

Efek Pencampuran Butanol dan *Diethyl Ether* (DEE) Pada Pertalite Terhadap Torsi, Daya dan *Brake Specific Fuel Consumption* Mesin Bensin 160cc

Firman Lukman Sanjaya^{1*}, M. Khumaidi Usman², Faqih Fatkhurrozak³, Syarifudin⁴, 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*}, khumaidiosman@gmail.com², Faqihyani14@gmail.com³, masudinsayarif88@gmail.com⁴, Andrebudhih@gmail.com⁵

Info Naskah:

Naskah masuk: 16 Mei 2023

Direvisi: 20 Juni 2023

Diterima: 20 Juni 2023

Abstrak

Peningkatan volume kendaraan mengakibatkan krisis bahan bakar fosil sehingga perlu adanya bahan bakar alternatif sebagai pengganti bensin. Butanol dan *Diethyl Ether* (DEE) adalah bahan bakar alternatif mampu dicampurkan pada bensin. Hal ini karena *Octane Number* dan kadar O₂ yang tinggi sehingga mengoptimalkan pembakaran dalam silinder dan torsi dan daya meningkat serta menghemat bahan bakar. Penelitian ini mengkomperasi penambahan butanol dan DEE pada bahan bakar bensin terhadap torsi, daya dan *Brake Specific Fuel Consumption* (BSFC). Penelitian menggunakan mesin bensin 160cc berkarburator dengan putaran mesin 1000, 2000 dan 3000 rpm. Variasi campuran bahan bakar 5%, 10% dan 15% pada bensin. Hasil penelitian menunjukkan bahwa campuran DEE15 meningkatkan torsi tertinggi sebesar 28% pada putaran 3000 rpm dibanding campuran bahan bakar lainnya. Daya mesin juga meningkat tertinggi sebesar 28% saat menggunakan campuran DEE15 dibanding bahan bakar lainnya. Sedangkan, untuk BSFC mengalami penurunan tertinggi sebesar 19% saat menggunakan campuran DEE15 dibanding campuran lainnya.

Keywords:

gasoline engine ;

butanol;

diethyl ether;

torque;

power;

Abstract

The increase in the volume of vehicles resulted in a crisis of fossil fuels so there is a need for alternative fuels to replace gasoline. Butanol and Diethyl Ether (DEE) are alternative fuels that can be added to gasoline. This is because the Octane Number and high O₂ levels optimize combustion in the cylinder and increase torque and power and save fuel. This study compares the addition of butanol and DEE to gasoline on torque, power, and Brake Specific Fuel Consumption (BSFC). The study used a 160cc gasoline engine with a carburetor with engine speeds of 1000, 2000, and 3000 rpm. Variation of fuel mixture 5%, 10%, and 15% on gasoline. The results showed that the DEE15 mixture increased the highest torque by 28% at 3000 rpm compared to other fuel mixtures. Engine power also increases the highest by 28% when using a mixture of DEE15 compared to other fuels. Meanwhile, BSFC experienced the highest decrease of 19% when using the DEE15 mixture compared to other mixtures.

*Penulis korespondensi:

Firman Lukman Sanjaya

E-mail: sanjaya.firman51@gmail.com

1. Pendahuluan

Efek peningkatan volume kendaraan merupakan masalah yang sedang dihadapi oleh seluruh dunia khususnya Indonesia [1]. Banyak masalah yang terjadi akibat dari tidak terkendalinya peningkatan jumlah kendaraan seperti polusi udara dan krisis bahan bakar bensin [2]. Gas sisa pembakaran kendaraan bermotor terkandung zat-zat berbahaya bagi manusia dan lingkungan [3]. Selain itu, krisis bensin juga menjadi fokus penanganan oleh pemerintah dan salah satu caranya adalah peralihan penggunaan bensin pada bahan bakar alternatif seperti alkohol yang terbuat dari bahan nabati [4].

