

Produksi Biofuel Berbahan Baku Mangrove Untuk Substitusi Bahan Bakar Gasoline

Syarifudin^{1*}, Eflita Yohana², Muchammad³, Suhartana⁴, Kusnadi⁵, Faqih Fatkhurrozak⁶, Firman Lukman Sanjaya⁷

^{1,5,6,7}Program Studi Teknik Mesin, Politeknik Harapan Bersama

^{1,2,3}Departmen Teknik Mesin, Universitas Diponegoro

⁴Departmen Kimia, Universitas Diponegoro

^{1, 5,6,7}Jl. Mataram No.9 Pesurungan Lor, Kota Tegal, 52147, Indonesia

^{2,3}Jalan Prof. Soedarto, Tembalang, Semarang, 50275, Indonesia

⁴Jalan Prof. Jacob Rais, Tembalang, Semarang, 50275, Indonesia

E-mail: syarifudin@students.undip.ac.id¹, efnan2003@gmail.com², m_mad5373@yahoo.com³, suhartana@live.undip.ac.id⁴, kusnadi.adi87@gmail.com⁵, faqihyani14@gmail.com⁶, sanjaya.ilzamy14@gmail.com⁷

Abstrak

Ketergantungan terhadap bahan bakar fosil mendesak diberikan solusi melalui bahan bakar alternatif. Etanol menjadi larutan yang direkomendasikan karena mudah di produksi dengan bahan baku yang melimpah dialam seperti buah mangrove. Buah mangrove jenis *Rhizophora Mucronata* memiliki karbohidrat 45,22% dan tidak dimanfaatkan sebagai bahan baku pangan manusia. Penelitian bertujuan memproduksi biofuel etanol berbahan baku mangrove dengan destilasi bertingkat. Metode eksperimental diterapkan pada tahapan produksi tepung mangrove, uji propertis tepung mangrove, sakarifikasi dan fermentasi, destilasi etanol mangrove, dan analisis potensi performa dan emisi gas buang. Penelitian menghasilkan biofuel mangrove dengan kandungan alkohol 28% yang di produksi dari tepung mangrove dan memiliki kandungan abu 1,91%, protein, 2,24%, lemak 0,53%, dan air 11,61%. Selain itu, biofuel mangrove memiliki propertis viskositas dan densitas yang lebih tinggi daripada Gasoline masing-masing sebesar 0,8067Cp, dan 0,8115g/mL. Penggunaan biofuel mangrove hasil eksperimen diprediksi menurunkan kinerja penginjeksian bahan bakar.

Abstract

Dependence on fossil fuels requires a solution through alternative fuels. Ethanol is the recommended solution because it is easy to produce using raw materials that are abundant in nature, such as mangrove fruit. The *Rhizophora Mucronata* type of mangrove fruit contains 45.22% carbohydrates and is not used as raw material for human food. The research aims to produce ethanol biofuel from mangrove raw materials using multistage distillation. Experimental methods were applied at the stages of mangrove flour production, mangrove flour property testing, saccharification and fermentation, mangrove ethanol distillation, and analysis of potential performance and exhaust emissions. The research produced mangrove biofuel with an alcohol content of 28% which was produced from mangrove flour and had an ash content of 1.91%, protein, 2.24%, fat 0.53%, and water 11.61%. In addition, mangrove biofuel has higher viscosity and density properties than Gasoline at 0.8067Cp and 0.8115 g per mL respectively. The use of mangrove biofuel as a result of experiments is predicted to reduce fuel injection performance.

Info Naskah:

Naskah masuk: 26 Mei 2024

Direvisi: 10 Juni 2024

Diterima: 31 Juli 2024

Keywords:

biofuel;
mangrove;
viscosity;
distillation.

