

PENGARUH JENIS KATALIS PADA PEMBUATAN BIODIESEL DARI MINYAK JELANTAH

Dian Ramadhani Putri · Muh. Irwan · Mardhiyah Nadir

Received: 12 Juni 2024 | Revised: 21 Juli 2024 | Accepted: 29 Juli 2024 | Published: 15 Agustus 2024
UPT Publikasi dan Pengelolaan Jurnal Uniska-Daltonjurnal 2024

Abstrak Penggunaan minyak goreng merupakan salah satu kebutuhan pokok pada kehidupan masyarakat yang sangat dibutuhkan setiap hari. Minyak goreng yang tidak bisa dipakai akan menghasilkan limbah berupa minyak bekas (jelantah). Salah satu upaya untuk mengurangi limbah minyak jelantah yaitu dengan pembuatan biodiesel. Pada Pengerjaan biodiesel dapat melakukan analisa transesterifikasi minyak dan metanol dengan bantuan katalis homogen seperti katalis KOH, NaOH dan NaOCH₃. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh jenis katalis KOH 1%, NaOH 1% dan NaOCH₃ 1%. Minyak jelantah dan metanol perbandingan (1:9) ditransesterifikasi pada suhu 65°C dan waktu reaksi transesterifikasi 120 menit dengan menggunakan 0,896 gram katalis KOH, NaOH dan NaOCH₃. Hasil biodiesel terbaik pada katalis NaOCH₃ dengan *yield* terbanyak 78,67%, densitas 40°C 875,4 kg/m³, viskositas kinematik 40°C 5,68 cSt, kadar air 0,049 %, bilangan asam 0,727 mgKOH/g dan kadar metil ester 51,19%. Semua parameter biodiesel telah memenuhi SNI 7182:2015, kecuali untuk kadar metil ester belum memenuhi SNI 7182:2015.

Katakunci Biodiesel · Katalis · Minyak Jelantah · Transesterifikasi ·



This is an open access article under the CC-BY 4.0 License. Copyright © 2024 by authors.

✉ Dian Ramadhani Putri
dianramadhaniputri8@gmail.com

Jurusan Teknik Kimia, Politeknik
Negeri Samarinda, Indonesia

Abstract The use of cooking oil is one of the necessities in people's lives which is needed every day. Cooking oil that cannot be used will produce waste in the form of used cooking oil. Efforts to reduce used cooking oil waste are by producing biodiesel. Biodiesel production is carried out using the transesterification method of oil and methanol with the help of homogeneous catalysts such as KOH, NaOH, and NaOCH₃ catalysts. This research aims to determine the effect of the catalyst types KOH 1%, NaOH 1%, and NaOCH₃ 1%. Used cooking oil and methanol with a ratio of 1:9 were transesterified at a temperature of 60-65°C and a transesterification reaction time of 120 minutes using 0.896 grams of KOH, NaOH and NaOCH₃ catalysts. The best biodiesel results were on the NaOCH₃ catalyst with the highest yield of 78.67%, density of 875.4 kg/m³ at 40°C, kinematic viscosity of 5.68 cSt at 40°C, water content of 0.049%, acid number of 0.727 mgKOH/g and methyl ester content of 51.19%. All biodiesel parameters have met SNI 7182:2015, except for the methyl ester content which has not met SNI 7182:2015.

Keywords Biodiesel · Catalyst · Used Cooking Oil · Transesterifikasi ·

PENDAHULUAN

Pertumbuhan industri yang semakin cepat juga bertambahnya jumlah penduduk dunia dan perkembangan teknologi yang pesat, kebutuhan energi umat manusia semakin meningkat. Sumber energi utama dunia adalah bahan bakar fosil seperti minyak bumi, gas alam dan batu bara. Salah satunya energi terbarukan yakni biodiesel (Kolakoti dkk., 2021). Biodiesel adalah bahan bakar mesin diesel yang terbuat dari sumber daya hayati yang berupa minyak lemak

sumber daya hayati yang berupa minyak lemak nabati atau lemak hewani. Senyawa utamanya adalah ester. Biodiesel dapat dibuat dari transesterifikasi asam lemak. Asam lemak dari minyak lemak nabati direaksikan dengan alkohol menghasilkan ester dan produk samping berupa gliserin yang juga bernilai ekonomis cukup tinggi (Ulukardesler.,2023).

