

PENGARUH 6, 8 DAN 10 KALI PEMAKAIAN MINYAK JELANTAH TERHADAP RENDEMEN HASIL REAKSI TRANSESTERIFIKASI MENGGUNAKAN KATALIS BASA HOMOGEN NaOH

EFFECT OF 6, 8 AND 10 TIMES USING COOKING OIL ON THE RESULTS OF TRANSESTERIFICATION REACTIONS USING HOMOGEN BASED CATALYST NaOH

Amirul Mukminin¹, Yuniarti¹, Debora Ariyani¹, Eka Megawati¹

¹Program Studi Teknik Pengolahan Minyak dan Gas Bumi, Sekolah Tinggi Teknologi Minyak dan Gas Bumi Balikpapan, Indonesia

*Email: amirmin25@gmail.com

Diterima: 29 Mei 2023. Disetujui: 30 Juli 2023. Dipublikasikan: 09 Agustus 2023

Abstrak: Telah dilakukan penelitian pengaruh pemakaian minyak jelantah 6, 8 dan 10 kali pemakaian terhadap % rendemen pembentukan metil ester (biodiesel) menggunakan katalis basa homogen NaOH 0,6% massa. Seluruh sampel minyak jelantah direaksikan dengan methanol dengan perbandingan reaktan 1:5 % massa. Reaksi transesterifikasi masing-masing sampel dilakukan pada suhu 60°C selama 40 menit. Hasil rendemen sampel minyak jelantah 6 kali pemakaian sebesar 96,6%, sedangkan 8 dan 10 kali pemakaian menunjukkan nilai yang tidak jauh beda yaitu masing-masing 96,4 dan 96 % massa. *Gas Chromatography* (GC) dan *Mass Spectroscopy* (MS) mendeteksi 14 puncak senyawa dan bahwa 3 puncak tertinggi yang menunjukkan bahwa kandungan sampel adalah suatu metil ester. Masing-masing puncak garis 4 merupakan metil palmitat (C₁₇H₃₄O₂) dengan luas area 36,66 %, puncak garis 6 adalah metil oleat (C₁₉H₃₆O₂), luas area 55,7% dan waktu retensi 17,92 menit ; puncak garis 7 adalah metil nonadekanoat (C₂₀H₄₀O₂) dengan luas area 4,41% dan waktu retensi 18,093 menit.

Kata Kunci: minyak jelantah, metil ester, biodiesel, katalis homogen GC-MS,

Abstract: Research has been carried out on the effect of using used cooking oil 6, 8 and 10 times usage on the % yield of methyl ester formation (biodiesel) using a homogeneous base catalyst of 0.6% mass NaOH. All used cooking oil samples were reacted with methanol with a reactant ratio of 1:5 % by mass. The transesterification reaction of each sample was carried out at 60°C for 40 minutes. The yield of used cooking oil samples for 6 times of use was 96.6%, while 8 and 10 times of use showed values that were not much different, 96.4 and 96% by mass, respectively. Gas Chromatography (GC) and Mass Spectroscopy (MS) detected 14 peaks of the compound and that the 3 highest peaks indicated that the sample contained a methyl ester. Each peak of line 4 is methyl palmitate (C₁₇H₃₄O₂) with an area of 36.66%, peak of line 6 is methyl oleate (C₁₉H₃₆O₂), area of 55.7% and retention time of 17.92 minutes; the peak of line 7 is methyl nonadecanoate (C₂₀H₄₀O₂) with an area of 4.41% and a retention time of 18.093 minutes.

Keywords: used cooking oil, methyl ester, biodiesel, GC-MS homogeneous catalyst,

PENDAHULUAN

Minyak goreng bekas (*waste oil*) atau yang banyak disebut sebagai minyak jelantah adalah salah satu jenis minyak yang berubah sifat alamiahnya karena adanya perlakuan proses fisika maupun kimia. Perlakuan tersebut diantaranya adalah pemanasan dan pencampuran bahan makanan lain selain minyak dalam proses penggunaannya. Penggunaannya yang berulang ditandai dengan perubahan fisika berupa warna yang menjadi lebih kecoklatan, kekentalan yang meningkat sedangkan perubahan kimia berupa perubahan rasa dan meningkatnya angka asam. Menurut ^[1] perubahan tersebut disebabkan oleh terbentuknya asam lemak jenuh pada saat terjadinya proses penggorengan. Oleh karena adanya perubahan sifat kimia dan fisika maka minyak goreng bekas dianggap sebagai limbah.