*Penulis korespondensi:

Syarifudin

E-mail: masudinsyarif88@gmail.com

1. Pendahuluan

Energi bersumber dari bahan bakar fosil merupakan kebutuhan primer masyarakat global yang berdampak negatif bagi perekonomian apabila berkurang ketersediannya [1]. Sumber energi fosil secara masif digunakan di sektor transportasi, pembangkit listrik, industri, dan rumah tangga [2]. Eksploitasi bahan bakar fosil berakibat pada peningkatan efekrumahkaca dan pemanasan global akibat peningkatan karbondioksida (CO₂) dan gas lainnya di atmosfer [3]. Hal lain yang berdampak pada ketersediaan energi bersumber fosil yaitu konflik politik produsen bahan bakar fosil seperti Rusia-Ukraina, Israil-Palestina, dan Israil-Iran. Konflik Israil-Iran yang terjadi di tahun 2024 berdampak pada penurunan stok impor energi bahan bakar dan peningkatan harga jual akibat peningkatan cost distribusi [4].

Biofuel adalah bahan bakar alternatif dengan tujuan mengurangkan ketergantungan masyarakat terhadap bahan bakar fosil. Biofuel bisa dijadikan substitusi untuk memenuhi kebutuhan sumber energi fosil melalui pemanfaatan biomassa dari tumbuhan [5]. Biofuel biasanya berasal dari pencampuran alkohol etanol dengan bahan bakar fosil. Faktor pemilihan alkohol etanol karena ketersediaan bahan baku yang melimpah dimana terdapat di alam seperti tumbuhan sampai kelompok alga [6]. Penelitian terdahulu melakukan eksperimen produksi biofuel etanol dari lignoselulosa tandan kelapa sawit dengan kadar alkohol 98,41%. Karbohidrat yang terkandung dalam bahan baku menjadi acuan dalam proses fermentasi pendegradasian pati oleh enzim [7]. Sedangkan pada sisi bahan baku alga, Biofuel di produksi dengan metode hidrolisis asam dan fermentasi dengan memanfaatkan Mikroalga. Etanol yang dihasilkan mencapai 19,28% dengan durasi fermentasi 60 jam [8].

Penggunaan biofuel campuran Gasoline-etanol telah dilakukan oleh penelitian sebelumnya sebagai sumber oksidasi pada mesin pembakaran dalam Gasoline. Biofuel campuran etanol 5% menunjukkan peningkatan efisiensi 28,62% dan penurunan emisi CO 16,67% [9]. Hal ini dimungkinkan efek propertis etanol yang mudah bercampur dengan bahan bakar gasoline [10]. Penelitian terdahulu melakukan eksperimen penggunaan biofuel dengan kemurnian etanol 99,8%. Volume etanol yang dicampur pada bahan bakar Gasoline sebesar 50%, 60%, dan 70% yang diaplikasikan pada motor single silinder. Ekperimen menghasilkan penurunan torsi motor yang dimungkinkan faktor propertis nilai kalor yang rendah dari etanol [11],[12]. Observasi etanol sebagai biofuel juga dilakukan oleh Ismail (2022) dengan konsentrasi etanol 50% dan 75% dengan hasil penurunan efisiensi mesin 6,59% dari implikasi peningkatan konsumsi bahan bakar 12,89% akibat propertis viskositas yang tinggi pada etanol [13].

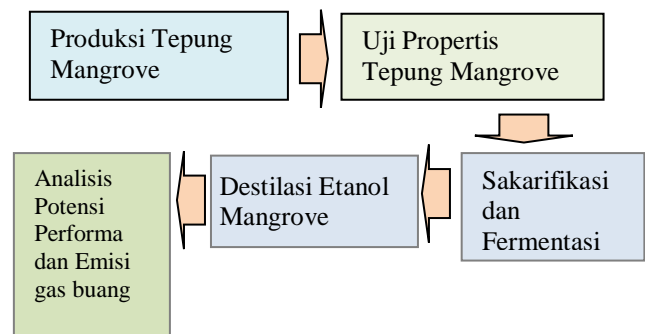
Propertis bahan bakar adalah indikator untuk menentukan kualitas bahan bakar [14]. Biofuel terwujud apabila propertis etanol melebihi atau sama dengan propertis gasoline [15]. Viskositas dan Densitas merupakan indikator utama untuk memprediksi potensi performa dan emisi yang dihasilkan dari proses oksidasi [16]. Semakin tinggi kualitas bahan bakar maka tekanan puncak pembakaran semakin tinggi [10]. selain itu, propertis

