

Perbandingan Kualitas Biodiesel Minyak Biji Ketapang (Tereminalia cattapa linn) dan Minyak Biji Jarak Pagar (Jatropha curcas linnaeus)

¹Nathanael Setna Pramawan, ²Henny Parida Hutapea

^{1,2}Program Studi Kimia Industri, Politeknik Santo Paulus Surakarta, Indonesia

Email korespondensi : hennyhtp@gmail.com

ARTICLE INFO

Article History:

Diterima : 18-11-2024

Disetujui : 10-12-2024

Keywords:

Biodiesel; Biji Ketapang;
Biji Jarak Pagar; Katalis
 $\text{Ca}(\text{OH})_2$; Katalis HNO_3



ABSTRACT

Abstract: The depletion of petroleum energy reserves forces us to look for other alternatives as energy sources. One alternative that can be used is the use of biodiesel from vegetable oil. The large number of ketapang trees and jatropha trees in Parangjoro Sukoharjo village have great potential for making biodiesel. The aim of this research is to determine the best quality in accordance with biodiesel quality standards from ketapang seed oil (*Tereminalia cattapa linn*) and jatropha curcas seed oil (*Jatropha curcas linnaeus*). The method for making biodiesel uses a transesterification reaction (reactive extraction) with an HNO_3 acid catalyst and a $\text{Ca}(\text{OH})_2$ base catalyst. Ketapang seed oil biodiesel with the addition of the HNO_3 catalyst overall gives better results and is in accordance with SNI 1782, 2015 standards: yield of 67%, density at 40 °C 880 kg/m³, water content 0.04%, viscosity at 40 °C 3.47 mm²/s, acid number 0.31 mg-KOH/g, flash point 17.9 °C, min, fog point 110 °C, max.

Abstrak: Menipisnya cadangan sumber energi minyak bumi memaksa untuk mencari alternatif lain sebagai sumber energi. Salah satu alternatif yang dapat digunakan adalah pemanfaatan biodiesel dari minyak nabati. Banyaknya pohon ketapang dan pohon jarak pagar di desa Parangjoro Sukoharjo mempunyai potensi besar dalam pembuatan biodiesel. Tujuan penelitian ini untuk menentukan kualitas terbaik sesuai dengan standar baku mutu biodiesel dari minyak biji ketapang (*Tereminalia cattapa linn*) dan minyak biji jarak pagar (*Jatropha curcas linnaeus*). Metode pembuatan biodiesel menggunakan reaksi transesterifikasi (reactive extraction) dengan katalis asam HNO_3 dan katalis basa $\text{Ca}(\text{OH})_2$. Biodiesel minyak biji ketapang dengan penambahan katalis HNO_3 secara keseluruhan memberikan hasil lebih baik dan sesuai dengan standart SNI 1782, 2015 : rendemen sebesar 67%, massa jenis suhu 40 °C 880 kg/m³, kadar air 0,04%, viskositas suhu 40 °C 3,47 mm²/s, angka asam 0,31 mg-KOH/g, titik nyala 17,9 °C, min, titik kabut 110 °C, maks.



<https://doi.org/10.31764/justek.vXiY.ZZZ>



This is an open access article under the [CC-BY-SA](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/) license

A. LATAR BELAKANG

Di dunia modern, energi merupakan kebutuhan baik untuk keperluan komersial maupun domestik. Permintaan akan sumber daya yang terbatas dan tidak terbarukan seperti minyak, gas alam dan batu bara telah mendorong eksplorasi bahan bakar berbasis minyak bumi. Minyak bahan bakar diesel yang dihasilkan sebagai produk sampingan dari penyulingan minyak bumi merupakan salah satu produk yang banyak digunakan dalam

memenuhi kebutuhan sehari-hari masyarakat (Tohari, 2015). Minyak nabati dapat digunakan sebagai salah satu alternatif bahan bakar, secara umum minyak nabati dapat terurai secara biologis dan lebih sempurna (lebih dari 90% dalam waktu 21 hari) dibandingkan dengan bahan bakar minyak bumi (sekitar 20% dalam waktu 21 hari) (Darwin, 2018). Biodiesel diperoleh dari reaksi minyak tumbuhan dengan alkohol yang menggunakan katalis basa atau asam pada suhu dan komposisi tertentu sehingga menghasilkan metil ester (Widyasanti et al., 2017).

