

Uji Performa *Engine Fuel Injection* Berbahan Bakar *Gasoline-Butanol* dan *Gasoline-Ethanol*

Firman Lukman Sanjaya^{1*}, Faqih Fatkhurrozak², Syarifudin³, M. Khumaidi Usman⁴, Andre Budhi Hendrawan⁵,

^{1,2,3,4,5} Program Studi DIII Teknik Mesin, Politeknik Harapan Bersama Tegal

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

E-mail: sanjaya.firman51@gmail.com^{1*}, faqihyani14@gmail.com², masudinsayarif88@gmail.com³, khumaidioesman@gmail.com⁴, andrebudhih@gmail.com⁵

Info Naskah:

Naskah masuk: 12 Juni 2025

Direvisi: 10 Juli 2025

Diterima: 13 Juli 2025

Abstrak

Krisis energi karena penggunaan energi fosil secara masif. *Butanol* dan *ethanol* dapat menggantikan sebagai energi karena karakteristiknya lebih baik dibanding *gasoline* seperti RON dan *oxygen content*. Penelitian ini untuk menentukan pengaruh campuran *gasoline-butanol* dan *gasoline-ethanol* terhadap performa *engine* sehingga dapat menjadi pilihan untuk menggantikan energi fosil. Persentase alkohol (*butanol* dan *ethanol*) pada *gasoline* sebesar 5%, 10% dan 15% dengan variasi putaran *engine* 1000, 2000 dan 3000 rpm. Penelitian ini menggunakan *dynamometer* sebagai alat ukur performa *engine*. Hasil uji menunjukkan bahwa E15 dapat meningkatkan torsi dan daya *engine* hingga 26% sedangkan B15 meningkatkan sebesar 19%. Selain itu, *ethanol* mampu menurunkan BSFC lebih baik dibanding *butanol*. Nilai BSFC mengalami penurunan 17% pada E15, sedangkan B15 turun sebesar 15% dibandingkan *gasoline* murni. Hal ini karena RON dan *Oxygent content ethanol* lebih tinggi sehingga torsi dan daya meningkat sedangkan BSFC turun. Hasil tersebut membuktikan *gasoline-ethanol* lebih baik meningkatkan performa *engine* dibandingkan *gasoline-butanol*.

Keywords:

gasoline engine;

butanol;

ethanol;

performance.

Abstract

The energy crisis is largely attributed to the extensive use of fossil fuels. Butanol and ethanol can be used as an alternative energy source because their characteristics are superior to those of gasoline, such as RON and oxygen content. This study aims to determine the effect of gasoline-butanol and gasoline-ethanol mixtures on engine performance so that they can be an option to replace fossil fuels. The percentage of alcohol (butanol and ethanol) in gasoline is 5%, 10%, and 15% with variations in engine speed of 1000, 2000, and 3000 rpm. This study uses a dynamometer as a tool to measure engine performance. Test results show that E15 can increase engine torque and power by up to 26%, while B15 increases by 19%. In addition, ethanol can reduce BSFC better than butanol. The BSFC value decreased by 17% in E15, while B15 decreased by 15% compared to pure gasoline. This is because ethanol's RON and oxygen content are higher, so torque and power increase while BSFC decreases. These results prove that gasoline-ethanol is better at improving engine performance than gasoline-butanol.

*Penulis korespondensi:

Firman Lukman Sanjaya

E-mail: sanjaya.firman51@gmail.com

1. Pendahuluan

Penggunaan bahan bakar fosil setiap harinya meningkat akibat pertumbuhan masyarakat yang digunakan dalam pemenuhan kebutuhan. Selain itu, pertumbuhan industri juga meningkat yang menyebabkan penggunaan bahan bakar fosil lebih masif. Masalah ini dapat mengakibatkan kepanikan kekurangan energi konvensional karena menipisnya cadangan fosil untuk energi [1]. Oleh karena itu, dibutuhkan sumber energi lain yang dapat menggantikan fosil sebagai energi konvensional dan digantikan menjadi energi alternatif yang mengurangi ketergantungan penggunaan fosil [2].