Salah satu bahan baku yang prospektif untuk dimanfaatkan sebagai bahan baku biodiesel adalah minyak jelantah. Minyak jelantah adalah minyak limbah yang berasal dari jenis-jenis minyak goreng. Minyak ini merupakan minyak bekas pemakaian kebutuhan rumah tangga, akan tetapi bila ditinjau dari komposisi kimianya, minyak jelantah mengandung senyawa-senyawa yang bersifat karsinogenik (Andalia & Pratiwi dkk., 2018).

Disamping itu, apabila minyak dipakai untuk penggorengan dan semakin tinggi pemanasan, maka senyawa peroksida yang terbentuk akan semakin banyak sehingga warna semakin hitam (Jaenudin dkk., 2023). Hal ini dipengaruhi oleh jumlah trigliserida yang berkurang dan bereaksi dengan metanol membentuk asam lemak metil ester (Suleman & Papatungan., 2019). Tujuan dari proses transesterifikasi ialah pembuatan biodiesel yang berguna sebagai bahan bakar alternatif terbarukan.

Selain itu proses transesterifikasi bisa digunakan untuk menghilangkan produk samping berupa trigliserida dimana akan mengalami penurunan titik beku, titik didih, dan viskositas dari jenis minyak yang digunakan. Dan Meningkatnya waktu reaksi transesterifikasi menyebabkan trigliserida minyak bertambah banyak yang terkonversi menjadi metil ester. Hal ini dipengaruhi oleh jumlah trigliserida yang berkurang (Suleman & Papatungan., 2019).

Pada reaksi transesterifikasi dibantu oleh katalis. Katalis merupakan suatu zat yang berfungsi mempercepat laju reaksi dan menurunkan energi aktivasi tanpa harus menggeserkan kesetimbangan reaksi untuk menghasilkan produk lebih cepat, dapat menghasilkan produk meta-stabil (produk antara), dan dapat menjaga keseimbangan konstanta.

Pada proses produksi bisa berlangsung tanpa katalis tetapi reaksi akan berlangsung sangat

lambat dan membutuhkan suhu yang tinggi dan tekanan yang tinggi untuk mencapai hasil atau rendemen yang maksimum (Rastini & Jimmy.,2022). Katalis dapat dibedakan ke dalam dua golongan utama yaitu katalis homogen dan katalis heterogen. Katalis homogen merupakan suatu sistem katalitik dimana reaktan dan komponen katalis berada dalam satu fasa. Contoh katalis homogen alkali dalam reaksi transesterifikasi trigliserida adalah NaOH, KOH, NaOCH₃, H₂SO₄ dan CO₂OK (Najjar dkk., 2021).

Sedangkan Katalis heterogen adalah katalis yang memiliki fasa yang berbeda dengan reaktannya. Contoh katalis heterogen basa antara lain oksida dari alkali tanah, oksida dari magnesium dan kalsium, *hydrotalcite*, zeolite, alumina, BaO, CaO, MgO dan SrO (Castanheira & Fiere., 2017).

Pada fungsi katalis untuk proses transesterifikasi memerlukan katalisator untuk meningkatkan laju reaksi. Transesterifikasi minyak tanaman pada suasana basa berlangsung lebih cepat bila dibandingkan dengan menggunakan katalis asam, sehingga untuk minyak tanaman dengan kandungan FFA rendah lebih banyak ditransesterifikasi menggunakan katalis basa (Rianti dkk., 2012). Salah satunya pada reaksi transesterifikasi dalam pembuatan biodiesel yang biasanya KOH, NaOH dan NaOCH₃ sebagai katalis basa (Xiang dkk., 2017).