Penelitian ini dapat menggunakan bahan baku, yaitu biji ketapang (*Tereminalia cattapa linn*) dan biji jarak pagar (*Jatropha curcas linnaeus*). Biji tersebut diperoleh dari desa Parangjoro Sukoharjo karena kedua tanaman itu banyak ditemukan, sehingga mempunyai potensi besar dalam pembuatan biodiesel sebagai alternatif bahan bakar dengan karakteristik tertentu. Minyak hasil ekstraksi biji ketapang mempunyai kandungan asam lemak yang relatif tinggi sekitar 49,45%-54,47% (Jahurul et al., 2022), begitu pula minyak hasil ekstraksi biji jarak juga mempunyai kandungan asam lemak yang relatif tinggi sekitar 30%-50% (Patel et al., 2016). Keduanya memiliki kandungan trigliserida yang dapat digunakan dalam proses produksi biodiesel. Dengan mempertimbangkan hal tersebut, peneliti menggunakan teknik ekstraksi reaktif untuk menganalisis perbedaan produksi biodiesel antara minyak biji ketapang dan minyak biji jarak pagar. Energi aktivasi suatu reaksi dapat dikurangi dan tahap reaksi tambahan dapat dibentuk, yang keduanya mempercepat proses transesterifikasi dengan menggunakan katalis. Pemilihan HNO_3 sebagai katalis asam dikarenakan kemampuannya untuk meningkatkan kecepatan reaksi transesterifikasi. HNO_3 dapat membantu dalam mengaktifkan gugus hidroksil pada trigliserida, sehingga mempermudah reaksi dengan alkohol untuk menghasilkan metil ester biodiesel. HNO_3 memiliki sifat yang kuat dalam mengaktifkan gugus hidroksil (-OH) pada trigliserida, sehingga memungkinkan reaksi transesterifikasi berlangsung lebih cepat dan efisien (Pratiwi, 2015). Pemilihan Ca(OH)_2 sebagai katalis basa karena sifat basanya yang kuat. Ca(OH)_2 dapat mengaktifkan gugus karboksil (-COOH) pada asam lemak bebas, sehingga memungkinkan reaksi transesterifikasi berlangsung dengan baik. Ca(OH)_2 juga efektif dalam menghilangkan asam lemak bebas (FFA) yang terkandung dalam minyak nabati. Hal ini penting karena FFA dapat mengganggu kualitas biodiesel yang dihasilkan (Aristiani, 2015). Dengan menggunakan katalis asam yaitu HNO_3 dan katalis basa yaitu Ca(OH)_2 , guna mengetahui hasil kualitas biodiesel yang lebih bagus antara minyak biji ketapang dengan minyak biji jarak pagar, serta mendapatkan katalis biodiesel yang sesuai.

Penelitian ini sangat penting dilakukan karena potensi ekonomi sumber daya lokal pada biji ketapang dan biji jarak pagar dapat meningkatkan ekonomi lokal melalui pengembangan industri biodiesel, serta mendukung energi terbarukan yang ramah lingkungan untuk keberlanjutan energi di Indonesia, sehingga mengurangi emisi dari bahan bakar fosil yang bermanfaat bagi kesehatan lingkungan dan masyarakat. Dengan menggunakan proses ekstraksi reaktif, (Yanresti, 2010) mampu memproduksi biodiesel dari minyak biji ketapang dengan rendemen sebesar 84,6% w/w minyak biji ketapang dengan berat jenis 0,8743 g/cm³, kinematika viskositas 4,60 cSt, titik nyala 138 °F, indeks setana 48,09, kadar air 0,008%. Pada penelitian yang dilakukan oleh Ika (2012), minyak