Penggunaan teknologi yang tepat dapat meningkatkan nilai ekonomis dan mengurangi dampak ekologi limbah minyak jelantah di

lingkungan. Salah satu upaya yang telah banyak diteliti adalah digunakan untuk bahan baku biodiesel. Asam lemak bebas (Free Fatty Acid, FFA) yang tinggi yang dimiliki biodiesel dari minyak jelantah berkisar antara 3-40% b/b ^[1-6]. Minyak jelantah diketahui mengandung beberapa jenis asam lemak bebas seperti; asam laurik, asam miristat, asam palmitat, asam palmitoleat, asam sterik, asam oleat. Kandungan FFA sangat menentukan jenis tahapan reaksi pembentukan biodiesel baik berupa reaksi transesterifikasi maupun reaksi eksterifikasi.

Pengaruh konsentrasi % massa katalis basa homogen NaOH pada pembuatan metil ester (biodiesel) telah dilaporkan sebelumnya oleh ^[4,7-9] Sedangkan pengaruh waktu reaksi yang tepat juga telah dilaporkan sebelumnya ^[8,10,11], laporan tersebut menjelaskan bahwa waktu yang efektif untuk menghasilkan rendemen biodiesel sebesar 80 % adalah selama 40 menit pada suhu reaksi 60°C.

Berdasarkan latar belakang diatas penelitian ini akan mempelajari pengaruh penggunaan minyak goreng bekas terhadap perolehan rendemen dan kualitas biodiesel hasil reaksi transesterifikasi. Seluruh sampel dikatalisis menggunakan katalis 0,6 % massa NaOH dengan perbandingan jumlah total metanol dan minyak jelantah 1:5 massa pada suhu 60°C selama 40 menit. Variasi bahan baku minyak jelantah yang dipilih adalah 6,8, dan 10 kali penggunaan. Variasi ini dipilih berdasarkan laporan sebelumnya. Sifat kimia (% FFA, kadar Air, pH) kandungan dan sifat fisika (flash point, densitas, warna) akan dipelajari untuk seluruh sampel yang diteliti. Kemudian akan dilakukan perbandingan seluruh sifat sampel dengan standar SNI Biodiesel. Penentuan jenis dan komposisi asam lemak menggunakan instrument kromatografi gas (GC) dan Massa Spectroscopy (MS) seperti yang telah dilaporkan oleh [4,7,12,13] dan masih banyak lagi.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Kimia kampus STT Migas Balikpapan. Identifikasi kandungan kimia menggunakan Gas Chromatography (GC)-Massa Spectroscopy (MS) dilakukan padan Laboratorium Terpadu Universitas Islam Indonesia. Bahan baku yang digunakan adalah minyak jelantah yang telah digunakan dengan variaasi 6, 8, dan 10 kali pemakaian dari pedagang gorengan di sekitar kampus STT Migas Balikpapan. Bahan baku pereaksi berupa NaOH 99% pa, Metanol 98%, Asam Asetat CH₃COOH 98%, aquades, indicator PP. Alat-alat yang digunakan pada penelitian ini seperangkat alat reaktor reflux (labu leher tiga 500 mL, termometer, pengaduk magnet, pemanas listrik dan sistem pendingin),, kromotografi gas spektroskopi massa (GC-MS) QP type 2010 SE, vial injeksi, alat-alat gas, dan timbangan digital.

1. Preparasi Minyak Jelantah

Seluruh sampel minyak jelantah masing-masing 6,8, dan 10 kali pemakaian 500 ml dihilangkan pengotornya dengan cara disaring. Penghilangan air dalam sampel dilakukan dengan cara pemanasan pada suhu 100 - 120°C selama 10 menit. Minyak jelantah yang telah bersih dari pengotor kemudian dilakukan pengukuran sifat kimia dan fisika seperti; densitas, kadar air, % FFA, pH dan identifikasi warna.

