

Pengaruh *Exhaust Gas Recirculation* (EGR) Terhadap *Exhaust Gas Temperature* (EGT) dan *Smoke opacity* Mesin Diesel 4JB1 Berbahan Bakar Biodiesel Jatropa-etanol

Syarifudin¹, Faqih Fatkhurrozak^{2*}, Firman Lukman Sanjaya³, Ahmad Farid⁴

^{1, 2, 3}Teknik Mesin, Politeknik Harapan Bersama

⁴Teknik Mesin, Universitas Pancasakti

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

⁴Jl. Halmahera No.KM. 01, Mintaragen, Kec. Tegal Tim., Kota Tegal, Jawa Tengah 52121, Indonesia

E-mail: masudinsyarif88@gmail.com¹, faqihyani14@gmail.com², sanjaya.firman51@gmail.com³, ahmadfaridmt@gmail.com⁴

Info Naskah:

Naskah masuk: 24 Mei 2022

Direvisi: 11 Juli 2022

Diterima: 18 Juli 2022

Abstrak

Ketergantungan manusia terhadap kendaraan bermotor semakin tinggi dan tidak terkendali. Aktualisasi ini dipastikan berdampak pada pengurangan stok bahan bakar dan peningkatan pencemaran udara akibat emisi jelaga. *Blending* bahan bakar solar dengan jatropa dan alkohol etanol diprediksi mengurangi ketergantungan bahan bakar solar dan polusi udara. Menyuplai ruang bakar dengan gas buang/*Exhaust Gas Recirculation*/EGR juga diprediksi akan mengurangi emisi jelaga dan menurunkan konsumsi bahan bakar. Penelitian ini bertujuan mengobservasi pengaruh penggunaan sistem EGR pada penggunaan bahan bakar campuran jatropa dan etanol terhadap *Exhaust Gas Temperature*/EGT sebagai indikasi performa dan terhadap jelaga/*Smoke opacity* sebagai indikasi emisi gas buang. Hasil eksperimen menunjukkan penggunaan sistem EGR meningkatkan EGT dan menurunkan *Smoke opacity* mesin diesel di setiap variasi bahan bakar. EGT bahan bakar D100 meningkat 1,67%, DJ10 meningkat 0,71%, DJ10E meningkat 0,67%, DJ20 meningkat 1,45%, DJ20DE meningkat 1,07%, DJ30 meningkat 1,50%, dan EGT bahan bakar DJ30E meningkat 1,47%. Sedangkan pada sisi emisi, *Smoke opacity* bahan bakar D100 menurun 1,84%, DJ10 menurun 1,71%, DJ10E menurun 2,21%, DJ20 menurun 0,96%, DJ20E menurun 2,33, DJ30 menurun 2,99%, dan bahan bakar DJ30E menurun 1,30%.

Abstract

Human dependence on motorized vehicles is getting higher and uncontrollable. This actualization will certainly have an impact on reducing fuel stocks and air pollution with soot emissions. Combining diesel fuel with jatropa and alcohol is predicted to reduce dependence on diesel fuel and air pollution. Supplying the combustion chamber with exhaust gas/*Exhaust Gas Recirculation*/EGR is also predicted to reduce soot emissions and reduce fuel consumption. This study aims to observe the effect of using the EGR system on the use of mixed fuel jatropa and ethanol exhaust gas temperature/EGT as an indication of performance and soot/smoke opacity as exhaust emissions. The experimental results show the use of the EGR system increases EGT and Smoke opacity decreases the diesel engine in each fuel variation. D100 fuel EGT increased 1.67%, DJ10 increased 0.71%, DJ10E increased 0.67%, DJ20 increased 1.45%, DJ20DE increased 1.07%, DJ30 increased 1.50%, and DJ30E fuel EGT increased by 1.47%. While on the emission side, the smoke opacity of D100 fuel decreased by 1.84%, DJ10 decreased by 1.71%, DJ10E decreased by 2.21%, DJ20 decreased by 0.96%, and DJ20E decreased by 2.33, DJ30 decreased by 2.99%, and DJ30E fuel decreased 1.30%.