Pada penelitian ini, menggunakan katalis KOH, NaOH dan NaOCH₃ dari bahan baku minyak jelantah. Dalam hal ini, banyak Upaya penelitian yang telah dilakukan untuk produksi biodiesel dari beberapa katalis dan bahan baku. Seperti, penelitian dari (Raharjo, dkk 2019) membuat biodiesel dari minyak sapi menggunakan katalis NaOH 1% dengan suhu 60°C. (Sari, dkk 2020) membuat biodiesel dari minyak jelantah menggunakan katalis NaOCH₃ dengan suhu 60°C. (Rastiny dan Jimmy 2023) membuat biodiesel dari minyak kelapa sawit menggunakan katalis KOH 1% dan NaOH 0,5%. Adapun dari tujuan penelitian ini, untuk mengetahui pengaruh jenis katalis KOH 1%, NaOH 1% dan NaOCH₃ 1% pada pembuatan biodiesel dari minyak jelantah.



METODE PENELITIAN

Alat dan Bahan

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah *hot plate*, labu leher tiga, sarung tangan, timbangan digital, batang pengaduk, Erlenmeyer, gelas, Viskositas Ostwald.

Bahan-bahan yang digunakan adalah larutan metanol. Minyak jelantah, etanol 95%, KOH, NaOH, NaOCH₃, air aquaest, KOH cairan, asam oksalat, pH universal, indikator PP, alumunium foil dan HCL.

Prosedur Penelitian

Menimbang 0,896 g KOH, NaOH, dan NaOCH₃ dan 28 g metanol kedalam gelas kimia 250 ml. Kemudian, mengaduk larutan dengan batang pengaduk hingga padatan KOH, NaOH, dan NaOCH₃ tercampur dengan sempurna didalam metanol.

Memasukkan minyak jelantah yang mengandung FFA < 2% sebanyak 100 ml (90 g) ke dalam gelas kimia 250 ml. Lalu, dipanaskan dengan suhu yang telah ditetapkan yaitu 60°C. Mencampurkan methanol 36 ml (28 g) sebanyak 1:9 mol dan katalis KOH 1%, NaOH 1%, dan NaOCH₃ 1% (0,896 g) dari berat minyak ke dalam labu leher tiga dengan menggunakan *hot plate* yang dilengkapi kondensor untuk mengkondensasi uap metanol dan diaduk dengan menggunakan magnetic sterier.

Kemudian, Memanaskan campuran pada suhu 65°C selama 120 menit dengan kecepatan pengaduk 500 rpm. Setelah itu, memasukkan reaksi transesterifikasi kedalam corong pisah, tunggu selama 24 jam (semalam) hingga terbentuk 2 lapisan. Lapisan atas biodiesel

campuran. antara monogliserida, digliserida, dan sisa trigliserida. Sedangkan lapisan bawah gliserol. Kemudian, lapisan bawah ditempatkan di erlenmeyer 250 ml dan lapisan atas yang merupakan produk metil ester (biodiesel) diambil. Setelah produk biodiesel dipisahkan dari gliserol, dilakukan pencucian terhadap biodiesel untuk mendapatkan produk biodiesel murni.

Lalu, panaskan air aquadest sebanyak 500 ml dengan suhu 60°C. Setelah itu, tuangkan air aquadest hangat kedalam corong pisah dengan perbandingan volume 1:1. Pencucian air

aquadest hangat berfungsi untuk menghilangkan sisa gliserol, metanol, dan katalis. Kemudian, aduk sampai 1 menit. Lalu, mendinginkan selama 10 menit sehingga berbentuk 2 lapisan. Lalu, keluarkan kran corong pisah untuk mengeluarkan produk bawah. Kocok terus sampai mendapatkan pH netral. Mendinginkan produk biodiesel bagian atas didalam corong selama 24 jam. Hingga terbentuk 2 lapisan. Memasukkan biodiesel kedalam gelas kimia 250 ml, kemudian memanaskan biodiesel dengan suhu 110°C (suhu ruangan) selama 2 jam. Kemudian, produk biodiesel didinginkan dengan suhu ruangan.