2. Reaksi Transesterifikasi Minyak Jelantah

Minyak jelantah yang telah dipreparasi dilakukan reaksi transesterifikasi menggunakan methanol dan katalis NaOH. Ditimbang katalis NaOH 0,6% massa kemudian dicampurkan kedalam 100 ml methanol dan diaduk hingga homogen. Setelah didapatkan larutan yang homogen kemudian ditempatkan dalam labu leher tiga. Sebanyak 500 ml minyak jelantah dimasukan dalam labu leher tiga yang telah berisi larutan campuran NaOH dan Metanol. Seluruh campuran kemudian dipanaskan selama 40 menit

pada suhu dipertahankan 60°C dengan pengadukan tetap Variasi sampel yang digunakan masing-masing adalah 6, 8 dan 10 kali pemakaian. Seluruh hasil rekasi transestrifikasi dibiarkan selama 24 jam didalam corong pisah (biodiesel dibagian atas dan gliserol dibagian bawah). Pencucian menggunakan aqudest hingga pH netral didapatkan. Metil ester yang telah di dapatkan kemudian direfluks untuk menghilangkann air pada suhu 100°C. Sampel yang memiliki rendemen terbaik kemudian diuji kandungan komposisi asam lemak menggunakan instrument seperangkat alat Gas Chromatography (GC)-Massa Spectroscopy (MS). Pengukuran dilakukan dengan kenaikan 10°C/menit dari suhu 25°C sampai suhu 299°C selama 29, 633 menit, dan detector menggunakan MS (Massa Spektrometer).

3. Identifikasi Sifat Fisika dan Kimia Metil Ester

Seluruh sampel hasil reakstri transesterifikasi dipelajari sifat fisika dan kimia meliputi:

- Densitas merupakan perbandingan nilai massa terhadap volume metil ester

$$\rho = \frac{m}{v} = \frac{\text{piknisi} - \text{pikn kosong}}{v(\text{ml})}$$

Keterangan: ρ = (Massa Jenis), M= (Massa), V= (Volume)

- Free Fety Acid (% FFA), kadar % FFA diukur melalui titrasi asam basa dengan NaOH yang telah di bakukan dengan Aquades dan phenolphthalein (pp).

$$\% \text{ FFA} = \frac{\text{mL NaOH} \times N \text{ NaOH} \times \text{EM Sampel}}{\text{m} \times 1000} \times 100$$

- Perhitungan rendemen dilakukan dengan cara menghitung massa metil ester yang dihasilkan tanpa pengotor dengan jumlah bahan baku minyak jelantah. Perhitungan rendemen biodiesel dilakukan menggunakan rumus :

$$\text{Rendemen (\%)} = \frac{\text{Jumlah Minyak yang dihasilkan}}{\text{Jumlah bahan sebelum di olah}} \times 100$$

- Pengujian kadar air dengan cara, volume biodiesel setelah dicuci kemudian dikurang volume biodeisel setelah di uapkan. Adapun rumus perhitngan yang dipakai dalam perhitungan volume air :

$$\text{Air} = \frac{v \text{ Biodiesel setelah dicuci} - v \text{ Biodiesel setelah diuapkan}}{v (v \text{ Biodiesel setelah di cuci})} \times 100$$

- Titik nyala, menggunakan alat uji ASTM D92,
- pH diukur menggunakan kertas lakmus universal
- Pengujian warna dilakukan secara visual.
- Destilasi, pengujian destilasi dilakukan dengan menggunakan alat uji ASTM D92, untuk menghitung IBP dan FBP.

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Reaksi Transesterifikasi

Tabel 1 dibawah ini menunjukkan karakteristik fisika dan kimia sampel hasil reaksi transesterifikasi. Seluruh sampel metil ester hasil reaksi transesterifikasi minyak jelantah 6,8,10 kali pemakaian yang direaksikan dengan methanol 1: 5 massa dengan katalis NaOH 0,6 % massa selama 40 menit pada suhu 60°C menunjukkan hasil yang telah sesuai dengan Standar Nasional Indonesia (SNI) identifikasi metil ester reaksi transesterifikasi. Hanya pengujian densitas yang tidak memenuhi SNI. Nilai densitas yang didapatkan dari sampel 6 kali pemakaian menunjukkan angka 0,836 gr/ml, sampel 8 kali pemakaian menunjukkan angka 0,832 gr/ml, dan sampel 10 pemakaian menunjukkan angka 0,842 gr/ml, sedangkan SNI mensyaratkan massa jenis yakni 850-890 gr/ml. Oleh karenanya semua variasi sampel tidak memenuhi syarat.