*Penulis korespondensi:

Faqih Fatkhurrozak

E-mail: faqihyani14@gmail.com

1. Pendahuluan

Ketergantungan manusia terhadap kendaraan bermotor semakin tinggi dan tidak terkendali. Dalam perputaran ekonomi, kendaraan bermotor menjadi komponen utama mobilisasi masyarakat. Vitalisasi kendaraan bermotor tercermin pada paparan volume kendaraan bermotor oleh Badan Pusat Statistika Indonesia (BPS) tahun 2021. Tahun 2021, volume kendaran bermotor mencapai 143.797.227 unit. Volume ini meningkat 7.659.776 (5,63%) daripada tahun 2020. Kendaraan bermotor tipe penumpang, dan angkutan barang yang berpengergerak mesin diesel menjadi volume terbesar peningkatan kendaraan bermotor. Aktualisasi ini dipastikan berdampak pada pengurangan stok bahan bakar dan peningkatan pencemaran udara akibat emisi jelaga yang keluar dari knalpot[1].

Minyak jatropa terbukti dapat dijadikan sebagai pengganti bahan bakar solar. Minyak jatropa memiliki angka setana yang tinggi mendekati bahan bakar solar. Dalam penelitian [2], penggunaan minyak jatropa sebesar 10 hingga 20% sukses dilakukan namun menghasilkan penurunan performa dan peningkatan emisi jelaga mesin diesel. Hasil yang sama juga diperoleh dari penelitian [3]. Performa mesin diesel menurun dan emisi jelaga meningkat saat pengujian bahan bakar jatropa 30%. Bhikuning [4] memaparkan bahwa viskositas jatropa yang tinggi menjadi faktor utama tendensi performa dan emisi mesin diesel. Viskositas yang tinggi menjadikan spray terganggu dan kerja pompa injeksi menjadi berat [5].

Penelitian Fatkhurrozak [6] menghasilkan penurunan performa yang lebih sedikit. Penggunaan minyak jatropa 10% diberikan *additive* alkohol untuk menurunkan viskositas dan menambah kandungan oksigen pada bahan bakar[7][8]. Hasil ini diperkuat penelitian [9], bahwa peningkatan performa dan penurunan emisi mesin diesel terdapat korelasi dengan kualitas bahan bakar bahan bakar campuran alkohol. Gao dkk [10] menambahkan alkohol etanol pada bahan bakar biodiesel. Efisiensi mesin diesel meningkat akibat peningkatan daya dan penurunan konsumsi bahan bakar. Hal ini dipicu penurunan viskositas akibat kandungan etanol dalam bahan bakar[11].

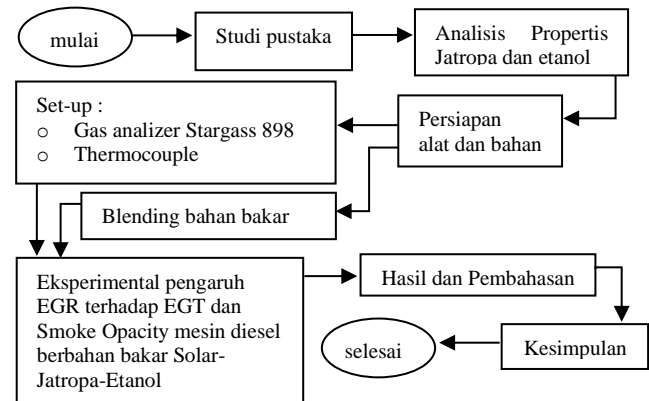
Bahan bakar solar dengan campuran minyak jatropa potensial untuk memenuhi kebutuhan bahan bakar khususnya berpengergerak mesin diesel [12]. Penurunan performa dan peningkatan emisi gas buang dapat dikurangi dengan menambahkan etanol. Ketersediaan etanol sangat melimpah. Etanol dapat diproduksi dari sisa tumbuhan hijau bahkan sekam padi yang tidak dimanfaatkan manusia. Etanol merupakan alkohol yang dapat diproduksi dari sisa tumbuhan hijau. Etanol memiliki propertis yang baik yaitu viskositas 1,07 mm²/s dan kandungan oksigen 21,6% [13]. Propertis ini menjadi indikator kuat bahwa adanya etanol pada bahan bakar diesel diprediksi akan mengurangi emisi gas buang [14].