Densitas mempengaruhi kinerja penginjeksian bahan bakar. Densitas yang tinggi memungkinkan menurunkan proses oksidasi bahan bakar akibat [17].

Mangrove tersedia di alam khususnya di area perairan Indonesia yang sangat luas. Populasi mangrove mencapai 3.364.076 Ha [18]. Mangrove menjadi objek konservasi hingga penahan abrasi. Akan tetapi buah mangrove yang melimpah tidak termanfaatkan karena tidak masuk program pangan manusia. Menurut penelitian terdahulu, Buah mangrove kering memiliki kandungan karbohidrat 45,22% yang mendukung sebagai bahan baku biofuel etanol [19]. Oleh karena itu penelitian ini bertujuan memproduksi prototipe Biofuel bahan bakar alternatif dengan bahan baku Mangrove.

2. Metode

Penelitian dijalankan dengan tahapan pada Gambar 1. Metode yang digunakan adalah eksperimen melalui produksi mandiri Bioetanol berbahan baku Mangrove.



Gambar 1. Tahapan Penelitian

Produksi tepung mangrove bertujuan menyiapkan bahan baku dengan dimensi tepung 60 mesh. Produksi tepung mangrove dengan langkah antara lain menyiapkan buah mangrove dewasa yang berdimensi 30 sampai 35 cm dilakukan pemotongan 2-3 cm dan dikeringkan [19]. Hasil akhir adalah tepung mangrove hasil penepungan buah mangrove kering dengan ukuran mesh 60. Uji propertis tepung mangrove bertujuan mengetahui komposisi tepung sebagai pertimbangan kelayakan bahan baku biofuel etanol melalui uji proksimat seperti kandungan abu, kandungan air, protein, dan lemak.

Sakarifikasi dan Fermentasi bertujuan mengubah karbohidrat dan glukosa dalam tepung mangrove menjadi etanol. Sakarifikasi dilakukan dengan hidrolisis dan dilanjutkan dengan Fermentasi dengan campuran bakteri *Saccharomyces cerevisiae*. Destilasi Etanol mangrove bertujuan memisahkan air yang ada pada hasil fermentasi sehingga tersisa alkohol dengan kemurnian tinggi. Destilasi dilakukan pada suhu autoclave 75-80 °C. Analisis potensi daya dan polusi gas buang bertujuan memetakan potensi yang diakibatkan pada penggunaan biofuel melalui hasil pengujian propertis viskositas dan densitas. Viskositas dan densitas bahan bakar merupakan indikator kualitas penyemprotan bahan bakar [20].

Eksperimen produksi tepung mangrove dan produksi biofuel etanol mangrove dilaksanakan di Laboratorium Politeknik Harapan Bersama. Sedangkan pengujian

propertis viskositas, densitas dilaksanakan di UPT. Laboratorium Terpadu Universitas Diponegoro.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Produksi Tepung Mangrove

Produksi tepung mangrove bertujuan menyiapkan bahan baku proses hidrolisis. Buah mangrove diperoleh di daerah pesisir Kota Tegal dengan jenis *Rhizophora Mucronata* sebagaimana yang di dokumentasikan pada Gambar 2, Gambar 3, dan Gambar 4.



Gambar 2. Buah Mangrove jenis *Rhizophora Mucronata*.