Butanol memiliki peluang besar sebagai energi alternatif pengganti fosil. Hal ini karena *butanol* merupakan salah satu alkohol yang terbuat dari bahan-bahan nabati yang dapat diperbaharui. Selain itu, beberapa propertis *butanol* lebih baik dari *gasoline* seperti nilai RON dan *Oxygen Content*. RON *butanol* mencapai nilai 98 yang dapat meningkatkan RON *gasoline* saat *butanol* dicampurkan. Tingginya RON dapat memberikan ketahanan campuran bahan bakar saat terkompresi sehingga tekanan yang dihasilkan lebih tinggi. Hal ini dapat menyebabkan tingginya gaya dorong piston setelah ledakan sehingga poros engkol menghasilkan gaya sentrifugal yang tinggi dan sejalan dengan peningkatan torsi *engine* [3]. Selain itu, *Oxygen Content butanol* terbukti lebih tinggi dibanding *gasoline* yang dapat meningkatkan proses pelepasan elektron dari bahan bakar sehingga perambatan nyala api lebih cepat pada ruang bakar. Semakin banyak elektron yang dilepas semakin mudah proses perambatan nyala api sehingga bahan bakar terbakar menyeluruh dan menghasilkan energi panas yang maksimal. Energi panas ini dapat meningkatkan daya *engine* [4].

Beberapa peneliti membuktikan penggunaan *butanol* pada mesin dapat memberikan dampak positif. Menurut Isam E.Y, dkk., (2023) [5] *butanol* pada *gasoline* dapat meningkatkan efisiensi termal mesin hingga 3,63%. Kehadiran *butanol* dapat mempercepat proses pembakaran dalam silinder karena tingginya proses oksidasi yang mengurangi pendinginan pada silinder. Selain itu, penambahan *butanol* tidak mengurangi secara signifikan nilai kalor campuran bahan bakar dan disisi lain *butanol* memberikan lebih banyak oksigen yang tersedia pada silinder yang meningkatkan kualitas pembakaran. Menurut Tian Zhi, dkk., (2020) [6] melakukan penelitian dengan mengobservasi karakteristik pembakaran mesin SI berbahan bakar *gasoline-butanol*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penambahan *butanol* dapat meningkatkan torsi, daya dan BTE *engine*. Hal ini karena *butanol* memiliki RON tinggi yang dapat meningkatkan gaya sentrifugal *crankshaft* sehingga menghasilkan daya *engine*. Kandungan oksigen dalam *butanol* juga dapat membantu perambatan nyala api dengan cepat akibat dari penyebaran elektron oksigen dalam ruang bakar sehingga membantu proses pembakaran lebih sempurna [7].

Selain *butanol*, *ethanol* juga merupakan salah satu energi alternatif yang dapat digunakan langsung pada *engine*. Namun, perlu adanya modifikasi komponen *engine* agar *ethanol* dapat digunakan secara langsung. Penggunaan *ethanol* tanpa harus memodifikasi *engine* dapat dilakukan

dengan menjadikan *ethanol* sebagai aditif *gasoline* [2]. *Ethanol* memiliki beberapa propertis yang lebih baik dari *gasoline* seperti viskositas, RON dan *oxygen content*. *Ethanol* memiliki viskositas lebih rendah dibanding *gasoline* yaitu sebesar 0,4 mm²/s sehingga *ethanol* lebih mudah diubah menjadi kabut saat proses injeksi kedalam silinder campuran bahan bakar memenuhi seluruh ruang bakar dengan cepat dan perambatan nyala api meningkat yang menghasilkan energi panas optimal [8]; [9]. Nilai *octane number ethanol* sebesar 100 RON yang jelas lebih tinggi dibanding *gasoline* sehingga ledakan diakhir langkah kompresi meningkat. Hal ini menyebabkan torsi *engine* mengalami peningkatan [10]. Oksigen yang berada dalam *ethanol* juga membantu menyempurnakan pembakaran dalam silinder sehingga daya *engine* meningkat dan emisi gas buang juga lebih bersih [11].