Sistem EGR (*Exhaust Gas Recirculation*) merupakan metode menambah komposisi udara dalam ruang bakar dengan mensirkulasikan udara exhaust[15], Adanya udara EGR akan mengurangi emisi hasil pembakaran. Penelitian ini menggunakan mesin diesel 4JB1 yang dilengkapi sistem EGR dingin. Bahan bakar yang digunakan adalah solar-minyak jatropa yang diberikan aditif etanol. Penelitian fokus

pada pengaruh aktifasi sistem EGR terhadap temperature gas buang/EGT (*Exhaust Gas Temperature*) dan emisi jelaga (*Smoke opacity*) yang dihasilkan mesin diesel.

2. Metode Penelitian

Penelitian terhadap temperatur gas buang (EGT) dan *Smoke opacity* dilakukan di Laboratorium Program Studi Diploma III Teknik Mesin Politeknik Harapan Bersama. Tahapan alur penelitian dipaparkan pada alur Gambar 1.



Gambar 1. Tahapan penelitian



Gambar 2. Mesin diesel 4JB1

Tabel 1. Spesifikasi mesin Diesel 4JB1

No.	Spesifikasi	Keterangan
1	Tipe motor	Diesel, OHV, Vertical in-line, Direct injection, 4JB1
2	Jumlah silinder	4 cylinder
3	Bore x Stroke	93x102mm
4	Kapasitas mesin	2771cc
5	Maximum power	70/3000 (HP/rpm)
6	Compression ratio	18,21:1

Penelitian pengaruh sistem EGR terhadap EGT dan smoke opacity menggunakan metode eksperimen. Mesin diesel 4JB1 pada Gambar 2 dilengkapi sistem EGR dioperasikan dengan putaran konstan 2500 rpm, seperti pada Tabel 1. Bahan bakar yang digunakan adalah solar, solar-jatropa, dan solar-jatropa-etanol. Bahan bakar solar diperoleh dari Stasiun Pengisian Bahan bakar Umum (SPBU) milik Pertamina di Kota Tegal. Sedangkan minyak jatropa, dan etanol diperoleh dari Toko komersil di Kota

Semarang. Bahan bakar solar, minyak jatropa, dan etanol selanjutnya dilakukan *blending* dengan komposisi seperti pada Tabel 2.

Tabel 2. Komposisi bahan bakar

No.	Bahan bakar	kode	Volume bahan bakar (ml)		
			Solar	Jatropa	Etanol
1	Solar	D100	1000	0	0
2	Solar 90%+ Jatropa 10%	DJ10	900	100	0
3	Solar 80%+Jatropa 10%+Etanol 10%	DJ20	800	100	100
4	Solar 80%+ Jatropa 20%	DJ10E	800	200	0
5	Solar 70%+Jatropa 20%+Etanol 10%	DJ20E	700	200	100
6	Solar 70%+ Jatropa 30%	DJ10E	700	300	0
7	Solar 60%+Jatropa 30%+Etanol 10%	DJ20E	600	300	100