Gambar 3. Proses pemotongan buah mangrove



Gambar 4. Tepung Mangrove dengan dimensi 60 mesh

Produksi tepung mangrove dilakukan dengan tahapan antara lain:

- 1) Pengupasan kulit dilakukan untuk mengurangi lendir sedangkan pemotongan dilakukan dengan panjang 2 hingga 3 cm untuk memudahkan proses hidrolisis dan proses penepungan.

- 2) Pengeringan potongan buah mangrove secara konvensional selama 5 sampai 6 hari dibawah terik matahari. Pengeringan bertujuan untuk memudahkan proses penepungan.
- 3) Penepungan potongan buah mangrove kering menggunakan mesin penepung hingga diperoleh tepung dengan dimensi 60 mesh. Penepungan dilakukan secara bertingkat dengan hasil seperti yang ditampilkan pada Gambar 4.

3.2 Uji Propertis Tepung Mangrove

Uji propertis tepung mangrove bertujuan mengetahui komposisi tepung sebagai pertimbangan kelayakan buah mangrove sebagai bahan baku biofuel etanol. Validasi yang digunakan dalam proses analisis kelayakan adalah melalui uji proksimat seperti kadar air, abu, serat kasar, lemak, protein dan karbohidrat. Tabel 1 merupakan hasil uji proksimat tepung mangrove sebagai praduga potensi sebagai bahan baku biofuel etanol [21].

Tabel 1. Komposisi Proksimat Tepung Mangrove

No.	Hasil Proksimat	Komposisi (%)
1	Kandungan air	11,61
2	Abu	1,91
3	Protein	2,24
4	Lemak	0,53

Tabel 1 mempresentasikan hasil uji proksimat dengan kandungan Abu 1,91%, Protein, 2,24%, Kandungan Lemak 0,53%, dan Kandungan air 11,61%. Uji proksimat yang dihasilkan disimpulkan lebih rendah daripada yang diujikan oleh penelitian Aman (2019) dengan hasil kandungan abu sebesar 3,26%, kandungan protein sebesar 4,27% dan kandungan lemak sebesar 1,39%.

3.3 Sakarifikasi dan Fermentasi

Sakarifikasi dan Fermentasi bertujuan mengubah karbohidrat dan glukosa dalam tepung mangrove menjadi etanol. Proses Sakarifikasi dilakukan menggunakan metode hidrolisis dengan asam sulfat 10% yang diteruskan proses Fermentasi setelah bahan baku terhidrolisis seperti yang divisualisasikan oleh Gambar 5 dan Gambar 6. Gambar 5 merupakan dokumentasi proses hidrolisis tepung mangrove menggunakan autoclave untuk merubah tepung mangrove menjadi larutan hidrolisis atau bubur mangrove.



Gambar 5. Proses Hidrolisis menggunakan Autoclave



Gambar 6. Proses Filtrasi

Proses Fermentasi dilakukan dengan mencampur bakteri *Saccharomyces cerevisiae* pada larutan hidrolisis yang telah disaring menjadi filtrat. Proses fermentasi dilakukan selama 6x24 jam [19]. Produk hasil Fermentasi adalah larutan etanol namun masih bercampur dengan ampas mangrove. Untuk memisahkan larutan dilakukan Filtrasi sehingga diperoleh Filtrat yang jernih seperti yang disajikan pada Gambar 6.

3.4 Destilasi Etanol Mangrove

Destilasi Etanol mangrove bertujuan memisahkan air yang ada pada produk hasil Filtrasi sehingga tersisa alkohol dengan kemurnian tinggi [19];[22]. Destilasi dilakukan menggunakan alat destilasi yang dilengkapi dengan pengatur suhu dan pipa pendingin seperti yang divisualkanpada Gambar 7.



Gambar 7. Proses Destilasi Larutan Etanol

Proses Destilasi sebagaimana yang disajikan pada Gambar 7 dengan cara memanaskan larutan etanol dengan cara dipanaskan pada suhu 75-80 °C dimana uap yang keluar didinginkan oleh aliran air sehingga dapat merubah uap yang keluar menjadi cairan etanol murni. Untuk mengetahui kadar alkohol yang ada pada etanol dilakukan pengukuran menggunakan alkohol meter seperti yang disajikan pada Gambar 8.