Tabel 1. Hasil karakteristik metil ester reaksi transesterifikasi minyak jelantah 6,8,10 kali pemakaian dan methanol 1: 5 massa dengan katalis NaOH 0,6 % massa selama 40 menit pada suhu 60°C

Parameter	Satuan	SNI	Sampel		
			6	8	10
Densitas	gr/mL	0,850 - 0,890	0,836	0,832	0,842
Flash Point	°C	100 min	176,6	171,6	171,1
Destilasi 90%	°C	360 maks	331	315	307
Residu Destilasi 90%	ml	-	2,2	1,2	1,4
Kandungan Air	%	0,05 maks	0,025	0,041	0,029
Bilangan Asam	%	0,5 maks	0,023	0,029	0,033
Warna	-	-	Kuning Emas Terang	Kuning Emas Terang	Kuning Emas Terang
pH	-	-	6	6	6

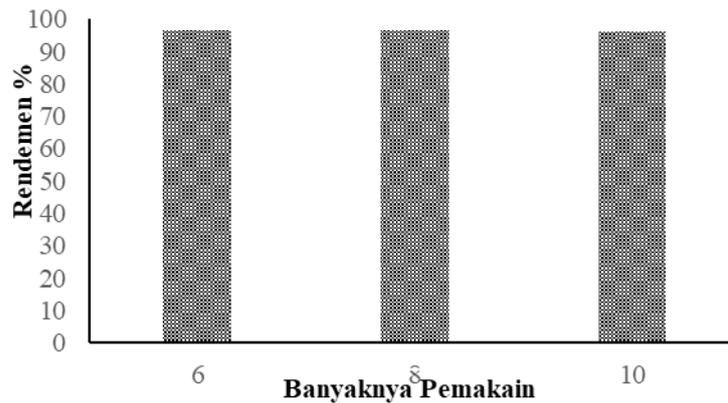
Berdasarkan hasil pengujian flash point masing-masing metil ester hasil reaksi transesterifikasi minyak jelantah 6, 8, dan 10 kali pemakaian adalah berturut-turut adalah sebesar 176,6 °C, 171,6 °C, dan 171,1 °C. Seluruh nilai ini telah memenuhi nilai SNI. Tingginya titik nyala menandakan lebih mudahnya penanganan bahan bakar, karena hal ini maka bahan bakar sangat aman disimpan dan digunakan pada suhu ruang, tidak perlu disimpan pada suhu rendah,

sebaliknya titik nyala yang terlalu rendah akan membahayakan karena tingginya resiko terjadi penyalaaan^[1]

Nilai destilasi 90% maksimal 360 °C, semua variasi sampel telah memenuhi syarat. Hasil uji kandungan *water content* atau kadar air merupakan cara identifikasi kandungan air yang terdapat pada produk biodiesel. Penentuan nilai standar SNI yaitu 0,05 %-Volum, hal ini menunjukkan nilai batas kandungan air dalam sampel sehingga terhindar dari masalah kerusakan mesin kendaraan. Makin kecil kadar air dalam minyak maka mutunya akan semakin baik pula karena akan memperkecil terjadinya hidrolisis yang dapat menyebabkan kenaikan kadar asam lemak bebas, kandungan air dalam bahan bakar dapat juga menyebabkan turunnya panas pembakaran, berbusa dan bersifat korosif jika bereaksi dengan sulfur karena akan membentuk asam^[14,15] Hasil pengukuran menunjukkan nilai masing-masing sampel 6,8, dan 10 kali pemakaian berturut-turut adalah lebih rendah dari SNI yaitu; 0,025; 0,041; dan 0,029 %volume. Hasil yang sama juga telah ditunjukkan pada penelitian sebelumnya^[7,10,16]

Berdasarkan nilai kadar bilangan asam biodiesel memiliki batasan SNI yakni maksimum 0,5 Mg/KOH/g jika sampel yang memiliki angka diatas maksimum tersebut maka akan menyebabkan korosif dan dapat menimbulkan kerak pada injektor mesin diesel^[17-19] Seluruh sampel memberikan nilai dibawah SNI dan sangat baik.