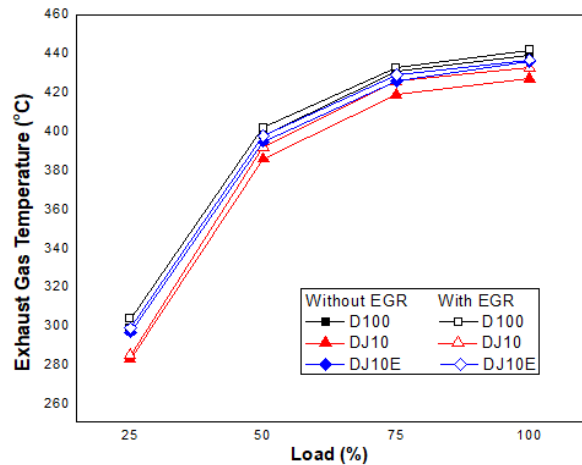
Untuk mendapatkan data EGT dan *Smoke opacity*, *exhaust* mesin diesel 4JB1 dipasang *Thermocouple* dan *stik Gas Analyzer Stargas 898*. Suhu yang terlihat pada display dicatat dan dilakukan komparasi dengan hasil pengujian bahan lainnya. Pengujian dilakukan 3 kali berturut untuk mendapatkan validitas.

3. Hasil dan Pembahasan

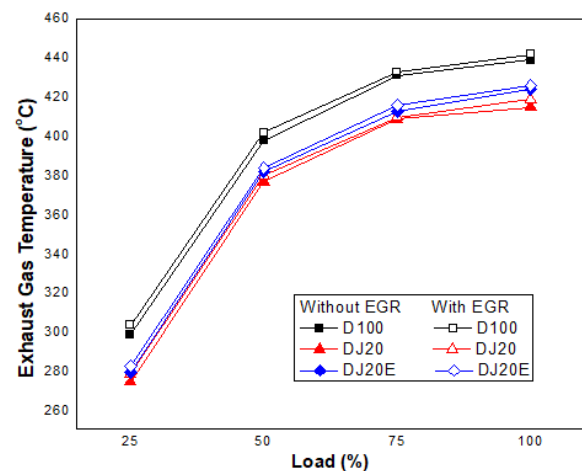
3.1 Pengaruh EGR terhadap EGT mesin diesel berbahan bakar Solar-Jatropa-Etanol

Pada Gambar 3 adalah Presentasi EGT mesin diesel berbahan bakar Solar-Jatropa-Etanol dengan *sistem Exhaust Gas Temperature* (EGR). Operasi mesin diesel dengan kandungan Jatropa 10% dipresentasikan oleh Gambar (3a). Operasi mesin diesel dengan kandungan Jatropa 20% dipresentasikan oleh Gambar (3b). Sedangkan operasi mesin diesel dengan kandungan Jatropa 30% dipresentasikan oleh Gambar (3c). Melalui *Thermocouple*, temperature gas buang yang keluar terukur melalui display. Secara umum, pembukaan katup EGR (25%) meningkatkan suhu saluran buang mesin diesel. Udara gas buang yang masuk di dalam ruang bakar mempercepat proses pemanasan bahan bakar[16]. Hal ini sangat baik bagi pembakaran partikulat mater bahan bakar.

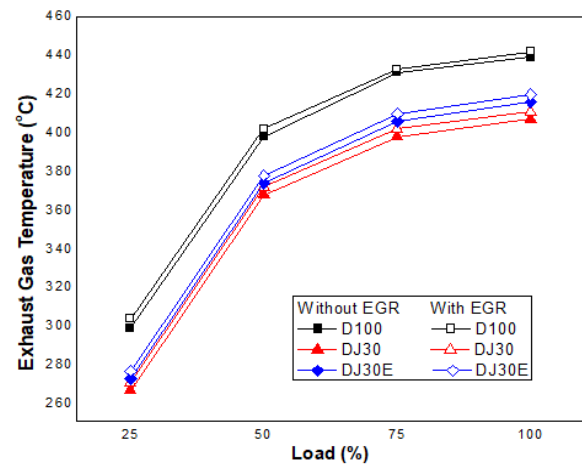
Seperti pengujian bahan bakar dengan kandungan Jatropa 10% (Gambar 2a), pembukaan katup EGR meningkatkan EGT bahan bakar solar murni (D100) hingga 304°C (1,67%). EGT bahan bakar Solar-Jatropa 10% (DJ10) meningkat hingga 285°C (0,71%), dan EGT pengujian bahan bakar Solar-Jatropa 10%-Etanol 10% meningkat hingga 299°C (0,67%). Trend peningkatan EGT ini dipastikan akibat efek udara gas buang yang bercampur di dalam proses *combustion ignition*[17]. Pembukaan katup EGR juga berdampak pada pengujian Jatropa 20%, dan Jatropa 30%. EGT pada pengujian DJ20 meningkat hingga 1,45% (279°C), EGT bahan bakar DJ20DE meningkat 1,07% (283°C), EGT bahan bakar DJ30 meningkat 1,50% (271°C), dan EGT bahan bakar DJ30E meningkat 1,47% (277°C).



