

Uji Eksperimental Emisi Gas Buang Mesin Bensin 160 cc Berbahan Bakar Campuran Pertalite-Butanol dan Pertalite-*Diethyl Ether* (DEE)

Firman Lukman Sanjaya^{1*}, Syarifudin², Faqih Fatkhurrozak³, Nur Aidi Ariyanto⁴

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

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

firmanlukman@poltektegal.ac.id^{1*}, syarifudin@poltektegal.ac.id², faqih.fatkhurrozak@poltektegal.ac.id³, Nur.aidi@poltektegal.ac.id⁴

Info Naskah:

Naskah masuk: 27 Mei 2022

Direvisi: 11 Juli 2022

Diterima: 18 Juli 2022

Abstrak

Polusi udara meningkat akibat tingginya emisi gas buang kendaraan bermotor berbahan bakar fosil. Solusinya adalah penggunaan energi alternatif. Butanol dan *Diethyl Ether* (DEE) merupakan alkohol yang dapat dijadikan campuran bahan bakar dan ramah lingkungan. Hal ini karena butanol dan DEE memiliki kadar oksigen yang tinggi sehingga proses oksidasi dalam ruang bakar meningkat dan gas sisa hasil pembakaran lebih baik. Penelitian ini menguji gas sisa hasil pembakaran mesin bensin 160 cc dengan menggunakan campuran bahan bakar pertalite-butanol dan pertalite-DEE dengan prosentase alkohol 5%, 10% dan 15%. Hasil pengujian menunjukkan penambahan DEE menghasilkan emisi gas buang mesin lebih baik dibanding penambahan butanol. Emisi CO menurun 87% menggunakan DEE15 sedangkan B15 menurunkan CO sebesar 72%. DEE10 memperbaiki HC sebesar 73% sedangkan B15 memperbaiki HC sebesar 72%. Namun, DEE15 meningkatkan CO₂ sebesar 17% dan B15 sebesar 11%. Sedangkan kandungan oksigen meningkat 8% pada DEE15 dan 6% pada B15 dibanding pertalite murni.

Keywords:

gasoline engine;
exhaust gas emissions;
butanol;
diethyl ether.

Abstract

Air pollution is increasing due to the high exhaust emissions of motorized vehicles using fossil fuels. The solution is the use of alternative energy. Butanol and Diethyl Ether (DEE) are alcohols that can be used as a fuel mixture and are environmentally friendly. This is because butanol and DEE have high oxygen levels so the oxidation process in the combustion chamber increases and the residual gas results from combustion is better. This study tested the residual gas from the combustion of a 160 cc gasoline engine using a mixture of pertalite-butanol and pertalite-DEE fuels with 5%, 10%, and 15% alcohol percentages. The test results show that adding DEE produces better engine exhaust emissions than adding butanol. CO emissions decreased by 87% using DEE15 while B15 reduced CO by 72%. DEE10 improves HC by 73% while B15 improves HC by 72%. However, DEE15 increases CO₂ by 17% and B15 by 11%. Meanwhile, the oxygen content increased by 8% in DEE15 and 6% in B15 compared to pure pertalite.

*Penulis korespondensi:

Firman Lukman Sanjaya

E-mail: firmanlukman@poltektegal.ac.id

1. Pendahuluan

Indonesia merupakan negara peringkat kedua yang memiliki kualitas udara terburuk. Hal ini terjadi karena Indonesia masih banyak menggunakan kendaraan bermotor pribadi saat melakukan kegiatan sehari-hari sehingga emisi gas buang meningkat. Emisi gas buang kendaraan bermotor menjadi faktor utama penyebab pemanasan global. Zat-zat yang terkandung pada emisi gas buang tidak dapat diserap oleh atmosfer sehingga dipantulkan kembali ke bumi yang mengakibatkan kerusakan kualitas udara, tanah dan air. Hal ini sangat berbahaya bagi kesehatan makhluk hidup yang ada di bumi [1], [2], [3]. Oleh karena itu, emisi gas buang kendaraan bermotor perlu dikendalikan dengan cara beralih pada bahan bakar alternatif yang lebih sehat untuk lingkungan. Selain itu, bahan bakar tersebut dapat diperbaharui sehingga ini menjadi solusi krisis energi global [4]. Alkohol seperti butanol dan *Diethyl Ether* (DEE) merupakan energi alternatif sebagai campuran bahan bakar fosil [5], [6].