Butanol dan *Diethyl Ether* (DEE) merupakan terbuat dari bahan-bahan nabati dan karakteristiknya mirip dengan bensin sehingga dapat digunakan sebagai campuran bahan bakar kendaraan bermotor [5] [6]. Butanol dan DEE memiliki *octan number* lebih tinggi dari bensin sehingga mampu menghasilkan gaya dorong piston ke TMB lebih optimal. Hal ini karena menghasilkan gaya sentrifugal poros engkol meningkat dan torsi lebih baik [7] [8]. Selain itu, tingginya prosentase oksigen pada butanol dan DEE memperbaiki proses oksidasi bahan bakar dalam silinder sehingga rambat api menyebar dengan cepat ke seluruh ruang bakar. Hal ini mengakibatkan bahan bakar dalam silinder terbakar dengan baik karena sifat dari oksigen adalah mampu merambatkan api [9][10].

Sanjaya dkk., [3] melakukan penelitian mencampurkan butanol pada bahan bakar bensin. Hasil penelitian memaparkan torsi dan daya mesin bensin meningkat setelah butanol digunakan sebagai campuran bensin. *Octane number* butanol yang tinggi menjadi faktor dominan mesin menghasilkan torsi dan daya optimal. Hal ini karena langkah kompresi menjadi lebih panjang sehingga tekanan dan temperatur dalam silinder meningkat dan gaya dorong piston saat langkah usaha lebih besar akibat hasil ledakan tersebut [11]. Yuanxu li dkk., [12] juga meneliti efek butanol pada mesin bensin terhadap konsumsi bahan bakar. Volume O₂ pada butanol tercampur dengan bensin dan ikut berperan meningkatkan cepat rambat nyala api dalam silinder. Bahan bakar yang terbakar sempurna menghasilkan energi panas yang optimal dan tidak ada bahan bakar yang terbuang akibat tidak terbakar melalui *exhaust* [13].

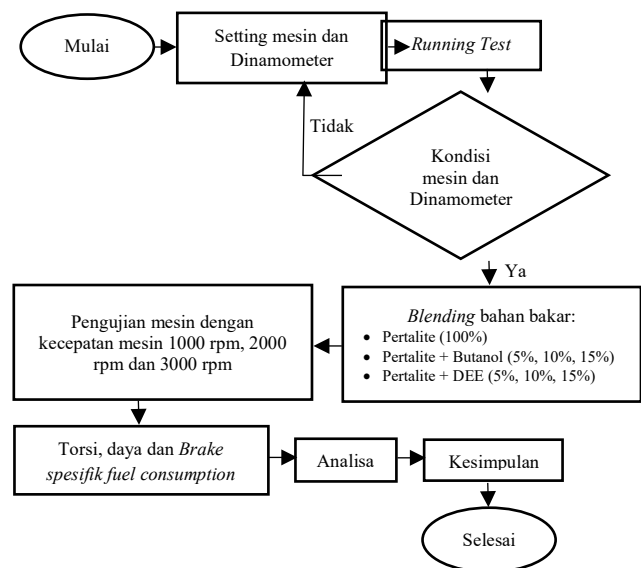
Fatkhurrozak dkk., [8] menambahkan DEE pada solar mesin diesel dalam penelitiannya. Hasil uji menunjukkan torsi dan daya mesin menjadi lebih baik dibanding solar murni. Hal ini karena DEE memiliki *Cetane Number* lebih tinggi dibanding solar sehingga piston saat langkah kompresi menghasilkan tekanan dan temperatur yang lebih tinggi. Ledakan yang terjadi menciptakan gaya dorong piston lebih besar saat langkah usaha. Mostafa dkk., [10] menggunakan DEE sebagai campuran bahan bakar diesel. Penelitian tersebut memaparkan bahwa DEE mampu memperbaiki penggunaan bahan bakar lebih ekonomis. Viskositas DEE terbukti lebih rendah dari solar sehingga partikel bahan bakar yang disemprotkan injektor lebih kecil dan dapat menyebar keseluruhan ruang silinder. Proses ini membuat bahan bakar terbakar seluruhnya sehingga tidak ada yang terbuang [14].