Gambar 1 dibawah menunjukkan bahwa sampel minyak jelantah dengan 6 kali pemakaian jika di lakukan reaksi transesterifikasi pada suhu 60°C selama 40 menit dengan methanol 1:5 % massa menggunakan katalis NaOH 0,6% massa mampu menghasilkan rendemen mencapai 96,6 % volume. Nilai ini tidak terlampaui jauh jika menggunakan sampel 8 dan 10 kali pemakaian dikondisi reaksi yang sama berturut-turut menghasilkan nilai 96,4% dan 96 % volume. Hasil ini jauh lebih baik jika di bandingkan dengan penelitian sebelumnya menggunakan rasio minyak dan methanol 1;5 dan NaOH dengan kadar 0,4; 0,5 dan 0,6% massa pada suhu 60°C selama 120 menit yaitu hanya 65,5 ; 67,8; 72 % volume. Hal ini bisa dikatakan nilai perolehan rendemen terbaik yaitu dengan waktu reaksi 40 menit, suhu 60°C dengan kadar katalis 40% massa.

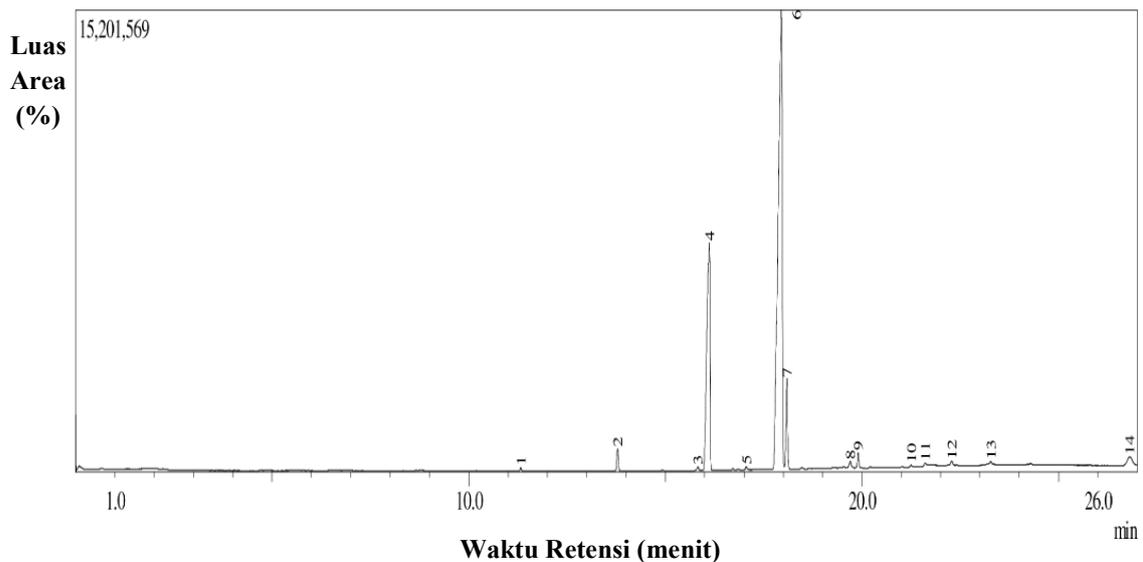


Gambar 1. Grafik perolehan rendemen (%) volume hasil reaksi transesterifikasi selama 40 menit minyak jelantah 6,8, dan 10 dan methanol 1:5 massa menggunakan katalis NaOH 0,6% massa pada suhu 60°C

2. Analisis Kromatografi Gas *Chromatography (GC)- Massa Spectroscopy (MS)*

Gambar 2 diatas adalah hasil kromatograf uji GC sampel hasil reaksi transesterifikasi minyak jelantah 6 kali pemakaian dengan methanol 1:5 % massa menggunakan katalis

NaOH 0,6% massa pada suhu 60°C selama 40 menit. Sampel ini dipilih karena menunjukkan nilai rendemen terbaik yaitu sebanyak 96,6 % volume.



Gambar 2. Kromatograf hasil uji GC untuk sampel hasil reaksi transesterifikasi minyak jelantah 6 kali pemakaian methanol 1:5 % massa menggunakan katalis NaOH 0,6% massa pada suhu 60°C selama 40 menit.