Karakteristik Biodiesel

Pengujian massa jenis (densitas) pada 40°C, viskositas kinematic pada 40°C, kadar air dan angka asam dilakukan berdasarkan SNI 7182:2015. Komposisi biodiesel yang dihasilkan diselidiki dengan Analisa GC- MS untuk menganalisis kadar metil ester dalam biodiesel.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Tabel 1. Data Hasil Analisis Biodiesel

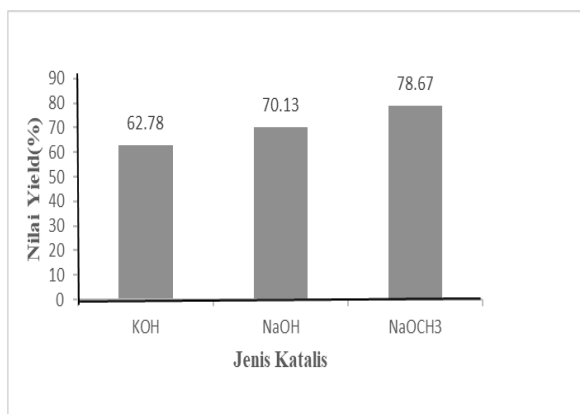
Parameter	KOH	NaOH	NaOCH ₃	SNI-7182-2015
Yield, %	62,78	70,13	78,67	-
Densitas 40 °C, kg/ m ³	851,9	856,9	875,4	850-890
Bilangan Asam, mgKOH/g	0,605	0,727	0,727	0,8
Kadar Air, % (v/v)	0,027	0,039	0,049	0,05
Viskositas Kinematik 40 °C, cSt	2,39	3,12	5,68	2,3-6,0
Kadar Metil Ester, %	-	70,13	51,19	96,
Yield, %	62,78	856,9	78,67	-

Penelitian ini membuat biodiesel dari minyak jelantah dengan variasi katalis KOH, NaOH dan

NaOCH₃ pada reaksi transesterifikasi. Tahap awal minyak jelantah dianalisa dengan parameter yaitu



: densitas 40°C , bilangan asam, kadar air dan viskositas kinematik pada 40°C . Analisis tersebut bertujuan mengetahui kondisi minyak jelantah sebelum digunakan sebagai bahan baku serta untuk menentukan tahap reaksi yang digunakan dalam pembuatan biodiesel. Kadar asam lemak bebas pada minyak jelantah sebesar 1,71%, dimana jika minyak jelantah memiliki FFA di bawah 2% sudah memenuhi syarat untuk proses transesterifikasi. Apabila kadar FFA yang terlalu besar dapat mengakibatkan reaksi saponifikasi dengan katalis (Prihanto & Irawan., 2017). Proses pencucian biodiesel juga berpengaruh terhadap jumlah biodiesel yang dihasilkan, karena semakin banyak aquadest yang tercampur pada biodiesel maka emulsi semakin banyak dan mempengaruhi kualitas biodiesel (Efendi dkk., 2023).



Gambar 1. Pengaruh Katalis Terhadap Yield Biodiesel

Gambar 1 menunjukkan jenis katalis KOH, NaOH dan NaOCH₃ yang berpengaruh terhadap yield biodiesel. Pada katalis KOH menghasilkan yield sebesar 62,78%. Sementara itu, pada katalis NaOH menghasilkan yield sebesar 70,13% dan katalis NaOCH₃ menghasilkan yield sebesar 78,67%. Semakin banyak konsentrasi katalis yang ditambahkan ke dalam reaksi maka semakin besar rendemen biodiesel yang dihasilkan. Namun, rendemen biodiesel akan menurun apabila penambahan konsentrasi katalis telah mencapai batas optimum (Prihanto & Irawan., 2017). Karena fungsi katalis untuk menurunkan energi aktivasi sehingga kecepatan reaksi menjadi lebih tinggi pada suatu kondisi tertentu. Semakin banyak katalis maka energi