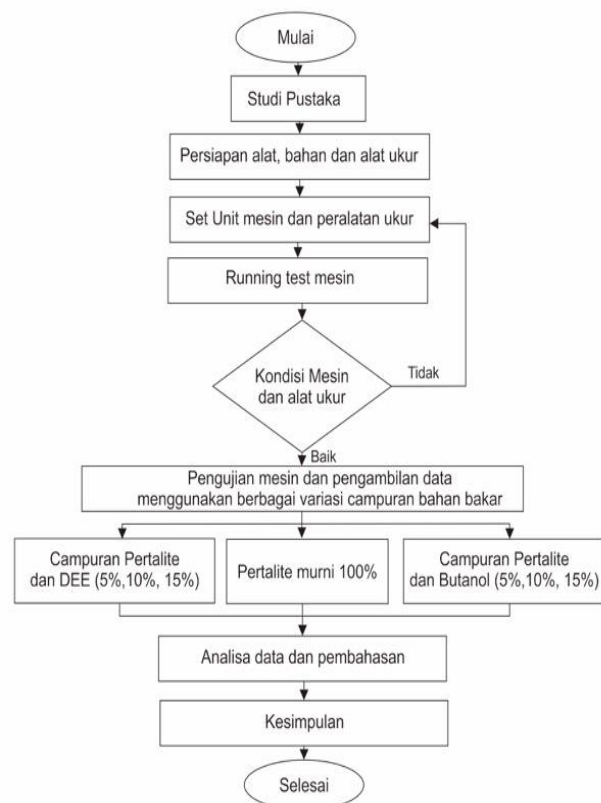
Butanol dan *Diethyl Ether* (DEE) merupakan bahan bakar alternatif alkohol yang karakteristiknya hampir sama dengan bahan bakar bensin. Selain itu, oktan yang tinggi pada Butanol dan DEE menghasilkan torsi dan daya mesin lebih baik. Hal ini karena saat langkah kompresi campuran bahan bakar dapat menahan tekanan tinggi sehingga ledakan yang dihasilkan lebih baik [7], [8]. Butanol dan DEE juga memiliki konsentrasi oksigen yang tinggi sehingga memperkaya senyawa oksigen ruang bakar. Oksigen yang banyak pada ruang bakar meningkatkan proses oksidasi dan perambatan nyala api. Hal ini membersihkan sisa hasil pembakaran sehingga kandungan CO dan HC lebih rendah [9], [10].

J. S. Basha., dkk. [11], menguji alkohol DEE sebagai campuran solar pada mesin. Hasil pengujian memaparkan bahwa pencampuran DEE dengan solar dapat menghasilkan emisi HC lebih baik dibanding solar murni. Hal ini karena oksidasi pada bahan bakar bereaksi lebih efektif sehingga api merambat lebih cepat dan bahan bakar terbakar menyeluruh. Seokhwan lee dan tae young kim (2017) [12], menyebutkan bahwa DEE memiliki kandungan oksigen yang baik sehingga dapat membantu pembakaran pada solar. Selain itu, DEE mempercepat nyala api dalam silinder sehingga campuran bahan bakar terbakar lebih baik daripada solar murni. Sedangkan menurut Yunqian Li, dkk. [13], dan Yuanxu Li, dkk., [14], butanol sebagai aditif bahan bakar menghasilkan penguapan bahan bakar pada silinder lebih sempurna sehingga penyebaran campuran bahan bakar merata. Semakin baik uap bahan bakar yang disemprotkan, semakin mudah pembakaran dalam silinder sehingga bahan bakar terbakar semua. Pembakaran yang baik menghasilkan emisi gas buang yang baik pula. Hal ini karena panas laten penguapan butanol lebih baik dari bensin sehingga memberikan pengaruh positif pada penguapan didalam silinder. Menurut Yusoff, dkk [15], penambahan butanol pada bensin menstabilkan pembakaran dalam ruang bakar sehingga gas sisa hasil pembakaran lebih baik dibanding tanpa campuran butanol. Hal ini terjadi karena prosentase oksigen melimpah pada alkohol butanol sehingga memperkaya oksidasi dalam silinder.