Menurut syarifudin, dkk., (2023) [8] penambahan *ethanol* 5% dapat meningkatkan daya *engine* hingga 11,7% dibanding *gasoline*. Nilai *octane number* pada bahan bakar meningkat setelah konsentrasi *ethanol* 5% ditambahkan sehingga tekanan puncak saat langkah kompresi meningkat. Hal ini menyebabkan tingginya daya ledak untuk mendorong piston dari TMA ke TMB saat langkah usaha. Sebayang, A, H. dkk., (2020) [12] juga melakukan penelitian bioetanol sebagai campuran *gasoline* pada *gasoline engine*. Hasil uji menunjukkan bahwa bioetanol dapat meningkatkan performa mesin. Oksigen pada bioetanol dapat meningkatkan rasio udara-bahan bakar dan kepadatan bahan bakar. Selain itu, nilai viskositas bioetanol yang rendah mampu membantu dalam proses pengkabutan saat injeksi sehingga bahan bakar mudah terbakar dan menghasilkan energi panas yang optimal [13].

Butanol dan *ethanol* memiliki beberapa karakteristik propertis yang lebih baik dari *gasoline*. Hal ini memungkinkan peningkatan performa *engine* saat penggunaan campuran *gasoline-butanol* maupun *gasoline-ethanol* [7]. Penelitian ini untuk menentukan pengaruh campuran *gasoline-butanol* dan *gasoline-ethanol* terhadap performa *engine* sehingga dapat menjadi pilihan untuk menggantikan energi fosil. Oleh karena itu, penelitian ini dilaksanakan untuk membandingkan pengaruh penggunaan *gasoline-butanol* dan *gasoline-ethanol* pada *engine fuel injection* terhadap nilai performa *engine*.

2. Metode

Penelitian ini dilakukan pada *engine* statis yang terhubung secara *inline* pada dynamometer. *Engine* yang digunakan berkapasitas 150 CC dengan sistem EFI. *Tune up* dilakukan pada *engine* sebelum dilaksanakan pengujian. Hal ini bertujuan agar *engine* pada kondisi prima saat pengujian dan mendapatkan hasil uji baik. *Engine* yang digunakan terinci pada tabel 1.

Bahan bakar yang digunakan adalah *gasoline* RON-92 dengan *butanol* dan *ethanol* sebagai aditif campuran. Adapun besaran persentase volume alkohol yang dicampur adalah 5%, 10% dan 15%. Kode bahan bakar dan persentase campuran bahan bakar dipaparkan pada tabel 2.

Karakteristik propertis bahan bakar yang mempengaruhi proses pembakaran dalam silinder. Karakteristik ini berbeda setiap bahan bakarnya [14]. Hal

ini juga terjadi pada bahan bakar yang digunakan dalam pengujian ini. *Gasoline*, *butanol* dan *ethanol* memiliki keunggulannya masing-masing. *Blending* bahan bakar diharapkan dapat menutupi kekurangan dari *gasoline*. Karakteristik propertis bahan bakar ditunjukkan pada tabel 3.

Tabel 1. Detail Engine

No	Detail	Keterangan
1	Engine Type	Liquid Cooled 4-Stroke, SOHC
2	Cylinder	Single
3	Fuel System	Fuel Injection
4	Transmition	Manual
5	Engine Capacity	149,8 cc (150 cc)
6	Maximum Power	11,1 kW @ 8500 rpm
7	Maximum Torque	13,1 Nm @6500 rpm

Tabel 2. Kode Campuran Gasoline

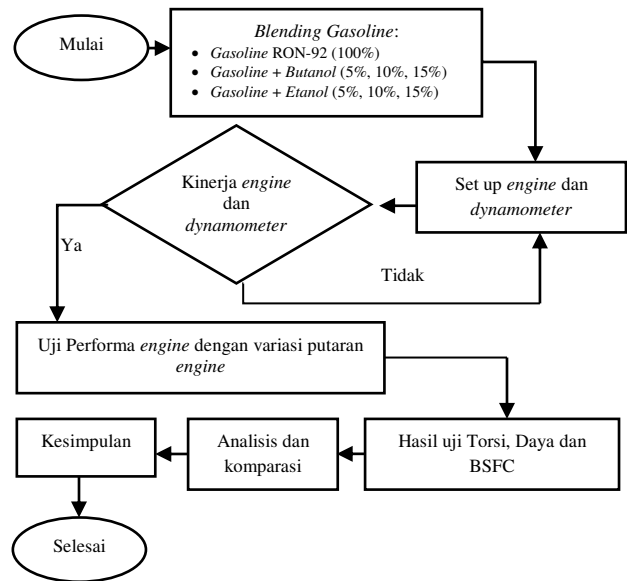
No	Kode Bahan Bakar	Persentase			
		Gasoline (G)	Butanol (B)	Ethanol (E)	
1	G100	100%	-	-	
2	B5	E5	95%	5%	5%
3	B10	E10	90%	10%	10%
4	B15	E15	85%	15%	15%