aktivasi suatu reaksi akan semakin kecil, akibatnya produk akan semakin cepat terbentuk (Prihanto & Irawan., 2017). Penggunaan katalis yang berlebihan dapat mengurangi yield, karena sebagian minyak jelantah akan berubah menjadi sabun padat yang akan terpisah pada proses penyaringan (Andalia & Pratiwi, 2018). Pada reaksi transesterifikasi menggunakan katalis NaOCH₃ menghasilkan rendemen lebih banyak daripada katalis KOH dan NaOH. Katalis NaOCH₃ lebih baik dibandingkan katalis KOH dan NaOH. Katalis NaOCH₃ memiliki kadar air yang rendah dan gliserol yang sedikit sehingga reaksi transesterifikasi akan lebih sempurna dan meminimalisir adanya pembentukan sabun (Busyairi dkk., 2020). Nilai yield yang dihasilkan juga dipengaruhi oleh pengadukan dan perbandingan molar metanol dan minyak 1:9 pada saat pembuatan biodiesel (Efendi dkk., 2023). Pada penelitian ini menggunakan alat magnetic stirrer sehingga kecepatan pengadukan konstan maka nilai yield yang dihasilkan akan semakin besar.

Pengaruh Jenis Katalis Terhadap Karakteristik Biodiesel Yang Dihasilkan

Kualitas biodiesel yang dihasilkan dapat dilihat pada Tabel 1 dengan parameter analisis meliputi densitas pada 40°C , viskositas kinematik pada 40°C , kadar air dan bilangan asam. Untuk jenis katalis KOH, NaOH dan NaOCH₃ dengan yield tertinggi pada katalis NaOCH₃.

Berdasarkan Tabel 1 densitas biodiesel diperoleh $875,4 \text{ kg/m}^3$. Hasil tersebut telah memenuhi standar densitas pada SNI 7182:2015 yaitu antara $850\text{-}890 \text{ kg/m}^3$. Oleh karena itu, dipengaruhi oleh tingginya laju konversi trigliserida yang menjadi metil ester, maka densitas biodiesel dapat menurun. Biodiesel dengan densitas sesuai SNI mampu menghasilkan pembakaran yang sempurna (Hadrah dkk., 2018).

Nilai viskositas diperoleh 5,68 cSt, hasil tersebut telah memenuhi standar pada SNI 7182:2015 (2,3-6,0 cSt). Semakin kecil angka viskositas maka semakin cair larutan tersebut dan semakin tinggi cairan akan semakin kental (Yunsari dkk., 2019). Menurut (Wahyuni dkk., 2015) viskositas yang tinggi disebabkan minyak

goreng bekas tidak dilakukan proses pemurnian, Sehingga dapat meningkat viskositas yang tinggi. Viskositas yang tinggi akan membuat bahan bakar teratomisasi menjadi droplet yang lebih besar dan cenderung berbenturan dengan dingin tangki yang relatif dingin (Yunsari dkk., 2019).

Parameter kadar air diperoleh 0,049, hasil ini telah memenuhi standar pada SNI 7182:2015 yaitu 0,05 %. Kadar air yang tinggi dapat disebabkan oleh proses penguapan yang belum sempurna. Kandungan air yang berada di dalam produk dipengaruhi oleh sisa air dari hasil pemurnian produk, maka dapat membuat penyaluran bahan bakar ke piston menjadi terhambat (Moulita dkk., 2020).

Analisa GC-MS (*Gas Chromatography and Mass Spectroscopy*)

Tabel 2 Kandungan Senyawa Kadar Metil Ester

No.Peak	Persentase (%)	Senyawa Terindikasi
1	3,55	Heksanoat
2	4,23	Metil Palmitat
3	1,73	Metil Palmitat
4	7,86	Metil Oleat
5	0,05	Metil Linolenat
6	6,10	Metil Linoleat
7	0,39	Metil Linolenat
8	10,52	Metil Miristat
9	1,06	Metil Linolenat
10	17,41	Metil Oleat
11	1,82	Metil Oleat

Berdasarkan tabel 2 dan jumlah pelarut sebesar 7,79 dan 7 jenis metil ester rantai tidak jenuh serta 3 rantai jenuh. Pada Analisa GC-MS telah mengidentifikasi terdapat 5 puncak tertinggi dari 10 puncak yang terdeteksi sebagai metil ester. Hal ini, ditandai pada senyawa metil ester yang muncul dengan puncak tajam dan waktu *retention time* yang berbeda-beda. Pada metil ester rantai pendek bersifat jenuh akan lebih awal muncul yang mempunyai gugus karboksilat tunggal. Sedangkan pada metil ester rantai panjang bersifat tidak jenuh yang menyebabkan metil ester tidak larut dalam air.