DEE sering digunakan sebagai campuran bahan bakar diesel, namun karakteristik dan efeknya dapat meningkatkan performa mesin. Oleh karena itu, perlu

penelitian lanjutan tentang penggunaan DEE pada mesin bensin. Penelitian ini mengkomperasi penggunaan butanol dan DEE pada campuran bensin terhadap performa mesin bensin. Tujuan penelitian ini untuk menganalisa pengaruh bahan bakar alternatif terhadap torsi, daya dan BSFC mesin bensin.

2. Metode

Pada penelitian ini yang perlu diperhatikan adalah pencampuran bahan bakar. Bahan bakar harus tercampur dengan baik sehingga campuran bahan bakar homogen. Selanjutnya yang diperhatikan adalah kondisi mesin dan Dinamometer. Untuk menghasilkan data uji yang akurat, kondisi mesin harus dalam keadaan prima. Selain itu, Dinamometer yang digunakan juga dipastikan presisi dan akurat pembacaannya. Oleh karena itu, perlu dilakukan *running test* untuk mengetahui kondisi mesin dan dinamometer. Proses *blending* bahan bakar dilakukan sebelum melakukan proses pengujian. Hasil uji dianalisis dan dibahas dengan membandingkan sumber yang terkait. Alur penelitian ditunjukkan pada gambar 1.



Gambar 1. Alur Penelitian

Diethyl Ether (DEE) dan Butanol adalah alkohol yang digunakan untuk campuran bensin. Volume bahan bakar yang digunakan dalam pengujian adalah 100 ml dan prosentase campuran alkohol pada bensin ditampilkan pada tabel 1.

Tabel 1. Prosentase campuran bahan bakar

No	Kode Bahan Bakar	Prosentase Bahan Bakar		
		Peralite	Butanol	DEE
1	P100	100%	-	-
2	B5	95%	5%	-
3	B10	90%	10%	-
4	B15	85%	15%	-
5	DEE5	95%	-	5%
6	DEE10	90%	-	10%
7	DEE15	85%	-	15%

Bahan bakar yang dipergunakan dalam penelitian ini memiliki perbedaan nilai pada setiap karakteristiknya. Nilai

kandungan oksigen dan viskositas memiliki perbedaan yang cukup signifikan di antara pertalite, butanol dan DEE. Karakteristik bahan bakar dipaparkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Karakteristik Bahan Bakar

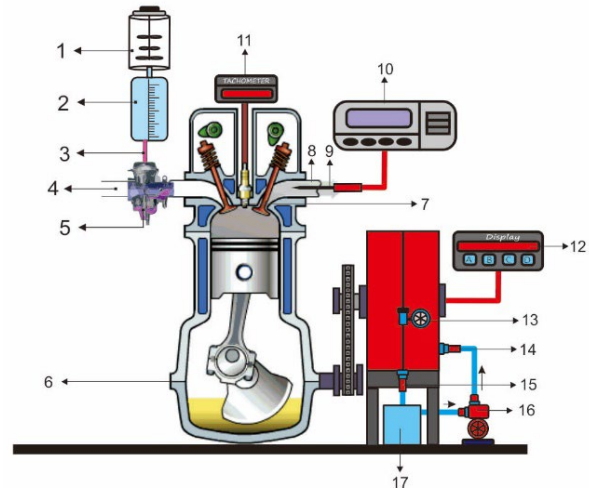
No	Karakteristik	Petalite	Butanol	DEE
1	Angka Oktan (RON)	90	98,3	125
2	Nilai Kalor (MJ/Kg)	43,4	33,3	33,89
3	Kandungan Oksigen (%)	0	21,6	21,06
4	Massa Jenis (Kg/m ³)	715-765	815	850
5	Viskositas (mm ² /s)	0,4	2,63	0,23

Pada penelitian ini menggunakan mesin bensin 160cc dengan sistem bahan bakar karburator. Proses pengujian menggunakan variasi kecepatan 1000 rpm, 2000 rpm dan 3000 rpm untuk mengoperasikan torsi, daya dan *brake specific fuel consumption* (BSFC) mesin bensin berbahan bakar pertalite-butanol dan pertalite-DEE. Detail spesifikasi mesin bensin dipaparkan pada tabel 3.