Gambar 8. Pengukuran kandungan alkohol



Gambar 9. Etanol Mangrove hasil Destilasi

Gambar 9 mempresentasikan etanol hasil proses detilasi dengan bertingkat yaitu pada destilasi tingkat 1 menghasilkan etanol dengan kandungan alkohol 19%, dan destilasi tingkat 2 menghasilkan etanol dengan kandungan alkohol 28%.

3.5 Analisis potensi performa dan emisi gas buang

Analisis potensi daya dan polusi gas buang bertujuan memprediksi potensi yang dihasilkan pada penggunaan biofuel melalui uji propertis sebagaimana yang ditampilkanTabel 2.

Tabel 2. Hasil uji viskositas dan densitas Biofuel etanol mangrove

No.	Parameter	Metode uji (SNI)/Alat	Satuan	Hasil Analisis
1	Viskositas	Viskometer Oswald	Cp	0,8067
2	Densitas	Picnometer	g/mL	0,8115

Tabel 2 menyajikan hasil analisis parameter Viskositas dan Densitas produk biofuel etanol mangrove. Viskositas hasil analisis menunjukkan nilai kekentalan sebesar 0,806Cp. Nilai kekentalan biofuel etanol mangrove lebih rendah daripada Gasoline dimana nilai viskositasnya mencapai 0,4Cp [16],[23]. Viskositas menjadi indikator penting dalam pembuatan biofuel yang mempengaruhi homogenisasi pencampuran bahan bakar. Penelitian terdahulu memaparkan bahwa viskositas yang tinggi dalam

bahan bakar menyebabkan penurunan kinerja pompa bahan bakar [24]. Selain itu, viskositas menjadikan droplet yang teurai di dalam ruang bakar menjadi bertambah dan mengurangi kinerja oksidasi [25],[26]. Sedangkan pada sisi Densitas, Biofuel etanol mangrove memiliki nilai densitas 0,8115 g/mL. nilai Densitas ini lebih tinggi dari Gasoline yang mana hanya 0,770 g/mL [27]. Semakin tinggi nilai densitas, maka kualitas penyemprotan bahan bakar semakin menurun [20],[28].

4. Kesimpulan

Buah mangrove jenis *Rhizophora Mucronata* belum ada pemanfaatan sebagai bahan baku pangan manusia. buah mangrove kering memiliki karbohidrat tinggi mencapai 45,22% sehingga mendukung sebagai biofuel dan mengurangi kebutuhan terhadap bahan bakar fosil Gasoline. Hasil eksperimen produksi biofuel etanol mangrove menghasilkan biofuel etanol dengan kadar alkohol 28% dengan viskositas 0,8067Cp, dan densitas 0,8115g/mL yang mana kedua propertis memiliki nilai lebih tinggi dibandingkan Gasoline.

Ucapan Terimakasih

Ucapanterimakasih diberikan kepada Laboratorium Farmasi Politeknik Harapan Bersama dan UPT. Laboratorium Terpadu Universitas Diponegoro yang telah membantu dalam pengujian biofuel etanol mangrove.