Tabel 3. Karakteristik propertis Gasoline-Butanol-Ethanol

No	Propertis	Satuan	Gasoline	Butanol	Ethanol
1	Octane Number	RON	92	98,3	100
2	Low Heating Value (LHV)	MJ/Kg	43,4	33,3	31,4
3	Oxygent Content	%	-	21,6	34,8
4	Density	Kg/m ³	715-765	815	795
5	Viscosity	mm ² /s	1,08	2,63	0,4

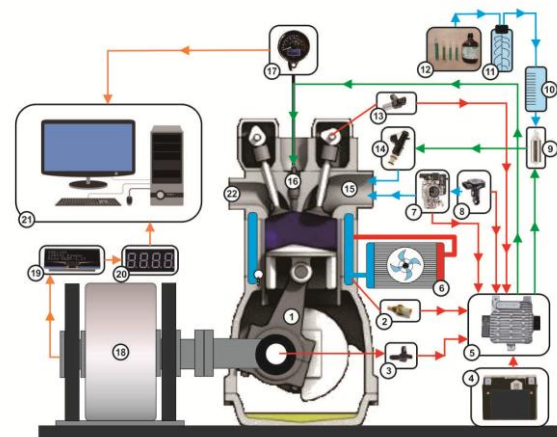
Penelitian ini dimulai dengan melakukan studi pustaka untuk membuat hipotesa awal. *Blending gasoline-butanol* dan *gasoline-ethanol* dilakukan menggunakan *mixer* yang bertujuan menghasilkan campuran yang homogen. Setting engine dan alat ukur perlu dilakukan guna memastikan dapat berfungsi sebagaimana tugasnya. Pengujian menggunakan putaran *engine* 1000 rpm hingga 3000 rpm dengan interval 1000. Hasil uji performa mesin dikomparasikan antara penggunaan *gasoline-butanol* dan *gasoline-ethanol* serta analisa pengaruh karakteristik propertis bahan bakar tersebut. Proses penelitian ini dapat ditunjukkan pada gambar 1.

Dynamometer digunakan untuk mengukur beban yang terjadi selama proses pengujian *engine*. Gaya putar yang dihasilkan oleh *chrankshaft* diteruskan melalui *shaft* yang terhubung dengan *dynamometer*. Putaran *chrankshaft* akibat dari gaya dorong piston dari TMA menuju TMB pada saat langkah usaha dan memberikan gaya sentrifugal pada *chrankshaft*. Langkah usaha terjadi akibat ledakan dalam silinder sesaat sebelum langkah kompresi berakhir.



Gambar 1. Diagram Penelitian

Besarnya ledakan dan energi panas dihasilkan dipengaruhi oleh pembakaran dalam silinder. Penyemprotan campuran bahan bakar bertujuan terbentuknya kabut yang mempermudah perambatan nyala api dalam silinder [15]. *Dynamometer* mengkonversikan gaya putar *chrankshaft* menjadi angka pembebanan yang dianalisis menjadi nilai performa *engine*. Waktu konsumsi bahan bakar pada proses pengujian diukur untuk mendapatkan nilai *brake spesific fuel consumption* (BSFC) [16].



Gambar 2. Konfigurasi mesin dan alat uji

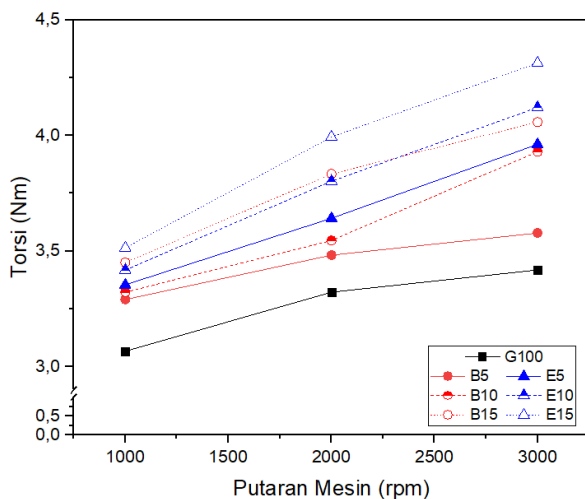
Keterangan:

- | | |
|------------------|----------------------|
| 1. Engine | 12. Fuel Mixture |
| 2. ECT Sensor | 13. CMP Sensor |
| 3. CKP Sensor | 14. Injector |
| 4. Battery | 15. Intake Manifold |
| 5. ECU | 16. Spark Ignition |
| 6. Radiator | 17. Tachometer |
| 7. Throttle Body | 18. Dynamometer |
| 8. TPS | 19. Load Cell |
| 9. Fuel Pump | 20. Display |
| 10. Burret | 21. Computer |
| 11. Mixer | 22. Exhaust Manifold |

3. Hasil dan Pembahasan

Gasoline-butanol dan *gasoline-ethanol* menjadi subjek komparasi penelitian ini terhadap performa *engine fuel injection*. Secara umum, penambahan *butanol* dan *ethanol* dapat meningkatkan torsi *engine*. Nilai torsi *engine* tertinggi adalah 4,03 N.m untuk campuran B15 dan 4,31 N.m untuk campuran E15 pada putaran mesin 3000 rpm. Nilai torsi *engine* terbukti mengalami peningkatan setelah penambahan konsentrasi *butanol* dan *ethanol* 15%. Peningkatan tertinggi masing-masing campuran bahan bakar adalah 19% dan 26% dibanding *gasoline* murni. Hasil uji menunjukkan *gasoline-ethanol* dapat meningkatkan torsi *engine* lebih tinggi dibanding *gasoline-butanol*. Tingginya *octane number* pada *ethanol* mempengaruhi peningkatan nilai *octane number* pada *gasoline-ethanol* dibandingkan peningkatan pada *gasoline-butanol*.

Tingginya *octane number* terbukti meningkatkan ketahanan bahan bakar terhadap tekanan kompresi pada silinder sehingga ledakan yang dihasilkan lebih optimal. Hal ini mengakibatkan gaya dorong piston dari TMA ke TMB saat langkah usaha lebih tinggi sehingga berakibat besarnya gaya sentrifugal *crankshaft* dan torsi *engine* meningkat [4]; [17]. Selain itu, penambahan *butanol* dan *ethanol* meningkatkan kandungan *oxygen* diruang bakar. Salah satu fungsi *oxygen* dalam pembakaran adalah sebagai media perambatan api sehingga penambahan *oxygen* pada *gasoline* meningkatkan perambatan nyala api dan memaksimalkan pembakaran. Hal ini meningkatkan gaya dorong piston saat langkah usaha akibat tingginya ledakan sesaat sebelum piston mencapai TMA pada langkah kompresi [11]. Hasil uji komparasi *gasoline-butanol* dan *gasoline-ethanol* dipaparkan pada gambar 3.

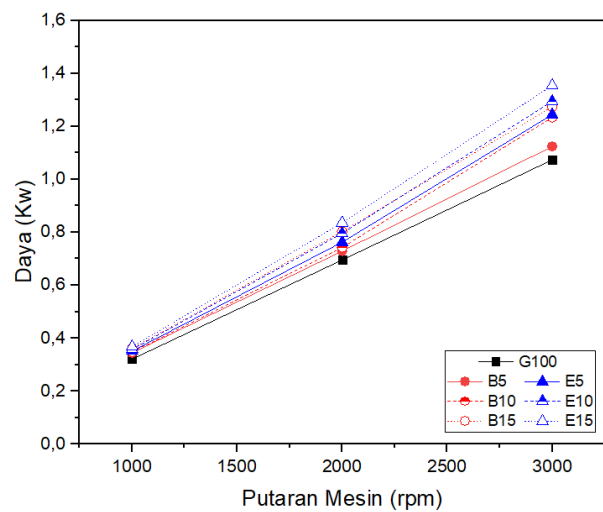


Gambar 3. Torsi Engine

Daya *engine* secara umum juga terbukti mengalami peningkatan saat penambahan *butanol* dan *ethanol* pada *gasoline*. Daya *engine* tertinggi pada *gasoline-butanol* sebesar 1,7 kW dan *gasoline-ethanol* sebesar 1,35 kW. Nilai tersebut terjadi masing-masing pada konsentrasi 15% dan putaran *engine* 3000 rpm. Persentase tertinggi peningkatan nilai daya *engine* pada campuran B15 sebesar 19% dan campuran E15 sebesar 26% dibandingkan dengan G100. Tingginya *oxygen content* pada *butanol* dan *ethanol*