Tabel 3. Spesifikasi mesin

No	Spesifikasi	Keterangan
1	Tipe Mesin	Bensin
2	Sistem Bahan Bakar	Cylinder Ventury Carburator 24"
3	Jumlah Silinder	1
4	Kapasitas Mesin	156,7 cc (160 cc)
5	Jumlah Katup	2 Katup
6	Daya Maksimum	13,3 Ps @ 8500 rpm
7	Torsi Maksimum	1,3 kg.f/m @6500 rpm
8	Sistem Pendingin	Udara
9	Sistem Pengapian	CDI-DC, Battery

Bahan bakar dicampurkan menggunakan *mixer* sehingga pencampuran tersebut menjadi homogen. Untuk mengukur kebutuhan volume bahan bakar yang terpakai selama pengujian menggunakan *burret*. Campuran bahan bakar diinjek ke dalam *burret* yang selanjutnya dialirkan dan tersedot menuju karburator akibat proses vakum saat pengkabutan. Perhitungan waktu didapat dari lama mesin bensin menghabiskan volume bahan bakar yang ditentukan. *Tachometer* mengukur putaran mesin bensin saat pengujian. Proses pembakaran menghasilkan gaya dorong yang diubah menjadi putaran poros engkol yang terhubung dengan dinamometer. Hal ini bertujuan untuk mengukur performa mesin torsi dan daya mesin. *Set-up* mesin untuk pengujian dipaparkan pada gambar 2.



Gambar 2. Set-Up mesin

Keterangan:

- | | |
|-----------------------|-------------------------|
| 1. Mixer | 10. Gas Analyzer |
| 2. Burret | 11. Tachometer |
| 3. Selang bahan bakar | 12. Display Dinamometer |
| 4. Intake | 13. Katup pembebanan |
| 5. Karburator | 14. Input pendingin |
| 6. Mesin 160 cc | 15. Output pendingin |
| 7. Busi | 16. Pompa pendingin |
| 8. Exhaust | 17. Bak Pendingin |
| 9. Stik gas analyzer | |

Data yang didapat dari pengujian menggunakan dinamometer selanjutnya dianalisis menggunakan persamaan (1) dan (2) sebagai berikut:

$$T = F \times l \text{ (N.m)} \tag{1}$$

$$T = m \times a \times l \text{ (N.m)} \tag{2}$$

Dimana:

- T = Torsi mesin (N.m)
- F = Besar gaya putar (N)
- m = Massa yang diterima (kg)
- a = Percepatan motor (m/s²)
- l = Panjang lengan dinamometer (m)

$$P = 2\pi \times T \times n / 60.000 \text{ (kW)} \tag{3}$$

Dimana:

- P = Daya mesin (kW)
- T = Torsi mesin (N.m)
- N = Putaran mesin (rpm)

$$FC = V/t \times \rho \text{ (kg/kW.h)} \tag{4}$$

$$BSFC = FC / P \text{ (kg/kW.Jam)} \tag{5}$$

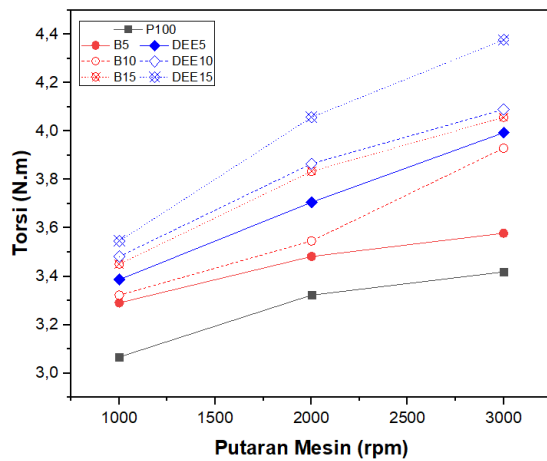
Dimana:

- FC = Fuel consumption (kg/jam)
- V = Volume bahan bakar (ml)
- T = Waktu pakai bahan bakar (detik)
- ρ = Massa jenis bahan bakar (gr/ml)
- BSFC = Brake specific fuel consumption (kg/kW.jam)