Daftar Pustaka

- [1] N. Tambunan, S. Aprilia, and N. Pangesti Rahayu, "Study Literature: Dampak Kenaikan Bbm Bagi Perekonomian Rakyat," *SIBATIK J. J. Ilm. Bid. Sos. Ekon. Budaya, Teknol. dan Pendidik.*, vol. 2, no. 1, pp. 329–336, 2022, doi: 10.54443/sibatik.v2i1.550.
- [2] M. K. Herdyanti, "Analisis Kausalitas Konsumsi Energi Terhadap Pertumbuhan Ekonomi Di Indonesia," *PETROJurnal Ilm. Tek. Perminyakan*, vol. 10, no. 3, pp. 122–129, 2021, doi: 10.25105/petro.v10i3.10839.
- [3] R. Pratama, "Efek Rumah Kaca Terhadap Bumi," *Bul. Utama Tek.*, vol. 14, no. 2, pp. 1410–4520, 2019.
- [4] Verda Nano Setiawan, "Efek Perang Iran-Israel, Siap-Siap Subsidi BBM Cs Jebol!," *CNBC Indonesia*, 2024. <https://www.cnbcindonesia.com/news/20240416141329-4-530704/efek-perang-iran-israel-siap-siap-subsidi-bbm-cs-jebol>
- [5] M. Wafi and A. Budianto, "Review Jurnal: Produksi Biofuel dari Palm Oil dengan Berbagai Metode Proses," *INSOLOGI J. Sains dan Teknol.*, vol. 1, no. 4, pp. 368–375, 2022, doi: 10.55123/insologi.v1i4.633.
- [6] H. Khairiah and M. Ridwan, "Pengembangan Proses Pembuatan Bioetanol Generasi Ii Dari Limbah Tandan Kosong Kelapa Sawit," *J. Pangan dan Agroindustri*, vol. 9, no. 4, pp. 233–240, 2021, doi: 10.21776/ub.jpa.2021.009.04.5.
- [7] A. Y. M. Simanjuntak and R. Subagyo, "Analisis Hasil Fermentasi Pembuatan Bioetanol Dengan Variasi Waktu Menggunakan Bahan (Singkong, Beras Ketan Hitam Dan Beras Ketan Putih)," *Sci. J. Mech. Eng. Kinemat.*, vol. 4, no. 2, pp. 79–90, 2019, doi: 10.20527/sjmekinematika.v4i2.119.
- [8] A. M. Jannah, M. Yerizam, M. Y. Pratama, and A. R. Aditya Amin, "PEMBUATAN BIOETANOL BERBAHAN BAKU *Chlorella pyrenoidosa* DENGAN METODE HIDROLISIS ASAM DAN FERMENTASI," *J. Chem. Process Eng.*, vol. 8, no. 1, pp. 17–23, 2023, doi: 10.33536/jcpe.v8i1.1256.
- [9] Syarifudin et al., "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.
- [10] Syarifudin et al., "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.
- [11] R. Anggarani, C. S. Wibowo, and B. Sugiarto, "Concentrations of Gasoline-Ethanol-Methanol (GEM)," vol. 6, no. 2, pp. 407–415, 2023.
- [12] F. L. Sanjaya, M. K. Usman, F. Fatkhurrozak, S. Syarifudin, and A. B. Hendrawan, "Efek Pencampuran Butanol dan Diethyl Ether (DEE) Pada Peralite Terhadap Torsi, Daya dan Brake Spesific Fuel Consumption Mesin Bensin 160cc," *Infotekmesin*, vol. 14, no. 2, pp. 280–284, 2023, doi: 10.35970/infotekmesin.v14i2.1906.
- [13] F. B. Ismail, A. Al-Bazi, and I. G. Aboubakr, "Numerical investigations on the performance and emissions of a turbocharged engine using an ethanol-gasoline blend," *Case Stud. Therm. Eng.*, vol. 39, no. April, p. 102366, 2022, doi: 10.1016/j.csite.2022.102366.
- [14] 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.
- [15] K. Pembakaran, D. D. Variasi, and K. C. Bensin-, "Droplet Dengan Variasi," *Rekayasa Mesin*, vol. 11, no. 1, pp. 1–9, 2020.
- [16] Fathan Mubina Dewadi, Dodi Mulyadi, Tri Untoro, and Noufal Yusuf Muharram, "Pengaruh Pemanasan BBM Campuran dengan Pemanasan Suhu Terhadap Densitas Bahan Bakar," *Konf. Nas. Penelit. dan Pengabd. Ke-3 Univ. Buana Perjuangan Karawang*, vol. 3, no. 1, pp. 105–113, 2023, [Online]. Available: <https://journal.ubpkarawang.ac.id/index.php/ProsidingKNPP/article/view/4903>
- [17] D. Syarifudin, Heru Nur Cahyo, Agus Suprihadi, "PENGARUH VARIASI VOLUME MINYAK SAWIT TERHADAP SIFAT KIMIA DAN SIFAT FISIK BIODIESEL CAMPURAN SOLAR-MINYAK SAWIT-ALKOHOL (METANOL, ETANOL,BUTANOL)," *J. Konversi*, vol. 8, no. 2, pp. 37–43, 2019.
- [18] Indonesia.Go.id, "Mangrove Indonesia yang Amat Berguna," *Indonesia.Go.id*, 2022. <https://indonesia.go.id/mediapublik/detail/1793> (accessed May 26, 2024).
- [19] W. P. Aman, G. N. Cepeda, M. K. Roreng, and S. Susilowati, "PRODUKSI BIOETANOL DARI BUAH BEBERAPA JENIS MANGROVE DI PAPUA," *J. Teknol. Ind. Pertan.*, vol. 29, no. 1, pp. 53–61, Apr. 2019, doi: 10.24961/j.tek.ind.pert.2019.29.1.53.
- [20] M. Mariono, W. Wahyudi, and M. Nadjib, "Effect of Density and Viscosity on Injection Characteristic of Jatropha - waste Cooking Oil Biodiesel Mixture.," *JMPM (Jurnal Mater. dan Proses Manufaktur)*, vol. 7, no. 1, pp. 44–52, 2023, doi: 10.18196/jmpm.v7i1.17896.
- [21] K. Roreng, "Wilson P. Aman , Gino N. Cepeda, Mathelda K. Roreng," vol. 29, no. 1, pp. 53–61, 2019, doi: 10.24961/j.tek.ind.pert.2019.29.1.53.
- [22] Y. W. Mirzayanti, . S., and R. Kurniayati, "Produksi Etanol Berbahan Baku Molasses Melalui Proses Fermentasi Menggunakan Ragi Roti," *J. Ind. Process Chem. Eng.*, vol. 1, no. 1, p. 1, 2021, doi: 10.31284/j.joiche.2021.v1i1.2110.
- [23] S. Mumpuni et al., "Acetone-Butanol-Ethanol as the Next