biji jarak pagar dengan hasil rendemen tertinggi 78,60 %, bilangan penyabunan 195 mg KOH/g, viskositas 3,70 cSt dan bilangan asam 0,66 mg-KOH/g berhasil digunakan dalam pembuatan biodiesel dari minyak biji jarak pagar (Kartika & Pujiastuti, 2012).

Peneliti menambahkan biji ketapang dan biji jarak pagar sebagai perbandingan kualitas biodiesel. Tujuan penelitian ini untuk menentukan kualitas terbaik sesuai dengan standar baku mutu biodiesel dari minyak biji ketapang (*Tereminalia cattapa linn*) dan minyak biji jarak pagar (*Jatropha curcas linnaeus*). Keterbaruan dalam penelitian ini terdapat pada fokus penelitian yang lebih banyak berfokus pada karakteristik dari masing-masing sumber minyak yaitu minyak biji ketapang (*Tereminalia cattapa linn*) dan minyak biji jarak pagar (*Jatropha curcas linnaeus*) dan membandingkan kualitas biodiesel yang terbaik secara langsung yang belum banyak melakukan pada study sebelumnya yang hanya berfokus pada satu jenis bahan baku saja tanpa membandingkan hasil dengan bahan baku lain. Sehingga memberikan kontribusi baru dalam pemahaman tentang potensi kedua jenis minyak sebagai bahan baku biodiesel.

B. METODE PENELITIAN

Alat dan Bahan

Sampel yang digunakan adalah biji ketapang dan biji jarak pagar yang dihaluskan masing-masing sebanyak 200 gram dan menggunakan katalis HNO₃ dan Ca(OH)₂. Penelitian berupa pengujian perbandingan kualitas biodiesel minyak biji ketapang dengan minyak biji jarak pagar.

Dalam penelitian ini alat yang digunakan meliputi oven, blender, kondensor, piknometer, corong pisah, bath, soxhlet, Sedangkan bahan yang digunakan meliputi Biji ketapang, Biji jarak pagar, n-heksana, metanol, HCl, HNO₃, Ca(OH)₂, etanol 96%, KOH 0,1 N, indikator PP.

Instrumen

Jenis penelitian yang digunakan dalam penelitian ini dengan teknik pengambilan secara acak atau random. Instrumentasi yang digunakan dalam penelitian ini adalah alat ukur flash point ASTM D613, alat ukur titik kabut ASTM D2500, alat ukur viskositas ASTM D445, alat ukur kadar air ASTM D96.

Prosedur Kerja

Preparasi Biji Ketapang dan Biji Jarak pagar

Biji ketapang dan jarak pagar dikupas kemudian dijemur, bijinya dapat dikeluarkan dan dikeringkan selama 6 jam dalam oven pada suhu 40°C. Selanjutnya biji ketapang dan biji jarak dihaluskan menggunakan blender sampai menjadi bubuk halus.

Penentuan Kadar Minyak Biji Ketapang dan Biji Jarak pagar

Pada percobaan ini, 60 g bubuk biji ketapang kering dimasukkan ke dalam wadah sampel soklet, kemudian sampel disoklet selama 5 jam pada suhu 70 °C dengan pelarut n-hexana sebanyak 200 mL. Hasil soklet kemudian diuapkan dengan menggunakan rotary evaporator sampai minyak dan pelarut terpisah. Minyak yang dihasilkan kemudian dihitung rendemennya. Lakukan hal yang sama untuk biji jarak pagar.