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Torsi Mesin

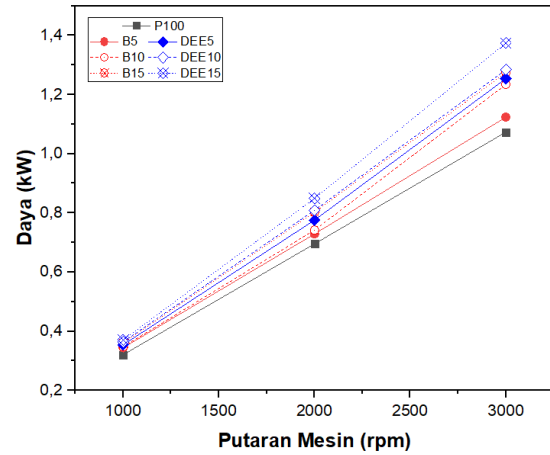
Penelitian ini menggunakan mesin bensin berbahan bakar campuran pertalite-butanol dan pertalite-DEE dengan variasi putaran mesin. Penelitian ini menunjukkan bahwa torsi mesin meningkat 19% dengan penggunaan campuran B15 dibanding P100 saat mesin pada putaran 3000 rpm. Campuran DEE15 meningkatkan torsi mesin lebih baik lagi dibanding butanol sebesar 28% pada putaran mesin yang sama. Butanol memiliki *octane number* lebih tinggi dibanding pertalite sehingga torsi mesin meningkat. Tingginya *octane number* menghasilkan ledakan dalam silinder lebih optimal sehingga gaya dorong piston saat langkah usaha meningkat. Hal ini mengakibatkan gaya sentrifugal poros engkol meningkat sehingga torsi yang dihasilkan lebih besar [15]. Selain itu, kandungan oksigen yang tinggi pada butanol meningkatkan proses oksidasi dalam ruang bakar sehingga pembakaran lebih baik. Hal ini menyebabkan energi panas yang cukup untuk meningkatkan torsi mesin [16]. *Diethyl Ether* (DEE) terbukti memiliki *octane number* yang lebih tinggi sehingga torsi yang dihasilkan lebih tinggi dibanding mesin bensin yang menggunakan butanol [8] [17].



Gambar 3. Torsi mesin bensin dengan variasi campuran bahan bakar dan putaran mesin

3.2 Daya Mesin

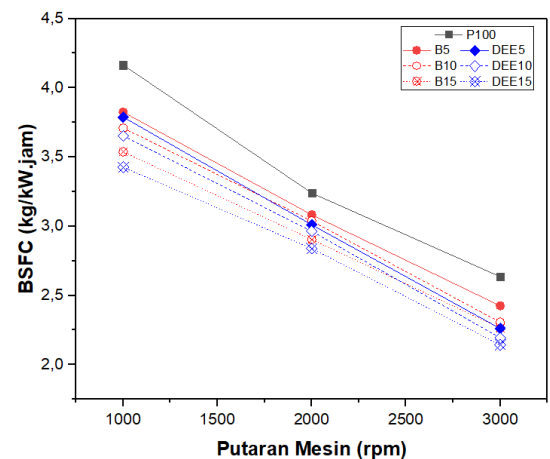
Penelitian ini menunjukkan penggunaan butanol mampu memperbaiki daya mesin sebesar 19% dibanding pertalite murni. Peningkatan ini terjadi pada campuran B15 dengan putaran mesin 3000 rpm. Namun, DEE bekerja lebih optimal dibanding butanol. Terbukti campuran DEE15 meningkatkan daya mesin sebesar 28% dengan kondisi yang sama. Selain *octane number* yang lebih tinggi dibanding pertalite dan butanol, DEE juga memiliki kadar oksigen yang cukup tinggi [6]. Oksigen yang tinggi memperkaya kadar oksigen di dalam bahan bakar sehingga proses rambat nyala api meningkat. Hal ini karena salah satu sifat oksigen dalam bahan bakar adalah merambatkan api. Tingginya cepat rambat api mengoptimalkan ledakan dalam silinder sehingga piston terdorong lebih kuat saat langkah usaha dan mengakibatkan daya mesin lebih tinggi [18][19].