Pada penelitian terdahulu, alkohol DEE memiliki sifat fisik yang baik untuk memperbaiki emisi gas buang mesin seperti alkohol lainnya. Namun, DEE sering digunakan sebagai aditif solar pada mesin diesel. Oleh karena itu, perlu adanya penelitian lebih lanjut tentang penggunaan DEE pada mesin bensin. Penelitian ini untuk mengendalikan polusi udara dari kendaraan bermotor agar lingkungan lebih sehat dengan menggunakan alkohol butanol dan DEE sebagai bahan bakar alternatif. Penelitian ini juga untuk menguji campuran bahan bakar Butanol-Petalite dan DEE-petalite terhadap emisi gas buang mesin bensin.

2. Metode

Studi pustaka adalah langkah pertama untuk mengawali penelitian ini. Alat dan bahan serta pengaturan mesin menjadi fokus dikegiatan selanjutnya. *Running test* mesin dilakukan untuk mengetahui kelayakan mesin sebelum dilakukan pengujian. Setelah persiapan sudah selesai, lanjut dengan pengujian mesin menggunakan variasi campuran bahan bakar. Hasil pengujian dianalisis dan dibahas sesuai dengan teori yang ada. Langkah terakhir adalah kesimpulan. Diagram alir penelitian dipaparkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Alur Penelitian

Bahan bakar yang digunakan adalah alkohol butanol dan *Diethyl Ether* (DEE) yang dicampur pada pertalite. Prosentase campuran dan karakteristik bahan bakar dipaparkan pada Tabel.1 dan Tabel.2. Pengujian menggunakan mesin bensin berkarburator sebagai sistem bahan bakarnya. Pengujian ini menggunakan variasi

kecepatan mesin 2000, 3000 dan 4000 rpm. Spesifikasi mesin bensin ditunjukkan pada Tabel 3. Pengujian ini mengkomperasikan campuran pertalite-butanol dan pertalite-DEE terhadap emisi CO, HC, CO₂ dan O₂ mesin. *Eksperimental Set-up* penelitian ini digambarkan pada Gambar 2.

Tabel 1. Prosentase campuran bahan bakar

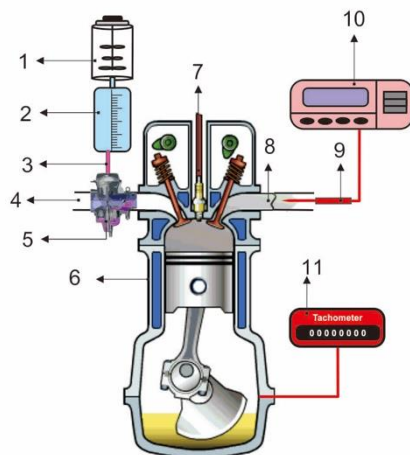
No	Kode Bahan Bakar	Prosentase Bahan Bakar		
		Pertalite	Butanol	DEE
1	P100	100%	-	-
2	B5	95%	5%	-
3	B10	90%	10%	-
4	B15	85%	15%	-
5	DEE5	95%	-	5%
6	DEE10	90%	-	10%
7	DEE15	85%	-	15%

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

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



Gambar 2. *Experimental Set-Up*

Keterangan:

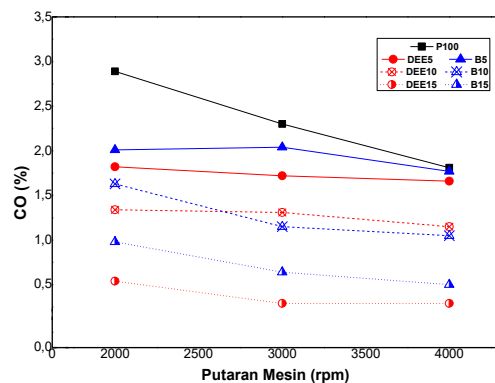
1. Mixer Bahan Bakar
2. Burret
3. Selang Bahan Bakar
4. Intake Manifold
5. Karburator
6. Mesin GL 160
7. Busi
8. Exhaust Manifold
9. Stick Gas Analyzer
10. Gaz Analyzer
11. Tachometer

Pengujian ini menggunakan mesin bensin 160 cc. Campuran bahan bakar dituang pada *mixer* sebelum masuk ke *burret*. *Mixer* berfungsi sebagai alat untuk pencampur dan pengaduk campuran bahan bakar sehingga senyawa didalamnya tercampur dengan baik dan homogen. Selanjutnya dialirkan pada karburator dan dicampurkan dengan udara segar yang masuk. Kecepatan putar mesin dikontrol dan diukur menggunakan tachometer. Bahan bakar dan udara yang masuk kedalam ruang bakar dikompresikan oleh piston dan terjadi proses pembakaran yang menghasilkan ledakan sehingga piston terdorong menjadi langkah usaha. Gas sisa hasil pembakaran dikeluarkan melalui *Exhaust manifold* dan diukur menggunakan *Gas Analyzer* untuk mengetahui kandungan emisi CO, HC, CO₂, O₂. Hasil ukur emisi ditampilkan pada display *Gas Analyzer*.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Emisi Karbon Monoksida (CO)

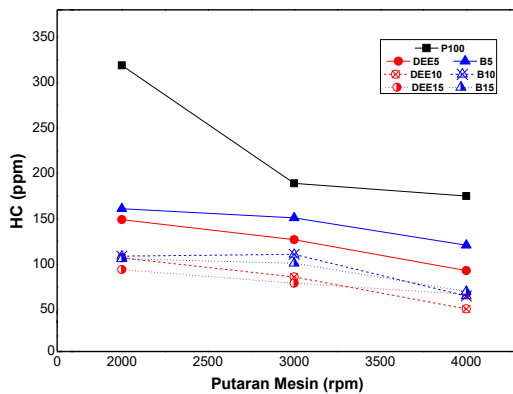
Penelitian ini untuk mengetahui emisi karbondioksida mesin bensin dengan menggunakan pertalite-butanol dan pertalite-DEE. Pengujian ini menghasilkan penurunan tertinggi 72% emisi karbondioksida pada putaran mesin 4000 rpm menggunakan campuran B15. Penggunaan adatif DEE dapat memperbaiki emisi karbondioksida lebih baik daripada penambahan butanol. Hal ini karena DEE memiliki viskositas yang lebih rendah daripada butanol dan pertalite sehingga proses pengkabutan campuran bahan bakar lebih baik [6], [16]. Bahan bakar dikabutkan bertujuan untuk meningkatkan perambatan pembakaran dalam ruang bakar [17]. Sebesar 87% karbondioksida menurun dengan menggunakan campuran DEE15 pada putaran 3000 rpm daripada pertalite murni. Penggunaan adatif butanol dan DEE memperkaya kandungan oksigen sehingga memperbaiki proses oksidasi dalam ruang bakar. Hal ini mengakibatkan pembakaran berlangsung secara lengkap dan memperbaiki emisi CO [10], [18].