(a)

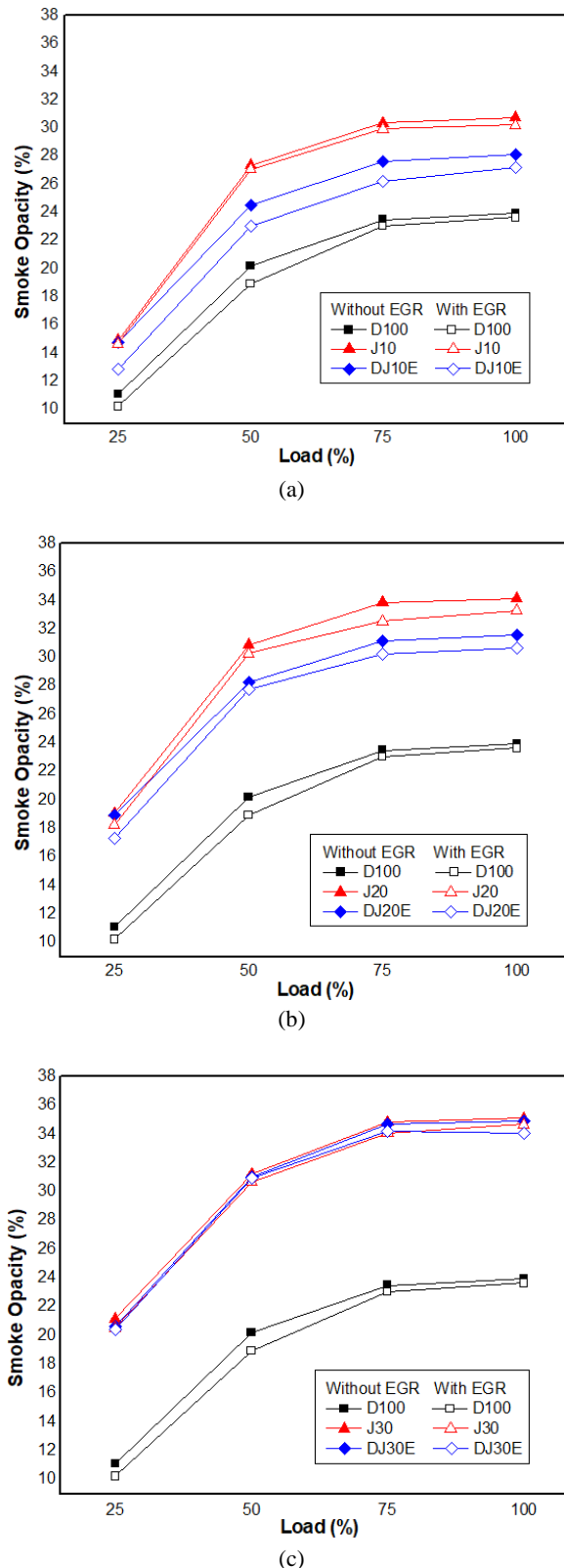


(b)



(c)