terbukti mengoptimalkan pembakaran dalam silinder sehingga daya *engine* meningkat. *Ethanol* memiliki karakteristik *oxygen conten* lebih tinggi dibanding *butanol* sehingga proses oksidasinya lebih baik [13]. Pelepasan atom oksigen saat pengkabutan dalam silinder membantu mempercepat penyebaran bahan bakar pada silinder sehingga bahan bakar mudah terbakar dan perambatan nyala api lebih cepat. Pembakaran yang baik menghasilkan energi panas optimal dan dapat dikonversikan menjadi daya *engine* yang tinggi [7]; [18]. *Octane Number* pada *butanol* dan *ethanol* merubah kandungan *octane number gasoline* dalam silinder. Hal ini memberikan ketahanan campuran *gasoline* lebih tinggi terhadap tekanan sehingga bahan bakar tidak mudah terbakar saat langkah kompresi. Hal ini meningkatkan nilai kompresi dan energi ledakan yang terjadi lebih tinggi sehingga daya mesin dapat meningkat [19]; [2]. Hal ini menunjukkan bahwa karakteristik *ethanol* lebih baik dan dapat meningkatkan daya *engine* lebih optimal dibanding *butanol*.

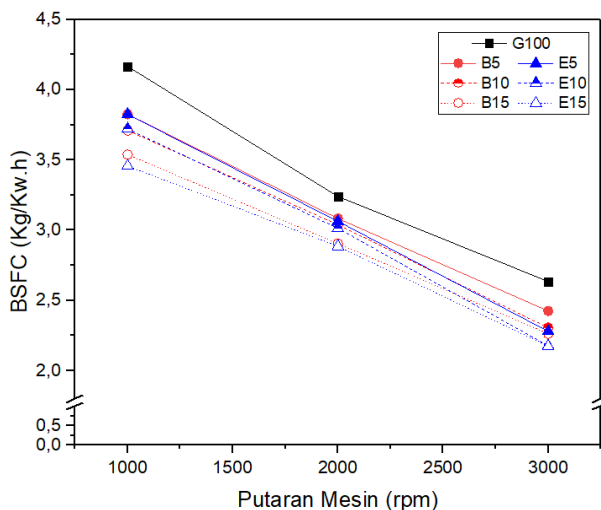
Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa *butanol* dan *ethanol* dapat digunakan sebagai tambahan *gasoline* agar tidak ketergantungan dengan energi fosil. Dengan membandingkan penggunaan energi alternatif tersebut menunjukkan bahwa *ethanol* menghasilkan daya mesin lebih baik dibandingkan penambahan *butanol*. Hasil uji komparasi daya *engine* dengan variasi campuran bahan bakar ditunjukkan pada gambar 4.



Gambar 4. Daya Engine

Brake Specific Fuel Consumption (BSFC) juga dianalisis sebagai salah satu indikator performa *engine*. BSFC merupakan jumlah bahan bakar yang diperlukan tiap satuan waktu untuk menghasilkan daya 1kW. BSFC juga nilai dari hasil perbandingan konsumsi bahan bakar dengan daya *engine* yang dihasilkan. Hasil analisis menunjukkan penambahan *butanol* dan *ethanol* dapat menurunkan BSFC *engine*. Hal ini berarti konsumsi bahan bakar yang lebih hemat menghasilkan daya *engine* yang cukup tinggi. Penurunan nilai BSFC terendah adalah 3,54 Kg/kW.h pada penggunaan campuran B15 dan 2,17 Kg/kW.h pada penggunaan campuran E15. Persentase penurunan nilai BSFC tertinggi pada campuran B15 sebesar 15% dan pada