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

3.2 Emisi Hidrokarbon (HC)

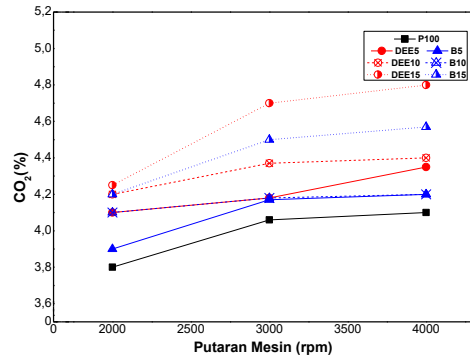
Uji Emisi Hidrokarbon (HC) mesin bensin 160 cc untuk mengobservasi penambahan alkohol butanol dan DEE terhadap pembakaran dalam silinder. Hasil uji menunjukkan bahwa campuran B15 mereduksi emisi HC tertinggi sebesar 67% pada putaran 2000 rpm. Namun, penggunaan adatif DEE terbukti lebih efektif menurunkan emisi HC pada mesin bensin dibandingkan penambahan butanol. Proses pengkabutan campuran DEE dan pertalite pada silinder oleh injektor lebih baik sehingga cepat rambat nyala api meningkat [6]. Hal ini karena nilai viskositas DEE lebih rendah daripada butanol sehingga memperbaiki proses pengkabutan dalam silinder [16]. Campuran DEE10 pada putaran 2000 rpm memperbaiki emisi HC sebesar 73% rpm daripada pertalite. Campuran alkohol butanol dan DEE meningkatkan proses pengikatan oksigen pada bahan bakar. Unsur karbon pada bahan bakar beraksi pada oksigen dari alkohol sehingga pembakaran dalam silinder lebih lengkap dan menurunkan emisi HC [19].



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

3.3 Emisi Karbondioksida (CO₂)

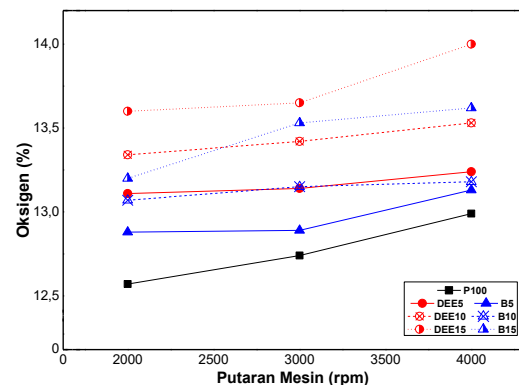
Uji emisi karbondioksida (CO₂) mesin bensin 160 cc menggunakan pertalite-butanol dibandingkan dengan pertalite-DEE dipaparkan pada Gambar 5. Penambahan butanol 15% meningkatkan emisi CO₂ tertinggi sebesar 11% dibanding pertalite murni. Oksigen yang tinggi pada butanol bereaksi pada senyawa karbon pada bahan bakar. Hal ini meningkatkan proses penyebaran api pada silinder sehingga pembakaran meningkat dan emisi CO₂ lebih banyak [20]. Namun, penambahan alkohol DEE dapat meningkatkan emisi CO₂ lebih baik daripada butanol. Terbukti bahwa penggunaan campuran bahan bakar DEE15 meningkatkan emisi CO₂ tertinggi sebesar 17% dibanding pertalite murni. Hal ini terjadi karena kandungan oksigen DEE lebih tinggi dibanding dengan butanol maupun pertalite sehingga pembakaran dalam silinder meningkat dan lebih baik [21], [22]. Peningkatan emisi CO₂ ini membuktikan bahwa pembakaran dalam silinder lebih sempurna [23].