Gambar 3. Exhaust Gas Temperature (EGT) mesin diesel 4JB1 berbahan bakar Solar-Jatropa-Etanol (a) Jatropa 10%, (b) Jatropa 20%, dan (c) Jatropa 30%



Gambar 4. Smoke Opacity mesin diesel 4JB1 berbahan bakar Solar-Jatropha-Etanol (a) Jatropha 10%, (b) Jatropha 20%, dan (c) Jatropha 30%

Pada Gambar 4 merupakan paparan hasil pengujian Emisi jelaga (*Smoke opacity*) mesin diesel berbahan bakar Solar-Jatropha-Etanol 10% dengan sistem EGR. Smoke

opacity mesin diesel dengan kandungan Jatropha 10% dipaparkan pada Gambar 4a, Jatropha 20% dipaparkan pada Gambar 4b, dan Jatropha 30% dipaparkan pada Gambar 4c. melalui Stick Smoke meter yang dipasang ke dalam saluran buang, display membaca konsentrasi emisi jelaga yang dihasilkan mesin diesel. Secara umum mesin diesel dengan pembukaan katup EGR 25% menghasilkan *Smoke opacity* lebih tinggi daripada tanpa EGR. Panas udara EGR meningkatkan temperatur ruang bakar dan meningkatkan efisiensi pembakaran bahan bakar dan menekan pembentukan emisi jelaga mesin diesel[18][19]. Pengujian *Smoke opacity* bahan bakar Solar-Jatropha-Etanol 10% menjadi bukti bahwa sistem EGR mempengaruhi penurunan emisi jelaga mesin diesel.

Pembukaan katup EGR pada pengujian *Smoke opacity* mesin diesel berbahan bakar D100 mengalami penurunan 1,84%. Pengujian dengan bahan bakar DJ10 mengalami penurunan 1,71%, dan pengujian bahan bakar DJ10E mengalami penurunan 2,21%. Penurunan *smoke opacity* akibat pembukaan katup EGR juga terjadi pada bahan bakar DJ20, DJ20E, DJ30, dan DJ30E. *Smoke opacity* bahan bakar DJ20 menurun 0,96%, DJ20E menurun 2,33, DJ30 menurun 2,99%, dan DJ30E menurun 1,30%.

4. Kesimpulan

Penggunaan sistem EGR meningkatkan EGT dan menurunkan *Smoke opacity* mesin diesel di setiap variasi bahan bakar. EGT bahan bakar D100 meningkat 1,67%, DJ10 meningkat 0,71%, DJ10E meningkat 0,67%, DJ20 meningkat 1,45%, DJ20DE meningkat 1,07%, DJ30 meningkat 1,50%, dan EGT bahan bakar DJ30E meningkat 1,47%. Sedangkan pada sisi emisi, *Smoke opacity* bahan bakar D100 menurun 1,84%, DJ10 menurun 1,71%, DJ10E menurun 2,21%, DJ20 menurun 0,96%, DJ20E menurun 2,33, DJ30 menurun 2,99%, dan bahan bakar DJ30E menurun 1,30%.