Pembuatan Biodiesel Metode Reactive Extraction dengan penambahan Katalis

Masukkan 15 mL minyak biji ketapang dalam dua buah labu didih. Masing-masing labu tambahkan 50 ml metanol p.a, lalu tambahkan labu pertama dengan katalis asam 4 ml HNO_3 pekat dan labu kedua dengan katalis basa $\text{Ca}(\text{OH})_2$ sebanyak 3 gram. Kemudian direfluks selama 5 jam pada suhu 70 °C. Produk refluks didinginkan pada suhu kamar, disaring dan kemudian dituangkan ke dalam corong untuk dipisahkan. Didihkan biodiesel hingga sisa metanol menguap. Lakukan hal yang sama untuk biji jarak pagar.

Uji Parameter Biodiesel dari Biji Ketapang dan Biji Jarak Pagar

Parameter uji biodiesel meliputi massa jenis (SNI 7182 : 2025), kadar air (ASTM D96), viskositas (ASTM D445), angka asam (SNI 7182 : 2015), titik nyala (ASTM D613) dan titik kabut (ASTM D2500).

C. HASIL DAN PEMBAHASAN

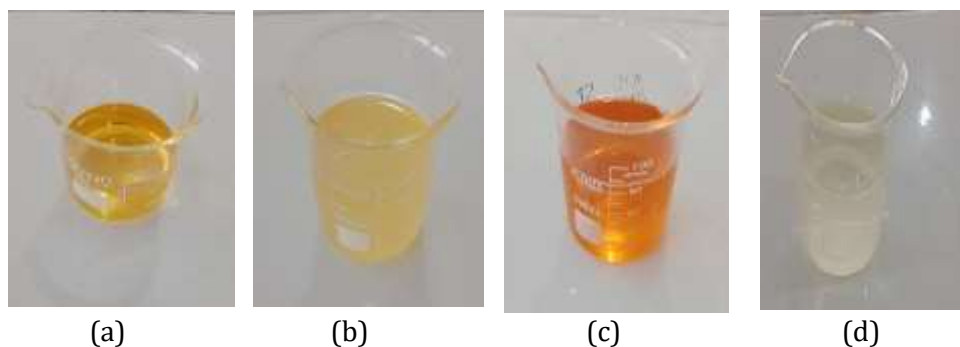
Penelitian ini bertujuan untuk menentukan kualitas terbaik sesuai dengan standar baku mutu biodiesel dari minyak biji ketapang (*Terminalia cattapa linn*) dan minyak biji jarak pagar (*Jatropha curcas linnaeus*). Dengan menggunakan reaksi transesterifikasi metode *reactive extraction* katalis asam yaitu HNO_3 dan katalis basa yaitu $\text{Ca}(\text{OH})_2$. Metode ini dilakukan melalui tahap pendahuluan pengekstrakan minyak biji ketapang dan biji jarak pagar, dilanjutkan dengan transesterifikasi.

Rendemen merupakan standar yang penting dalam suatu proses produk untuk mengetahui keekonomisan dan keefektifitasannya (Alwi Al Fayed & Dhafir, 2022). Rendemen yang dihasilkan dari minyak biji ketapang dengan katalis HNO_3 sebesar 67 % dan dengan katalis $\text{Ca}(\text{OH})_2$ sebesar 71 %. Seperti ada penelitian Wahyudi (2008) menyatakan bahwa rendemen biodiesel minyak biji ketapang melalui reaksi transesterifikasi sebesar 74,52% (Suwarso et al., 2008). Sedangkan pada minyak biji jarak pagar rendemen yang dihasilkan dengan katalis HNO_3 sebesar 65% dan dengan katalis $\text{Ca}(\text{OH})_2$ sebesar 63%. Jumlah katalis yang tepat sangat mempengaruhi tingginya rendemen biodiesel (Trisnaliani et al., 2017). Masing-masing menghasilkan biodiesel yang kemudian diuji dengan hasil sebagai berikut.