Hasil analisa GC-MS menunjukkan bahwa secara total kadar metil ester dengan katalis NaOCH₃, didapatkan sebesar 51,19%. Hasil yang didapatkan menunjukkan bahwa belum semua trigliserida menjadi metil ester. Syarat

Parameter bilangan asam diperoleh 0,727 mgKOH/g, hasil ini telah mencapai standar SNI 7182:2015 yaitu 0,8 mgKOH/g, tingginya bilangan asam pada biodiesel menunjukkan adanya asam lemak bebas yang tersisa Bilangan asam yang tinggi dapat menyebabkan korosi pada tangki bahan bakar mesin diesel (Efendi dkk., 2018).

Proses transesterifikasi produk yang diperoleh telah diuji hasil rendemennya (produk optimal) dan kemudian uji karakteristik. Hasil Analisa karakteristik biodiesel terbaik pada katalis NaOCH₃. Kemudian dilakukan uji kadar metil ester dengan GC-MS.

mutu biodiesel yaitu minimal kadar metil ester di SNI 7182:2015 sebesar 96,5%. Rendahnya kadar metil ester disebabkan oleh tingginya kadar air yang memungkinkan terjadinya reaksi hidrolisis trigliserida menjadi asam lemak bebas dan gliserol.

KESIMPULAN

Penelitian pembuatan biodiesel dari minyak jelantah dengan jenis katalis yaitu KOH, NaOH dan NaOCH₃ dengan hasil terbaik pada katalis NaOCH₃ yang menghasilkan *yield* terbanyak sebesar 78,67 %. Hasil uji kualitas biodiesel yang dihasilkan adalah densitas 875,4 kg/ m³, bilangan asam 0,727 mg KOH/g, viskositas kinematik 5,68 cSt, kadar air 0,049 % dan kadar metil ester 51,19%. Dan semua



parameter telah memenuhi SNI 7182:2015, kecuali untuk kadar metil ester belum memenuhi SNI 7182:2015.