Gambar 4. Daya mesin bensin dengan variasi campuran bahan bakar dan putaran mesin

3.3 Brake Specific Fuel Consumption (BSFC)

Penggunaan butanol dan DEE menunjukkan penurunan nilai BSFC. Butanol dapat menurunkan BSFC mesin bensin tertinggi adalah 15% pada putaran mesin 1000 rpm dengan campuran B15. Sedangkan campuran DEE15 mampu menurunkan BSFC mesin bensin tertinggi sebesar 19% pada kondisi yang sama. Penambahan DEE menurunkan BSFC lebih baik daripada butanol karena tingkat viskositas DEE paling rendah diantara butanol dan pertalite [10]. Viskositas merupakan tingkat kekentalan bahan bakar. Semakin rendah nilai viskositasnya maka bahan bakar semakin encer sehingga bahan bakar mudah dikabutkan. Hal ini menyebabkan bahan bakar yang disemprotkan injektor menghasilkan partikel lebih kecil sehingga penyebaran bahan bakar merata dan memenuhi ruangan di dalam silinder. Bahan bakar terbakar menyeluruh dan tidak ada bahan bakar yang terbuang melalui saluran buang [20] [21].



Gambar 5. Brake Specific Fuel Consumption (BSFC) mesin bensin dengan variasi campuran bahan bakar dan putaran mesin

4. Kesimpulan

Penelitian ini mengkomperasi penggunaan butanol dan *Diethyl Ether* (DEE) pada bahan bakar pertalite terhadap torsi, daya dan *Brake Specific Fuel Consumption* (BSFC). Hasil penelitian menunjukkan bahwa campuran DEE15

meningkatkan torsi tertinggi sebesar 28% pada putaran 3000 rpm dibanding campuran bahan bakar lainnya. Daya mesin juga meningkat tertinggi sebesar 28% saat menggunakan campuran DEE15 dibanding bahan bakar lainnya. Sedangkan, untuk BSFC mengalami penurunan tertinggi sebesar 19% saat menggunakan campuran DEE15 dibanding campuran lainnya. Secara keseluruhan penggunaan DEE pada pertalite mampu memperbaiki torsi, daya dan BSFC mesin. Namun, perlu adanya penelitian lebih lanjut terkait penggunaan DEE pada mesin bensin terhadap performa mesin lainnya.

Ucapan Terimakasih

Terimakasih ditujukan kepada Unit Pusat Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat Politeknik Harapan Bersama yang telah mendukung penelitian ini.