Tabel 1. Hasil Biodiesel Minyak Biji Ketapang Dan Biji Jarak Pagar Terhadap Katalis HNO_3 dan Katalis $\text{Ca}(\text{OH})_2$

Parameter Uji	SNI (*)	Minyak Biji Ketapang		Minyak Biji Jarak Pagar	
		HNO_3	$\text{Ca}(\text{OH})_2$	HNO_3	$\text{Ca}(\text{OH})_2$
Rendemen (%)		67	71	65	63
Massa Jenis 40°C (kg/m ³)	850-890	880	827	930	828
Kadar Air (%)	Maks 0,05	0,04	0,08	0,03	0,06
Viskositas at 50°C (mm ² /s (cSt)	2,3 -6,0	3,47	2,05	4,72	2,11
Angka Asam (mg-KOH/g)	0,5	0,31	0,90	0,69	1,59
Titik Nyala (°C, min)	100	110	98	118	100
Titik Kabut (°C, maks)	18	17,9	18,5	17,6	18,0

*Standart Persyaratan SNI 1782, 2015 (Badan Standardisasi Nasional, 2015)



Gambar 1. Biodiesel Minyak Biji Ketapang (a) Katalis HNO_3 , (b) Katalis Ca(OH)_2 ; Biodiesel minyak Jarak Pagar (c) Katalis HNO_3 , (d) Katalis Ca(OH)_2

Pada hasil uji massa jenis biodiesel, hanya pada biodiesel minyak biji ketapang dengan katalis HNO_3 yang sesuai dengan SNI ($850\text{--}890\text{ kg/m}^3$), yaitu 880 kg/m^3 . Untuk biodiesel minyak biji ketapang dan minyak jarak pagar dengan katalis Ca(OH)_2 memiliki massa jenis dibawah SNI. Sedangkan, pada biodiesel minyak biji jarak pagar dengan katalis HNO_3 memiliki massa jenis yang tinggi dari SNI. Massa jenis biodiesel meningkat jika gliserol tidak dipisahkan dengan baik dari biodiesel (Sinaga et al., 2014). Hal ini dipengaruhi oleh masih tingginya kandungan air sisa pada biodiesel berbahan dasar minyak biji jarak pagar (Putri, 2018).

Pada pengujian kadar air dengan hasil katalis HNO_3 pada biodiesel minyak biji ketapang dan biji jarak pagar sesuai dengan syarat SNI 7182, 2015. Kandungan air merupakan pengotor dalam biodiesel karena dapat mengurangi panas pembakaran, menimbulkan busa, bersifat korosif jika bercampur dengan belerang karena akan menghasilkan asam dan memberikan ruang bagi mikroorganisme untuk berkembang (Adhani et al., 2016).

Pada pengujian viskositas pada katalis HNO_3 pada kedua biodiesel minyak biji ketapang dan minyak jarak pagar diperoleh nilai viskositas sesuai dengan SNI 1782, 2015. Namun, biodiesel, katalis Ca(OH)_2 memiliki viskositas lebih rendah dari SNI. Bahan bakar dengan viskositas rendah memberikan pelumasan yang tidak baik dan menyebabkan kebocoran pompa, sedangkan bahan bakar dengan viskositas tinggi sulit mengalir dan sulit untuk diatomisasi, sehingga mengakibatkan proses pembakaran tidak sempurna (F. Aini et al., 2013).