DAFTAR PUSTAKA

- Allan, T., & Villy, K. (2017). a possible step in biodiesel production Influence of the Reaction Conditions on the Enzyme Catalyzed Transesterification of Castor Oil : a possible step in Biodiesel Production. *Journal Renewable and Sustainable*. 25-30
- Andalia, W., & Pratiwi, I. (2018). *Kinerja Katalis Naoh dan KOH ditinjau dari Kualitas Produk Biodiesel yang dihasilkan dari Minyak Goreng Bekas*. Jurnal Tekno Global .7(2), 66–73.
- Busyairi, M., Za, A., & Meicahyanti, I. (2020). Potensi Minyak Jelantah Sebagai Biodiesel dan Pengaruh Katalis Serta Waktu Reaksi Terhadap Kualitas Biodiesel Melalui Proses Transesterifikasi. *Jurnal Teknik Serambi*. 2(2), 933–940.
- Castanheira, G.E., & Fiere, F. (2017). Environmental Life Cycle Assessment Of Biodiesel Produced With Palm Oil From Colombia. *Journal Of Life Cycle Assesment*.22(2). 587-600.
- Efendi, R., Aulia, H., Faiz, N., & Firdaus, E. R. (2018). Pembuatan Biodiesel Minyak Jelantah Menggunakan Metode Esterifikasi-Transesterifikasi Berdasarkan Jumlah Pemakaian Minyak Jelantah *Journal Industrial Research*. 2(4). 1-9.
- Hadrah, H., Kasman, M., & Sari, F. M. (2018). Analisis Minyak Jelantah Sebagai Bahan Bakar Biodiesel dengan Proses Transesterifikasi. *Jurnal Daur Lingkungan*,1(1),16.
- Jaenudin, A., Salam, G. A., Prihastuti, E., & Shofyana, N. F. (2023). Pemanfaatan minyak jelantah untuk pembuatan lilin aromaterapi bernilai ekonomis sebagai upaya meminimalisir pencemaran lingkungan. *Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat*. 2(3), 125–131.
- Kolakoti, A., Setiyo, M., & Waluyo, B. (2021). Biodiesel Production from Waste Cooking Oil: Characterization, Modeling and Optimization. *Journal Mechanical Engineering for Society and Industry*.1(1).22-30.
- Moulita, R. N., Rusdianasari, R., & Kalsum, L. (2020). Biodiesel Production from Waste Cooking Oil using Induction Heating Technology. *Indonesian Journal of Fundamental and Applied Chemistry*,5(1),13–17.
- Najjar, A., Hassan, E. A., Zaber mawi, N., Saber, S. H., Bajrai, L. H., Almuhayawi, M. S., Abujamel, T. S., & Almasaudi, S. B. (2021). Optimizing the catalytic activities of methanol and thermotolerant *Kocuria flava* lipases for biodiesel production from cooking oil wastes. *Journal Scientific*,1–19.
- Prihanto, A., & Irawan, A. T. (2017). Pengaruh Temperatur, Konsentrasi Katalis Dan Rasio Molar Metanol- Minyak Terhadap Yield Biodiesel Dari Minyak Goreng Bekas Melalui Proses Netralisasi - Transesterifikasi. *Jurnal Metana*. 13(1). 30-36.
- Raharjo, P., Oktavianto, R.F., Jaya, D. (2019). Pengaruh Perbandingan Mol Reaktan dan Waktu Reaksi Terhadap Pembuatan Biodiesel dari Minyak Sapi. *Jurnal Teknik Kimia*. 2(2). 14-17.
- Rastini, K.E., & Jimmy. (2022). Karakteristik Kualitas Biodiesel Hasil Transesterifikasi Minyak Kelapa Sawit Dengan Katalis Homogen KOH dan NaOH. *Jurnal Ilmiah Teknik Sipil dan Teknik Kimia*.7(2).213-223.
- Rianti, F., Poedji., & Catur. (2012). Pengaruh Variasi Konsentrasi Katalis KOH Pada Pembuatan Metil Ester dari Minyak Biji Ketapang. *Jurnal Sains*. 15(2). 74-78.



- Sari, R., Syarif, A., Yerizem, M., Yusi, S.M., Kalsum, L., & Busur, Y. (2020). Pengaruh Katalis Terhadap Kualitas Biodiesel Dari Limbah Minyak Goreng.
- Suleman, N., & Paputungan, M. (2019). Esterifikasi dan Transesterifikasi Stearin Sawit untuk Pembuatan Biodiesel. *Jurnal Teknik*. 17(1), 66–77.
- Ulukardesler, A. H. (2023). *Biodiesel Production from Waste Cooking Oil Using Different Journal processes*. 2(1). 2-11
- Wahyuni, S., Ramli, & Mahrizal. (2015). Pengaruh Suhu Proses Dan Lama Pengendapan Terhadap Kualitas Biodiesel Dari Minyak Jelantah Mahasiswa Fisika, FMIPA Universitas Negeri Padang . *Journal Pillar of Physics*, 6, 33–40.
- Xiang, Y., Yukun, X., & Wang, L. (2017) Microwave Radition Improves Biodiesel Yields From Waste Cooking Oil In The Presence Of Moditified Coal Fly ash. *Journal Of Taibah University For Science*. 1019-1029.
- Yunsari, S., Husaini, A., & Rusdianasari, R. (2019). Effect of Variation of Catalyst Concentration in the Producing of Biodiesel from Crude Palm Oil using Induction Heater. *AJARCDE. Asian Journal of Applied Research for Community Development and Empowerment* , 3(1), 24–27.