- Green Biofuel – A Review,” *Automot. Exp.*, vol. 5, no. 3, pp. 251–260, 2022.
- [24] Wahyudi, N. Caroko, and H. . sAMPURNA, “Pengaruh Densitas dan Viskositas Terhadap Sudut Injeksi Biodiesel Jatropha-Jagung (1:4 dan 4:1),” *Jmpm*, vol. 7(2), no. 2, pp. 108–117, 2023.
- [25] R. A. Y. L. Calvin, P. A. T. Hariyanto, A. I. Usman, M. Masuku, C. S. Wibowo, M. Maymuchar and B. S. N. A. Fathurrahman, “Volatility and physicochemical properties of gasoline-ethanol blends with gasoline RON-based 88, 90, and 92,” *Fuel*, vol. 307, no. August 2021, p. 121850, 2022, doi: 10.1016/j.fuel.2021.121850.
- [26] 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.
- [27] Y. Noefendri and A. Wahzudi, “Pengaruh Jenis Aditif Bahan Bakar Bensin Terhadap Prestasi Mesin Motor Bensin 4 Langkah,” *J. Kaji. Tek. Mesin*, vol. 7, no. 2, 2018.
- [28] F. Fatkhurrozak, F. L. Sanjaya, E. Yohana, J. Prof, S. No, and K. Semarang, “Karakteristik Emisi CO dan HC Mesin bensin SOHC 110cc Berbahan bakar Pertalite-Alkohol,” vol. 13, no. 01, pp. 189–193, 2022, doi: 10.35970/infotekmesin.v13i1.1067.