Pada pengujian bilangan asam yang dihasilkan biodiesel minyak biji ketapang katalis HNO_3 menghasilkan $0,31\text{ mg-KOH/g}$ dan katalis Ca(OH)_2 menghasilkan $0,90\text{ mg-KOH/g}$. Biodiesel minyak biji jarak pagar pada katalis HNO_3 menghasilkan $0,69\text{ mg-KOH/g}$, sedangkan katalis Ca(OH)_2 menghasilkan $1,59\text{ mg-KOH/g}$. Dari hasil penelitian menunjukkan kadar bilangan asam pada biodiesel minyak biji ketapang dengan katalis HNO_3 sudah sesuai dengan standar baku mutu biodiesel, sedangkan pada biodiesel minyak biji ketapang dengan katalis Ca(OH)_2 dan biodiesel dengan katalis HNO_3 dan katalis Ca(OH)_2 memiliki nilai lebih dari standar yang disebabkan kandungan asam lemak bebas dalam bahan baku minyak biodiesel tidak terurai dengan sempurna (Efri Mardawati et al., 2019). Masih tingginya bilangan asam biodiesel dikarenakan konsentrasi katalis tidak dapat menetralkan sebagian asam lemak bebas yang terdapat pada minyak biodiesel. Tingginya angka asam menjadi acuan biodiesel mengandung asam lemak bebas, hal ini menyebabkan biodiesel bersifat korosif yang berdampak timbulnya kerak di injektor mesin diesel sehingga tersumbat. Besarnya angka bilangan asam yang diperoleh dikarenakan asam lemak bebas saat digunakan besar dan sebaliknya.

Waktu dan temperatur yang tinggi saat reaksi transesterifikasi, berdampak turunnya bilangan asam suatu biodiesel.

Berdasarkan hasil pengujian titik nyala dengan metode ASTM D613 diperoleh nilai titik nyala pada minyak biji ketapang katalis HNO_3 dengan hasil 110 °C dan Ca(OH)_2 sebesar 98 °C dan minyak biji jarak katalis HNO_3 dengan hasil 118 °C dan Ca(OH)_2 yaitu 100 °C. Penelitian ini menunjukkan bahwa biodiesel minyak biji ketapang katalis Ca(OH)_2 mempunyai titik nyala sedikit lebih rendah dari standar. Rendahnya nilai titik nyala pada suatu biodiesel menandakan bahwa alkohol sisa reaksi yang tertinggal masih banyak (Z. Aini et al., 2020), sehingga mengakibatkan biodiesel tersebut tidak mudah terbakar (Suleman et al., 2019). Pada biodiesel minyak biji ketapang dengan katalis HNO_3 dan biodiesel minyak biji jarak pagar pada katalis HNO_3 dan Ca(OH)_2 sudah sesuai dengan SNI 7182, 2015.

Berdasarkan hasil pengujian titik kabut dengan metode ASTM D2500 diperoleh nilai titik kabut pada minyak biji ketapang katalis HNO_3 dengan hasil 17,9 °C dan Ca(OH)_2 sebesar 18,5 °C sedangkan minyak biji jarak katalis HNO_3 dengan hasil 17,6 °C dan katalis Ca(OH)_2 yaitu 18,0 °C. Penelitian ini menunjukkan bahwa hasil pengujian titik kabut biodiesel minyak biji ketapang katalis HNO_3 dan minyak biji jarak pagar pada katalis HNO_3 dan Ca(OH)_2 sudah sesuai SNI 7182, 2015. Indonesia dengan iklim tropis bersuhu 25 °C – 35 °C, menjadikan biodiesel ini sangat pas untuk dimanfaatkan, karena di suhu ini pembekuan biodiesel tidak terjadi. Semakin besar konversi biodiesel, titik kabut biodiesel akan semakin kecil, hal ini disebabkan ikatan karbon yang semakin pendek dengan ikatan tidak jenuh (Amran et al., 2022).

D. SIMPULAN DAN SARAN

Biodiesel yang dihasilkan oleh minyak biji ketapang lebih banyak dari pada biodiesel dari minyak biji jarak pagar, dengan rendemen 67% dengan katalis HNO_3 dan 71 % dengan katalis Ca(OH)_2 . Biodiesel minyak biji ketapang dengan penambahan katalis HNO_3 secara keseluruhan memberikan hasil lebih baik dan sesuai dengan standart SNI 1782, 2015 : rendemen sebesar 67%, massa jenis suhu 40 °C 880 kg/m³, kadar air 0,04 %, viskositas suhu 40 °C 3,47 mm²/s, angka asam 0,31 mg-KOH/g, titik nyala 17,9 °C, min, titik kabut 110 °C, maks.