Daftar Pustaka

- [1] M. P. Eco-drive, M. Syarifudin, K. Muhammat, A. Fatah, and R. Dalimunthe, "Analisis Konsumsi BBM dengan Variasi Lingkungan Operasi Kendaraan Bermotor," vol. 14, no. 01, pp. 23–27, 2023, doi: 10.35970/infotekmesin.v14i1.1611.
- [2] G. Setyono, D. Khusna, N. Kholili, L. P. Sanjaya, and F. G. A. Putra, "Effect of Butanol-Gasoline Blend Toward Performance Matic-Transmission Applied in Single Cylinder Capacity Engine," *Infotekmesin*, vol. 14, no. 1, pp. 28–34, 2023, doi: 10.35970/infotekmesin.v14i1.1629.
- [3] 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.
- [4] 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.
- [5] F. L. Sanjaya, and F. Fatkhurrozak, "Efek Penambahan Butanol Terhadap Emisi dan Temperatur Gas Buang Mesin Bensin EFI Menggunakan EGR," vol. 13, no. 01, pp. 8–12, 2022, doi: 10.35970/infotekmesin.v13i1.677.
- [6] F. Fatkhurrozak and Syaiful, "Effect of Diethyl Ether (DEE) on Performances and Smoke Emission of Direct Injection Diesel Engine Fueled by Diesel and Jatropha Oil Blends with Cold EGR System," *IOP Conf. Ser. Mater. Sci. Eng.*, vol. 494, no. 1, 2019, doi: 10.1088/1757-899X/494/1/012005.
- [7] 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.
- [8] F. Fatkhurrozak, F. L. Sanjaya, S. Syarifudin, and S. Syaiful, "Pengaruh Diethyl Ether Terhadap Torsi dan Daya Mesin Diesel Injeksi Langsung Berbahan Bakar Solar Campuran Jatropa," *Infotekmesin*, vol. 11, no. 2, pp. 137–140, 2020, doi: 10.35970/infotekmesin.v11i2.258.
- [9] Y. Li, W. Tang, Y. Chen, J. Liu, and C. fon F. Lee, "Potential of acetone-butanol-ethanol (ABE) as a biofuel," *Fuel*, vol. 242, no. October 2018, pp. 673–686, 2019, doi: 10.1016/j.fuel.2019.01.063.
- [10] M. Mohebbi, M. Reyhanian, V. Hosseini, M. F. M. Said, and A. A. Aziz, "The effect of diethyl ether addition on performance and emission of a reactivity controlled compression ignition engine fueled with ethanol and diesel," *Energy Convers. Manag.*, vol. 174, no. March, pp. 779–792, 2018, doi: 10.1016/j.enconman.2018.08.091.
- [11] Y. Qian, F. Chen, Y. Zhang, W. Tao, D. Han, and X. Lu, "Combustion and regulated/unregulated emissions of a direct injection spark ignition engine fueled with C3-C5 alcohol/gasoline surrogate blends," *Energy*, vol. 174, pp. 779–791, 2019, doi: 10.1016/j.energy.2019.03.021.
- [12] Y. Li, Z. Ning, C. fon F. Lee, J. Yan, and T. H. Lee, "Effect of acetone-butanol-ethanol (ABE)-gasoline blends on regulated and unregulated emissions in spark-ignition engine," *Energy*, vol. 168, pp. 1157–1167, 2019, doi: 10.1016/j.energy.2018.12.022.
- [13] 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.
- [14] Q. Tang, P. Jiang, C. Peng, H. Chang, and Z. Zhao, "Comparison and analysis of the effects of spark timing and lambda on a high-speed spark ignition engine fuelled with n-butanol/gasoline blends," *Fuel*, vol. 287, no. October, p. 119505, 2021, doi: 10.1016/j.fuel.2020.119505.
- [15] F. L. Sanjaya, S. Syaiful, and S. Syarifudin, "Brake Specific fuel consumption, brake thermal efficiency, dan emisi gas buang mesin bensin EFI dengan sistem EGR berbahan bakar premium dan butanol," *Turbo J. Progr. Stud. Tek. Mesin*, vol. 9, no. 2, pp. 170–176, 2020, doi: 10.24127/trb.v9i2.1178.
- [16] 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.
- [17] B. Waluyo and B. C. Purnomo, "Exhaust Gas Emissions of Homogeneous Gasoline-Methanol-(Ethanol) Blends," *Automot. Exp.*, vol. 5, no. 2, pp. 173–181, 2022, doi: 10.31603/ae.6599.
- [18] 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.
- [19] S. Syarifudin, F. Fatkhurrozak, F. L. Sanjaya, E. Yohana, and S. Syaiful, "Karakteristik Emisi CO dan HC Mesin bensin SOHC 110cc Berbahan bakar Pertalite-Alkohol," *Infotekmesin*, vol. 13, no. 1, pp. 189–193, 2022, doi: 10.35970/infotekmesin.v13i1.1067.
- [20] M. Moslemin Koupaie, A. Cairns, J. Xia, H. Vafamehr, and T. Lanzanova, "Cyclically resolved flame and flow imaging in an alcohol fuelled SI engine," *Fuel*, vol. 237, no. October 2018, pp. 874–887, 2019, doi: 10.1016/j.fuel.2018.10.075.
- [21] F. L. Sanjaya, Syaiful, and D. N. Sinaga, "Effect of Premium-Butanol Blends on Fuel Consumption and Emissions on Gasoline Engine with Cold EGR System," *J. Phys. Conf. Ser.*, vol. 1373, no. 1, pp. 11–17, 2019, doi: 10.1088/1742-6596/1373/1/012019.