Gambar 5. Emisi CO₂ mesin bensin dengan variasi campuran bahan bakar dan putaran mesin

3.4 Kandungan Oksigen (O₂)

Penelitian ini membuktikan bahwa senyawa Oksigen juga terkandung dalam gas sisa hasil pembakaran yang keluar dari mesin bensin dan hasil pengujian ditunjukkan pada gambar 6. Kandungan oksigen meningkat seiring ditambahkannya alkohol butanol dan DEE pada bahan bakar bensin. Campuran bahan bakar B15 meningkatkan kandungan oksigen dalam emisi gas buang sebesar 6% dan campuran bahan bakar DEE15 sebesar 8% dibanding pertalite murni. Peningkatan kandungan oksigen pada emisi gas buang dikarenakan proses oksidasi yang berlebihan campuran bahan bakar sehingga ada beberapa oksigen yang belum terbakar terbuang bersama emisi gas buang. Hal ini menyebabkan kandungan oksigen dalam emisi gas buang meningkat [24], [25].



Gambar 6. Kandungan O₂ pada emisi gas buang mesin bensin dengan variasi campuran bahan bakar dan putaran mesin

4. Kesimpulan

Penelitian ini menguji gas sisa hasil pembakaran mesin bensin 160 cc berbahan bakar pertalite-butanol dan pertalite-DEE. Hasil pengujian memaparkan bahwa penambahan DEE pada pertalite menghasilkan gas sisa hasil pembakaran mesin lebih baik dibanding penambahan butanol. Emisi CO mesin bensin menurun 87% menggunakan campuran bahan bakar DEE15 sedangkan campuran B15 hanya menurunkan emisi CO sebesar 72%. Hal ini juga terjadi pada emisi HC, penggunaan campuran DEE10 memperbaiki emisi HC sebesar 73% sedangkan

campuran B15 hanya memperbaiki emisi HC sebesar 72% dibanding pertalite murni. Namun, emisi CO₂ dan kandungan oksigen meningkat saat penambahan DEE dan Butanol pada bahan bakar pertalite. Campuran DEE15 meningkatkan emisi CO₂ sebesar 17% dan campuran B15 sebesar 11%. Sedangkan kandungan oksigen pada gas sisa pembakaran meningkat 8% pada campuran DEE15 dan 6% pada campuran B15 daripada pertalite murni.