Berdasarkan penelitian yang sudah dilakukan, maka disarankan lebih lanjut untuk melakukan pengujian GCMS untuk mengetahui kebenaran produk biodiesel serta pengujian FTIR untuk mengetahui adanya senyawa ester yang menunjukkan telah terbentuknya biodiesel.

REFERENSI

- Adhani, L., Aziz, I., Nurbayti, S., & Oktaviana, C. O. (2016). Pembuatan Biodiesel Dengan Cara Adsorpsi Dan Transesterifikasi Dari Minyak Goreng Bekas. *Jurnal Kimia VALENSI: Jurnal Penelitian Dan Pengembangan*, 2(1), 71–80. <https://doi.org/10.15408/jkv.v2i1.3107>
- Aini, F., Siti Tjahjani Jurusan Kimia FMIPA, dan, Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, F., kunci, K., Minyak Biji Kapuk, B., & Kinematik, V. (2013). Hubungan Antara Waktu Penyimpanan Dan Nilai Viskositas Biodiesel Minyak Biji Kapuk Relationship Between Time of Storage and Viscosity Biodiesel Value of Kapuk Oil Seeds. *UNESA Journal of Chemistry*, 2(2).
- Aini, Z., Yahdi, Y., & Sulistiyana, S. (2020). Kualitas Biodiesel Dari Minyak Jelantah Menggunakan Katalis Cangkang Telur Ayam Ras Dengan Perlakuan Suhu Yang Berbeda. *Spin Jurnal Kimia & Pendidikan Kimia*, 2(2), 98–115. <https://doi.org/10.20414/spin.v2i2.2723>
- Alwi Al Fayed, M., & Dhafir, M. (2022). Analisis Rendemen Biodiesel yang Dihasilkan dari Minyak Goreng dengan Metode Elektrokatalis menggunakan Elektroda Platina (Analysis of Yield of Biodiesel