campuran E15 sebesar 17% dibandingkan dengan G100. *Gasoline-ethanol* dapat menurunkan BSFC lebih baik dibanding *gasoline-butanol*. *Octane number* dan *oxygen content* pada *butanol* dan *ethanol* memang lebih tinggi dibanding dengan *gasoline* yang menyebabkan daya *engine* meningkat tanpa konsumsi bahan bakar yang berlebih [20]. Namun, viskositas *butanol* tinggi sehingga mengakibatkan kurang maksimalnya proses pengkabutan didalam silinder. Hal ini berbeda dengan *ethanol* yang memiliki viskositas rendah yang dapat memaksimalkan proses pengkabutan bahan bakar didalam silinder [21]. Semakin kecil partikel bahan bakar yang diubah menjadi kabut, maka semakin mudah pula bahan bakar menyebar keseluruh ruang silinder. Selain itu, pengkabutan yang sempurna dapat meningkatkan proses perambatan nyala api dan mempermudah bahan bakar terbakar menyeluruh sehingga daya *engine* yang dihasilkan optimal dengan penggunaan bahan bakar yang minimal [22]. Hal ini yang menyebabkan *ethanol* dapat menurunkan BSFC lebih baik dari *butanol*. Nilai BSFC dipaparkan pada gambar 5.



Gambar 5. Brake Spesific Fuel Consumption (BSFC) Engine

4. Kesimpulan

Butanol dan *ethanol* memiliki beberapa karakteristik lebih baik dibanding *gasoline*. Penambahan *butanol* dan *ethanol* dapat meningkatkan performa *engine*. Penelitian ini membandingkan pengaruh penggunaan campuran *gasoline-butanol* dan *gasoline-ethanol* terhadap performa *engine fuel injection*. Hasil uji menunjukkan bahwa campuran E15 dapat meningkatkan torsi dan daya *engine* tertinggi sebesar 26% sedangkan B15 hanya dapat meningkatkan torsi dan daya *engine* tertinggi sebesar 19%. Selain itu, nilai BSFC *engine fuel injection* juga diukur pada saat menggunakan campuran *gasoline-butanol* dan *gasoline-ethanol*. Hasil uji menunjukkan *ethanol* mampu menurunkan BSFC lebih tinggi dibanding *butanol*. Nilai BSFC terendah sebesar 2,17 Kg/kW.h pada E15, sedangkan campuran B15 sebesar 3,54 Kg/kW.h. Hal ini karena daya *engine* yang dihasilkan oleh *ethanol* lebih tinggi sehingga BSFC juga turun lebih tinggi dibanding *butanol*. Hasil tersebut membuktikan

penambahan *ethanol pada gasoline* dapat lebih baik meningkatkan performa *engine* dibanding *butanol*.

Ucapan Terimakasih

Terima kasih diberikan pada Lembaga Penelitian Dan Pengabdian Masyarakat Politeknik Harapan Bersama yang memberikan dukungan baik secara material maupun dukungan dalam bentuk lainnya.