Kromatogram pada gambar 2 menunjukkan adanya 14 puncak garis dengan waktu retensi (tR) dan luas area puncak (%). Puncak garis no 4, 6, dan 7 merupakan puncak-puncak garis yang menunjukkan nilai yang signifikan dari pada lainnya. Ketiga puncak garis tersebut adalah puncak garis 4 merupakan metil palmitat ($C_{17}H_{34}O_2$) dengan luas area 36,66 %, puncak garis 6 adalah metil oleat ($C_{19}H_{36}O_2$), luas area 55,7% dan waktu retensi 17.92 menit ; puncak garis 7 adalah metil nonadekanoat ($C_{20}H_{40}O_2$)

dengan luas area 4,41% dan waktu retensi 18,093 menit.

Metil oleat yang berisi satu ikatan rangkap merupakan asam lemak tak jenuh terpenting memiliki kelimpahan yang banyak dalam penelitian ini. Sedangkan metil oleat yang paling besar karena terlihat memiliki nilai sebesar 55,% pada sampel minyak jelantah 6 kali pemakaian. Sedangkan metil palmitat menyumbangkan nilai 36,66%, asam jenis ini adalah asam lemak jenuh terpenting. Biofuel yang mengandung asam

lemak jenuh tinggi merupakan metil ester yang tahan terhadap oksidasi dari udara, dan mempunyai bilangan oktan yang tinggi^[16,20].

Tabel 2. Massa Spectroscopy (MS) hasil reaksi transesterifikasi minyak jelantah 6 kali pemakaian dengan katalis NaOH 0,6 % massa pada suhu 60°C selama 40 menit

Waktu Retensi, t_R (menit)	Rumus Molekul	Nama Senyawa	Berat Molekul	Luas Puncak (%)
13,785	C ₁₅ H ₃₀ O ₂	Metil Miristat	242	1,15
16,123	C ₁₇ H ₃₄ O ₂	Metil Palmitat	270	36,66
17,967	C ₁₉ H ₃₆ O ₂	Metil Oleat	296	55,47
18,101	C ₂₀ H ₄₀ O ₂	Metil Nonadeka noat	312	4,41
19,911	C ₁₈ H ₃₆ O	Metil lignoserat	382	0,445

KESIMPULAN

Penggunaan minyak jelantah 6 kali pemakaian dapat dirubah menjadi biodiesel dengan bantuan katalis NaOH 0,6 % massa pada suhu reaksi transesterifikasi 60°C selama 40 menit. Hasil rendemen sampel minyak jelantah 6 kali pemakaian sebesar 96,6%, sedangkan 8 dan 10 kali pemakaian menunjukkan nilai yang tidak jauh beda yaitu masing-masing 96,4 dan 96 % massa. *Gas Chromatography* (GC) dan *Mass Spectroscopy* (MS) mendeteksi 14 puncak senyawa dan bahwa 3 puncak tertinggi yang menunjukkan bahwa kandungan sampel adalah metil ester. Masing-masing puncak garis 4 merupakan metil palmitat (C₁₇H₃₄O₂) dengan luas area 36,66 %, puncak garis 6 adalah metil oleat (C₁₉H₃₆O₂), luas area 55,7% dan waktu retensi 17,92 menit ; puncak garis 7 adalah metil nonadekanoat (C₂₀H₄₀O₂) dengan luas area 4,41% dan waktu retensi 18,093 menit.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Ma, F., & Hanna, M. A. (1999). Biodiesel production: a review. *Bioresource technology*, 70(1), 1–15.
- [2] Maghami, M., Sadrameli, S. M., & Ghobadian, B. (2015). Production of biodiesel from fishmeal plant waste oil using ultrasonic and conventional methods. *Applied Thermal Engineering*, 75, 575–579.
- [3] Persulesy, P. Y., Basri, K., & Suprpto, E. (2022). Pengaruh Penggunaan Bahan Bakar Biodiesel Berbasis Biji Buah Nyamplung (*Calophyllum Inophyllum*) Terhadap Emisi Gas Buang Mesin Diesel.
- [4] Rezeika, S. H., Ulfan, I., & Ni'mah, Y. L. (2018). Sintesis Biodiesel dari Minyak Jelantah dengan Katalis NaOH dengan Variasi Waktu Reaksi Transesterifikasi dan Uji Performanya