- Produced from Cooking Oil by Electrocatalyst Method using Platinum Electrodes). *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Pertanian*, 7(4), 912–916. www.jim.unsyiah.ac.id/JFP
- Amran, N. A., Bello, U., & Hazwan Ruslan, M. S. (2022). The role of antioxidants in improving biodiesel's oxidative stability, poor cold flow properties, and the effects of the duo on engine performance: A review. *Heliyon*, 8(7). <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2022.e09846>
- Aristiani, V. (2015). *Preparasi Katalis CaO/SiO₂ Dari CaCO₃ Dan Silika Sekam Padi Dengan Metode Sol Gel Untuk Pengolahan Minyak Kelapa Sawit Menjadi Biodiesel*. Universitas Lampung.
- Badan Standardisasi Nasional. (2015). *Standar Nasional Indonesia Biodiesel SNI 7182:2015*. 2. <http://sispk.bsn.go.id/SNI/DetailSNI/10147>
- Darwin, W. K. (2018). *Pemanfaatan Katalis KOH-CaO Pada Pembuatan Biodiesel Dari Minyak Jelantah Dengan Metode Ultrasonik*. Universitas Hasanuddin Makassar.
- Efri Mardawati, Mahdi Singgih Hidayat, Devi Maulida Rahmah, & SRosalinda. (2019). Produksi Biodiesel Dari Minyak Kelapa Sawit Kasar Off Grade Dengan Variasi Pengaruh Asam Sulfat Pada Proses Esterifikasi Terhadap Mutu Biodiesel Yang Dihasilkan. *Jurnal Industri Pertanian -*, 01, 46–60. <https://doi.org/Jurnal Teknik Pertanian>
- Jahurul, M. H. A., Adeline, K. B., Norazlina, M. R., Islam, S., Shihabul, A., & Zaidul, I. S. M. (2022). Characterization and nutritional content of Terminalia catappa kernel and its oil from Sabah, Malaysia. *Applied Food Research*, 2(1), 100088. <https://doi.org/10.1016/j.afres.2022.100088>
- Kartika, I. A., & Pujiastuti, Y. (2012). Optimasi produksi biodiesel dari biji jarak pagar melalui transesterifikasi in situ menggunakan metode respon permukaan. *E-Jurnal Agro-Industri Indonesia*, 1(2), 68–74. <https://www.neliti.com/id/publications/241689/optimasi-produksi-biodiesel-dari-biji-jarak-pegar-melalui-transesterifikasi-in-s#cite>
- Patel, V. R., Dumancas, G. G., Viswanath, L. C. K., Maples, R., & Subong, B. J. J. (2016). Castor oil: Properties, uses, and optimization of processing parameters in commercial production. *Lipid Insights*, 9(1), 1–12. <https://doi.org/10.4137/LPI.S40233>
- Pratiwi, E. (2015). *Pembuatan Biodiesel dari Minyak Buah Ketapang dengan Metode Reactive Extraction*. Universitas Lampung.
- Putri, F. R. (2018). *Analisis Pengaruh Penambahan Metil Ester Dari Minyak Jelantah Kedalam Solar Untuk Meningkatkan Kualitas Bahan Bakar Biodiesel*. Universitas Sriwijaya.
- Sinaga, S. V., Haryanto, A., & Triyono, S. (2014). Pengaruh Suhu Dan Waktu Reaksi Pada Pembuatan Biodiesel Dari Minyak Jelantah. *Jurnal Teknik Pertanian Lampung*, 3(1), 27–34. <http://www.youtube.com>
- Suleman, N., Abas, & Papatungan, M. (2019). Esterifikasi dan Transesterifikasi Stearin Sawit untuk Pembuatan Biodiesel. *Jurnal Teknik*, 17(1), 66–77. <https://doi.org/10.37031/jt.v17i1.54>
- Suwarso, W. P., Gani, I. Y., & Kusyanto, K. (2008). Sintesis Biodiesel dari Minyak Biji Ketapang (Terminalia Catappa Linn.) yang berasal dari Tumbuhan di Kampus UI Depok. *Jurnal Kimia VALENSI*, 1(2), 44–52. <https://doi.org/10.15408/jkv.v1i2.213>
- Tohari. (2015). *Sintesis Biodiesel Dari Minyak Biji Kapuk Randu (Ceiba Pentandra L.) Dengan Variasi Waktu Lama Pengadukan Pada Reaksi Transesterifikasi*. Universitas Negeri Yogyakarta.
- Trisnaliani, L., Zubaidah, N., & Moulita, R. N. (2017). Proses Pembuatan Biodiesel Berbahan Baku Minyak Jelantah dengan Pemanfaatan Gelombang Mikro dan Tegangan Tinggi. *Kinetika*, November, 16–22.
- Widyasanti, A., Nurjanah, S., & Sinatria, T. M. G. (2017). Pengaruh Suhu Dalam Proses Transesterifikasi Pada Pembuatan Biodiesel Kemiri Sunan (Reautealis Trisperma). *Jurnal Material Dan Energi Indonesia*, 7(01), 9–18. <https://doi.org/10.24198/jmei.v7i01.12051>
- Yanresti, N. I. (2010). *Pengaruh Variasi Jumlah Metanol dan Temperatur Terhadap Karakterisasi Biodiesel Dari Minyak Biji Ketapang (Terminalia Catappa Linnj Menggunakan Katalis KOH [Universitas Sriwijaya]*. https://repository.unsri.ac.id/65300/%0Ahttps://repository.unsri.ac.id/65300/7/RAMA_47201_09043130029_0008047202_0027086801_01_front_ref.pdf