Ucapan Terimakasih

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

Daftar Pustaka

- [1] Syarifudin, F. L. Sanjaya, Y. S. , Faqih Fatkhurrozak , M. Khumaidi Usman, and Hasan Koten, "Effect Methanol, Ethanol, Butanol on the Emissions Characteristics of Gasoline Engine," *Automotive Experiences*, vol. 2, no. 2, pp. 41–46, 2021.
- [2] F. L. Sanjaya, and F. Fatkhurrozak, "Efek Penambahan Butanol Terhadap Emisi dan Temperatur Gas Buang Mesin Bensin EFI Menggunakan EGR," *J. Infotekmesin*, vol. 13, no. 01, pp. 8–12, 2022, doi: 10.35970/infotekmesin.v13i1.677.
- [3] Y. P. Pratama, "Environmental Kuznet Curve (Ekc), Dan Degradasi Kualitas Udara Di Indonesia Periode 1980-2018." [Online]. Available: <http://ejournal-s1.undip.ac.id/index.php/jme>
- [4] 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.
- [5] 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 : Jurnal Program Studi Teknik Mesin*, vol. 9, no. 2, pp. 170–176, 2020, doi: 10.24127/trb.v9i2.1178.
- [6] M. V. Kumar and S. S. G. Reddy, "Study on the performance and emissions of diesel engine by fish methyl ester and DEE additive in a diesel engine fuel," *Materials Today: Proceedings*, vol. 45, no. xxxx, pp. 3323–3327, 2021, doi: 10.1016/j.matpr.2020.12.648.
- [7] R. Raman and N. Kumar, "Performance and emission characteristics of twin cylinder diesel engine fuelled with mahua biodiesel and DEE," *Transportation Engineering*, vol. 2, no. June, 2020, doi: 10.1016/j.treng.2020.100024.
- [8] 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.
- [9] 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.
- [10] M. S. M. Zaharin, N. R. Abdullah, H. H. Masjuki, O. M. Ali, G. Najafi, and T. Yusaf, "Evaluation on physicochemical properties of iso-butanol additives in ethanol-gasoline blend on performance and emission characteristics of a spark-ignition engine," *Applied Thermal Engineering*, vol. 144, pp. 960–971, 2018, doi: 10.1016/j.applthermaleng.2018.08.057.
- [11] J. S. Basha et al., "An emission control strategy in a low capacity single cylinder compression ignition engine powered with DEE blended fuels," *Materials Science for Energy Technologies*, vol. 3, pp. 770–779, 2020, doi: 10.1016/j.mset.2020.09.004.
- [12] S. Lee and T. Y. Kim, "Title : Performance and Emission Characteristics of a DI Diesel Engine Operated with Diesel / DEE Blended Fuel," *Applied Thermal Engineering*, 2017, doi: 10.1016/j.applthermaleng.2017.04.112.
- [13] Y. Li et al., "Experimental investigation of a spark ignition engine fuelled with acetone-butanol-ethanol and gasoline blends," *Energy*, vol. 121, no. 2017, pp. 43–54, 2017, doi: 10.1016/j.energy.2016.12.111.
- [14] 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.
- [15] M. N. A. M. Yusoff et al., "Performance and emission characteristics of a spark ignition engine fuelled with butanol isomer-gasoline blends," *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, vol. 57, no. September, pp. 23–38, 2017, doi: 10.1016/j.trd.2017.09.004.
- [16] M. K. Yesilyurt and M. Aydin, "Experimental investigation on the performance, combustion and exhaust emission characteristics of a compression-ignition engine fuelled with cottonseed oil biodiesel/diethyl ether/diesel fuel blends," *Energy Conversion and Management*, vol. 205, no. November 2019, p. 112355, 2020, doi: 10.1016/j.enconman.2019.112355.
- [17] H. Sharudin, N. R. Abdullah, G. Najafi, R. Mamat, and H. H. Masjuki, "Investigation of the effects of iso-butanol additives on spark ignition engine fuelled with methanol-gasoline blends," *Applied Thermal Engineering*, 2017, doi: 10.1016/j.applthermaleng.2016.12.017.
- [18] F. L. Sanjaya, "Pengaruh Penambahan Butanol sebagai Campuran Bahan Bakar Premium terhadap Torsi dan Daya Mesin Bensin dengan Sistem EGR," vol. 1, no. 1, pp. 7–10, 2020, doi: 10.35970/accurate.v1i1.175.
- [19] A. Elfasakhany and A. F. Mahrous, "Performance and emissions assessment of n-butanol-methanol-gasoline blends as a fuel in spark-ignition engines," *Alexandria Engineering Journal*, vol. 55, no. 3, pp. 3015–3024, 2016, doi: 10.1016/j.aej.2016.05.016.
- [20] D. Barik, S. Murugan, S. Samal, and N. M. Sivaram, "Combined effect of compression ratio and diethyl ether (DEE) port injection on performance and emission characteristics of a DI diesel engine fuelled with upgraded biogas (UBG)-biodiesel dual fuel," *Fuel*, vol. 209, no. August, pp. 339–349, 2017, doi: 10.1016/j.fuel.2017.08.015.

- [21] 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 Conversion and Management*, vol. 174, no. August, pp. 779–792, 2018, doi: 10.1016/j.enconman.2018.08.091.
- [22] 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 Conference Series: Materials Science and Engineering*, vol. 494, no. 1, 2019, doi: 10.1088/1757-899X/494/1/012005.
- [23] 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.
- [24] H. Nasrullah, "Automotive Experiences," *Automotive Experiences*, vol. 2, no. 2, pp. 41–46, 2019.
- [25] R. Feng et al., "Combustion and emissions study on motorcycle engine fueled with butanol-gasoline blend," *Renewable Energy*, vol. 81, pp. 113–122, 2015, doi: 10.1016/j.renene.2015.03.025.