Daftar Pustaka

- [1] Syarifudin, F. L. Sanjaya1, Y. S. , Faqih Fatkhurrozak , M. Khumaidi Usman, and Hasan Koten, "Automotive Experiences," *Automot. Exp.*, vol. 2, no. 2, pp. 41–46, 2021.
- [2] Syarifudin, Syaiful, and E. Yohana, "Effect of butanol on fuel consumption and smoke emission of direct injection diesel engine fueled by jatropha oil and diesel fuel blends with cold EGR system," *SHS Web Conf.*, vol. 49, p. 02010, 2018, doi: 10.1051/shsconf/20184902010.
- [3] S. Syarifudin, "Daya Dan Emisi Jelaga Dari Mesin Diesel Berbahan Bakar Solar-Jatropha-Butanol," *J. Rekayasa Mesin*, vol. 14, no. 3, p. 142, 2019, doi: 10.32497/jrm.v14i3.1503.
- [4] A. Bhikuning, "The simulation of performance and emissions from rapeseed and soybean methyl ester in different injection pressures," *Automot. Exp.*, vol. 4, no. 3, pp. 112–118, 2021, doi: 10.31603/ae.4682.
- [5] J. Marbun, "Analisis Sistem Injeksi Air/Metanol Dan Air/Etanol Terhadap Konsumsi Bahan Bakar dan Emisi Gas buang," *J. Tek. Mesin ITI*, vol. 4, no. 3, p. 109, 2020, doi: 10.31543/jtm.v4i3.518.
- [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] 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 Jatropha," *Infotekmesin*, vol. 11, no. 2, pp. 137–140, 2020, doi: 10.35970/infotekmesin.v11i2.258.
- [8] A. I. El-Seesy, H. Hassan, and S. Ookawara, "Effects of graphene nanoplatelet addition to jatropha Biodiesel–Diesel mixture on the performance and emission characteristics of a diesel engine," *Energy*, vol. 147, pp. 1129–1152, 2018, doi: 10.1016/j.energy.2018.01.108.
- [9] F. L. Sanjaya, S. Syaiful, and S. Syarifudin, "Brake spesific 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.
- [10] Z. Gao, S. Lin, J. Ji, and M. Li, "An experimental study on combustion performance and flame spread characteristics over liquid diesel and ethanol-diesel blended fuel," *Energy*, vol. 170, pp. 349–355, 2019, doi: 10.1016/j.energy.2018.12.130.
- [11] M. Figueroa-Labastida, M. B. Luong, J. Badra, H. G. Im, and A. Farooq, "Experimental and computational studies of methanol and ethanol preignition behind reflected shock waves," *Combust. Flame*, vol. 234, p. 111621, 2021, doi: 10.1016/j.combustflame.2021.111621.
- [12] B. Y. Lamba, G. Joshi, D. S. Rawat, S. Jain, and S. Kumar, "Study of oxidation behavior of Jatropha oil methyl esters and Karanja oil methyl esters blends with EURO-IV high speed diesel," *Renew. Energy Focus*, vol. 27, no. December, pp. 59–66, 2018, doi: 10.1016/j.ref.2018.09.002.
- [13] 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. January, pp. 673–686, 2019, doi: 10.1016/j.fuel.2019.01.063.
- [14] E. Alptekin, "Evaluation of ethanol and isopropanol as additives with diesel fuel in a CRDI diesel engine," *Fuel*, vol. 205, pp. 161–172, 2017, doi: 10.1016/j.fuel.2017.05.076.
- [15] Febryan Andinata, Fredina Destyorini, Eni Sugiarti, Munasir, and Kemas A. Zaini T, "PENGARUH pH LARUTAN ELEKTROLIT TERHADAP TEBAL LAPISAN ELEKTROPLATING NIKEL PADA BAJA ST 37," *JPPFA*, vol. 2, no. 2, pp. 48–52, 2012.
- [16] K. Shrivastava, S. S. Thipse, and I. D. Patil, "Optimization of diesel engine performance and emission parameters of Karanja biodiesel-ethanol-diesel blends at optimized operating conditions," *Fuel*, vol. 293, no. February, p. 120451, 2021, doi: 10.1016/j.fuel.2021.120451.
- [17] A. Sharma, Y. Singh, N. Ahmad Ansari, A. Pal, and S. Lalhriatpuia, "Experimental investigation of the behaviour of a DI diesel engine fuelled with biodiesel/diesel blends having effect of raw biogas at different operating responses," *Fuel*, vol. 279, no. March, p. 118460, 2020, doi: 10.1016/j.fuel.2020.118460.
- [18] B. Waluyo, M. Setiyo, Saifudin, and I. N. G. Wardana, "Fuel performance for stable homogeneous gasoline-methanol-ethanol blends," *Fuel*, vol. 294, no. February, p. 120565, 2021, doi: 10.1016/j.fuel.2021.120565.
- [19] 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.