p. 5075, 2021.

[4] N. N. Farida, M. R. A. Yudhistira, and N. N. Rakhmaddian, "Impact of Injection Duration and Injection Timing Variations on Torque and Power Output of the Ken Arok Urban Car Utilizing E100 *Ethanol*," *Jurnal Teknik Mesin*, vol. 21, no. 2, pp. 43–50, Oct. 2024, doi: 10.9744/jtm.21.2.43-50.

[5] G. Agung Pamuji Nrp and A. Bambang Sudarmanta, "AN INFLUENCES OF IGNITION TIMING MAPPING AND FUEL INJECTION DURATION USING EXPERIMENTAL STUDY TROUGH THE ENGINE PERFORMANCE AND EXHAUST EMISSION OF BIOETANOL E100 FUEL HONDA CB150R ENGINE."

[6] A. Arif, N. Hidayat, and M. Y. Setiawan, "TERHADAP BRAKE MEAN EFFECTIVE PRESSURE DAN THERMAL EFFICIENCY PADA MESIN DIESEL DUAL FUEL," 2017.

[7] B. Junipitoyo Moch Rifai Politeknik Penerbangan Surabaya Program Studi Teknik Pesawat Udara Kampus Politeknik Penerbangan Surabaya and J. I. Jemur Andayani, "Performa Mesin Bensin Berbahan Bakar *Ethanol* 50 dengan Pengaturan Kompresi Rasio dan Durasi Injeksi."

[8] M. A. Lesmawanto, M. J. S, and Sudarman, "Analisis Perbandingan Kompresi Untuk Meningkatkan efisiensi Pada Mesin 4 Langkah Bahan Bakar Etanol E-100," in *Seminar Nasional Teknologi dan Rekayasa (SENTRA)*, 2018, pp. 100–103.

[9] H. Sahputra, "UNJUK KERJA SEPEDA MOTOR HONDA BEAT FI DENGAN VARIASI BAHAN BAKAR PERTAMAX DAN PERTAMAX TURBO," no. 1, pp. 2548–186, 2021.

[10] B., & B. H. Arends, *Motor Bensin*. Airlangga, 1980.