- dengan Mesin Diesel. *Akta Kimia Indonesia*, 3(2), 175. <https://doi.org/10.12962/j25493736.v3i2.3098>
- [5] Bialangi, N. (2015). Analisis Biodiesel Dari Konversi Minyak Jelantah Dengan Kromatografi Gas. *Penelitian Kolaboratif Dana BLU MIPA*, 1(1935).
- [6] Kapuji, A., Hadi, S., & Arifin, Z. (2021). Proses Pembuatan Biodiesel dari Minyak jelantah. *Jurnal Chemtech*, 7(1), 1–6.
- [7] Mukminin, A., Megawati, E., Warsa, I. K., Yuniarti, Y., Umaro, W. A., & Islamiati, D. (2022). Analisis Kandungan Biodiesel Hasil Reaksi Transesterifikasi Minyak Jelantah Berdasarkan Perbedaan Konsentrasi Katalis NaOH Menggunakan GC-MS. *Sang Pencerah: Jurnal Ilmiah Universitas Muhammadiyah Buton*, 8(1), 146–158.
- [8] Busyairi, M., Za'im Muttaqin, A., Meicahyanti, I., & Saryadi, S. (2020). Potensi Minyak Jelantah Sebagai Biodiesel dan Pengaruh Katalis Serta Waktu Reaksi Terhadap Kualitas Biodiesel Melalui Proses Transesterifikasi. *Jurnal Serambi Engineering*, 5(2).
- [9] Oko, S., Mustafa, M., Kurniawan, A., & Willain, D. (2021). Sintesis Biodiesel Dari Minyak Kedelai Melalui Reaksi Transesterifikasi Dengan Katalis CaO/NaOH. *Jurnal Teknologi*, 13(1), 1–6.
- [10] Mukminin, A., Megawati, E., Ariyani, D., Warsa, I. K., Monde, J., & Sapril, S. (2023). Pengaruh Waktu Reaksi Pembuatan Biodiesel dari Minyak Jelantah dengan Bantuan Katalis Bassa NaOH terhadap Sifat Fisika dan Kimia Produk Biodiesel. *Journal on Education*, 5(2), 3817–3825.
- [11] Muhammidah, A. (2019). Studi Variasi Waktu Reaksi Transesterifikasi Minyak Jelantah Menjadi Biodiesel Menggunakan Abu Batang Pisang Sebagai Katalis Heterogen Dengan Kosolven Aseton.
- [12] Suirta, I. (2009). Preparasi Biodiesel Dari Minyak Jelantah Kelapa Sawit. *Jurnal Kimia*.
- [13] Muderawan, I. W., & Daiwataningsih, N. K. P. (2016). Pembuatan Biodiesel Dari Minyak Nyamplung (*Calophyllum Inophyllum* L.) dan Analisis Metil Esternya dengan GC-MS. *Prosiding Seminar Nasional MIPA*.
- [14] Prasetyo, J. (2018). Studi Pemanfaatan Minyak Jelantah sebagai Bahan Baku Pembuatan Biodiesel. *Jurnal Ilmiah Teknik Kimia*, 2(2), 45–54.
- [15] Majid, A. A., Prasetyo, D., & Danarto, Y. C. (2012). Pembuatan biodiesel dari minyak jelantah dengan menggunakan iradiasi gelombang mikro.
- [16] Setiawati, E., & Edwar, F. (2012). Teknologi Pengolahan Biodiesel Dari Minyak Goreng Bekas dengan Teknik Mikrofiltrasi dan Transesterifikasi sebagai Alternatif Bahan Bakar Mesin Diesel. *Riset Industri*.

- [17] Darmawan, F. I. (2013). Proses Produksi Biodiesel dari Minyak Jelantah dengan Metode Pencucian Dry-Wash Sistem. *Jurnal Teknik Mesin*, 2(01).
- [18] Oko, S., Mustafa, M., Kurniawan, A., & Muslimin, N. A. (2020). Pemurnian minyak jelantah dengan metode adsorpsi menggunakan arang aktif dari serbuk gergaji kayu ulin (*Eusideroxylon zwageri*). *Jurnal Riset Teknologi Industri*, 14(2), 124.
- [19] Permana, E., Naswir, M., Sinaga, M. E. T., Alfairuz, A., & Murti, S. D. S. (2020). Kualitas Biodiesel dari Minyak Jelantah Berdasarkan Proses Saponifikasi dan Tanpa Saponifikasi. *JTT (Jurnal Teknologi Terapan)*, 6(1), 26–31.
- [20] Gultom, T. (2001). *Individual Textbook Biokimia*. Jurusan Pendidikan Kimia Fakultas MIPA Universitas Negeri Yogyakarta, Yogyakarta.