Daftar Pustaka

- [1] Y. Pramudito *et al.*, "Kinerja Mesin Spark Ignition (SI) Berbahan Bakar Campuran Bensin-Metanol (M-20) Dan Bensin-Etanol (E-20) Pada Variasi Nilai Oktan," *Lembaran Publ. Miny. dan gas bumi*, vol. 56, no. 2, pp. 89–98, 2022, doi: 10.29017/lpmgb.56.2.1173.
- [2] 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.
- [3] A. Verma, N. S. Dugala, and S. Singh, "Experimental investigations on the performance of SI engine with Ethanol-Premium gasoline blends," *Mater. Today Proc.*, vol. 48, no. xxxx, pp. 1224–1231, 2021, doi: 10.1016/j.matpr.2021.08.255.
- [4] Syarifudin, F. L. Sanjaya, F. Fatkhurrozak, M. K. Usman, Y. Sibagariang, and H. Koten, "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.
- [5] I. E. Yousif and A. M. Saleh, "Butanol-gasoline blends impact on performance and exhaust emissions of a four stroke spark ignition engine," *Case Stud. Therm. Eng.*, vol. 41, no. September 2022, p. 102612, 2023, doi: 10.1016/j.csite.2022.102612.
- [6] Z. Tian, X. Zhen, Y. Wang, D. Liu, and X. Li, "Combustion and emission characteristics of n-butanol-gasoline blends in SI direct injection gasoline engine," *Renew. Energy*, vol. 146, pp. 267–279, 2020, doi: 10.1016/j.renene.2019.06.041.
- [7] S. M. N. Rahayu *et al.*, "A Review of automotive green technology: Potential of butanol as biofuel in gasoline engine," *Mech. Eng. Soc. Ind.*, vol. 2, no. 2, pp. 82–97, 2022, doi: 10.31603/mesi.7155.
- [8] E. Yohana and F. Fatkhurrozak, "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.
- [9] Y. Nofendri and M. Fajri Hidayat, "Perbandingan Campuran Bensin dan Etanol Terhadap Performa Mesin dan Emisi Gas Buang pada Mesin 2 Silinder," *Progr. Stud. Tek. Mesin*, vol. 10, no. 2, p. 14356, 2019.
- [10] H. Yuan, Z. Chen, Z. Zhou, Y. Yang, M. J. Brear, and J. E. Anderson, "Formulating gasoline surrogate for emulating octane blending properties with ethanol," *Fuel*, vol. 261, no. August 2019, p. 116243, 2020, doi: 10.1016/j.fuel.2019.116243.
- [11] Syarifudin, F. Fatkhurrozak, F. L. Sanjaya, E. Yohana, Syaiful, and A. Wibowo, "The Effect of Ethanol on Brake Torque, Brake Specific Fuel Consumption, Smoke Opacity, and Exhaust Gas Temperature of Diesel Engine 4JB1 Fueled by Diesel-Jatropha Oil," *Automot. Exp.*, vol. 5, no. 2, pp. 230–237, 2022, doi: 10.31603/ae.6447.
- [12] A. H. Sebayang, H. Ibrahim, S. Dharma, A. S. Silitonga, B. B. Ginting, and N. Damanik, "Pengaruh Campuran Bahan

- Bakar Peralite-Bioetanol Biji Sorghum pada Mesin Bensin,” *J. Teknosains*, vol. 9, no. 2, p. 91, 2020, doi: 10.22146/teknosains.40502.
- [13] F. Oral, “Effect of using gasoline and gasoline-ethanol fuel mixture on performance and emissions in a hydrogen generator supported SI engine,” *Case Stud. Therm. Eng.*, vol. 55, no. November 2023, p. 104192, 2024, doi: 10.1016/j.csite.2024.104192.
- [14] S. Syarifudin, F. Fatkhurrozak, F. L. Sanjaya, E. Yohana, and S. Syaiful, “Karakteristik Emisi CO dan HC Mesin bensin SOHC 110cc Berbahan bakar Peralite-Alkohol,” *Infotekmesin*, vol. 13, no. 1, pp. 189–193, 2022, doi: 10.35970/infotekmesin.v13i1.1067.
- [15] 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.
- [16] F. L. Sanjaya and S. Syarifudin, “Brake Specific Fuel Consumption Gasoline Engine with,” 2024.
- [17] Y. L. Calvin *et al.*, “Volatility and physicochemical properties of gasoline-ethanol blends with gasoline RON-based 88, 90, and 92,” *Fuel*, vol. 307, no. April 2021, p. 121850, 2022, doi: 10.1016/j.fuel.2021.121850.
- [18] H. C. Zhao, S. B. Wang, T. Z. Yu, and P. Sun, “Study on combustion and emissions characteristics of acetone-butanol-Ethanol(ABE)/gasoline premixed fuel in CISI engines,” *Case Stud. Therm. Eng.*, vol. 51, no. September, p. 103591, 2023, doi: 10.1016/j.csite.2023.103591.
- [19] 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.
- [20] F. L. Sanjaya, “Brake spesific fuel consumption , brake thermal efficiensy , dan emisi gas buang mesin bensin EFI dengan sistem EGR berbahan bakar premium dan butanol,” vol. 9, no. 2, pp. 170–176, 2020.
- [21] N. Kapilan, S. Sadashiva Prabhu, and M. Vasudeva, “Influence of diethyl ether on the performance and emissions of a compression ignition engine fuelled with biodiesel,” *J. Adv. Res. Fluid Mech. Therm. Sci.*, vol. 74, no. 1, pp. 45–56, 2020, doi: 10.37934/ARFMTS.74.1.4556.
- [22] 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.