

## Pengaruh jenis minyak nabati terhadap nilai kalor biodiesel hasil transterifikasi dengan katalis koh

Aan Candra Ajis <sup>1</sup>, Asroful Abidin <sup>2</sup>, dan Mokh. Hairul Bahri <sup>3</sup>.

<sup>1-3</sup> Program Studi Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Jember; [asrofulabidin@unmuhiember.ac.id](mailto:asrofulabidin@unmuhiember.ac.id)

\* Penulis Korespondensi : Asroful Abidin [asrofulabidin@unmuhiember.ac.id](mailto:asrofulabidin@unmuhiember.ac.id)

**Abstract:** The research utilizes three types of oil, namely used cooking oil, candlenut oil, and olive oil, which were selected due to their availability and potential as biodiesel feedstocks. The main issue addressed in this study is the high dependence on fossil fuels and the need for renewable energy sources with sufficient energy content. This research aims to compare the calorific values of biodiesel produced from different vegetable oils to determine their potential as alternative fuels. Biodiesel was produced through a transesterification process using methanol with a methanol-to-oil ratio of 6:1 and 1% KOH catalyst by weight of oil. The calorific value of the biodiesel was measured using a bomb calorimeter. The results show that biodiesel derived from candlenut oil has the highest calorific value of 8037.07 Cal/gram, followed by biodiesel from used cooking oil at 7399.07 Cal/gram, while biodiesel from olive oil has the lowest calorific value of 7295.15 Cal/gram. These results indicate that the type of vegetable oil significantly influences the calorific value of biodiesel. In conclusion, candlenut oil has the greatest potential as a biodiesel feedstock based on its higher energy content compared to used cooking oil and olive oil.

**Keywords:** *Biodiesel; Transesterification; Vegetable Oil; Calorific Value; KOH Catalyst; Renewable Energy*

**Abstrak:** Penelitian ini menggunakan tiga jenis minyak, yaitu minyak jelantah, minyak kemiri, dan minyak zaitun, yang dipilih berdasarkan ketersediaannya serta potensinya sebagai bahan baku biodiesel. Permasalahan utama yang dibahas adalah ketergantungan terhadap bahan bakar fosil dan kebutuhan akan sumber energi terbarukan yang memiliki nilai energi yang memadai. Tujuan penelitian ini adalah membandingkan nilai kalor biodiesel yang dihasilkan dari berbagai jenis minyak nabati untuk mengetahui potensi masing-masing sebagai bahan bakar alternatif. Biodiesel diproduksi melalui proses transesterifikasi menggunakan metanol dengan perbandingan metanol terhadap minyak sebesar 6:1 dan katalis KOH sebesar 1% dari berat minyak. Pengujian nilai kalor biodiesel dilakukan menggunakan alat bom kalorimeter. Hasil penelitian menunjukkan bahwa biodiesel dari minyak kemiri memiliki nilai kalor tertinggi sebesar 8037,07 Cal/gram, diikuti biodiesel dari minyak jelantah sebesar 7399,07 Cal/gram, sedangkan biodiesel dari minyak zaitun memiliki nilai kalor terendah sebesar 7295,15 Cal/gram. Hasil ini menunjukkan bahwa jenis minyak nabati berpengaruh signifikan terhadap nilai kalor biodiesel. Dengan demikian, minyak kemiri memiliki potensi paling besar sebagai bahan baku biodiesel berdasarkan nilai kalor yang lebih tinggi dibandingkan minyak jelantah dan minyak zaitun.

**Kata kunci:** Biodiesel; Transesterifikasi; Minyak Nabati; Nilai Kalor; Katalis KOH; Energi Terbarukan

Diterima: Oktober 20, 2025

Direvisi: Oktober 28, 2025

Diterima: Oktober 29, 2025

Diterbitkan: November 24, 2025

Versi sekarang: Januari 1, 2026



Hak cipta: © 2025 oleh penulis.

Diserahkan untuk kemungkinan publikasi akses terbuka

berdasarkan syarat dan ketentuan

lisensi Creative Commons

Attribution (CC BY SA) (

<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>)

## 1. Pendahuluan

Guncangan pada sektor energi global yang disertai meningkatnya kerusakan lingkungan akibat pemanfaatan bahan bakar fosil telah mendorong berbagai negara untuk mempercepat pengembangan sumber energi alternatif yang lebih berkelanjutan. Indonesia yang masih bergantung pada minyak berada pada posisi rentan terhadap ketidakstabilan harga dan

pasokan energi di masa mendatang. Selain itu, tuntutan global untuk menurunkan emisi gas rumah kaca menuntut peralihan ke energi yang lebih ramah lingkungan. Transisi dari bahan bakar fosil menuju energi terbarukan berpotensi mengurangi emisi dan mendukung pengelolaan lingkungan berkelanjutan [1]. Dalam hal ini, biodiesel menjadi alternatif penting karena bersifat terbarukan, biodegradable, dan mampu menekan emisi karbon secara signifikan [2].

Tantangan utama dalam produksi biodiesel berkelanjutan terletak pada pemilihan bahan baku [3]. Ketergantungan pada minyak sawit menimbulkan konflik antara kebutuhan energi dan isu ekologis, seperti deforestasi serta persaingan lahan pangan. Oleh karena itu, pengembangan biodiesel generasi kedua berbasis bahan non-pangan, limbah, dan tanaman lahan marginal menjadi kebutuhan mendesak [4]. Minyak jelantah berpotensi dimanfaatkan sebagai bahan baku karena tersedia dalam jumlah melimpah tetapi belum dimanfaatkan secara maksimal. Selain itu, minyak kemiri (*Aleurites moluccanus*) berasal dari tanaman yang mampu tumbuh di lahan tandus tanpa bersaing dengan komoditas pangan, sementara minyak zaitun digunakan sebagai pembanding karena nilai dan karakteristiknya.

Minyak jelantah, minyak kemiri, dan minyak zaitun merupakan bahan baku potensial biodiesel karena mudah diperoleh dan kaya trigliserida [5]. Minyak jelantah dipilih karena harganya terjangkau sekaligus mengurangi limbah rumah tangga dan industri pangan. Minyak kemiri memiliki komposisi asam lemak yang mendukung pembentukan metil ester bermutu baik, sedangkan minyak zaitun sering digunakan sebagai bahan baku biodiesel karena kemurnian dan stabilitas oksidatifnya yang tinggi [6].

## **2. Tinjauan Literatur**

### **2.1. Biodiesel**

Biodiesel merupakan bahan bakar alternatif yang berasal dari sumber terbarukan, seperti minyak nabati dan lemak hewani, yang diproduksi melalui reaksi transesterifikasi [7]. Biodiesel memiliki beberapa keunggulan jika dibandingkan dengan bahan bakar fosil, di antaranya adalah sifatnya yang mudah terurai secara alami, tidak beracun, serta dapat menekan pelepasan emisi gas rumah kaca [8]. Sifat-sifat unggul inilah yang membuat biodiesel dipandang sebagai sebuah solusi yang menjanjikan untuk menjawab tantangan di bidang lingkungan dan ketahanan energi. Posisinya sebagai sumber energi alternatif yang mudah dikembangkan dan proses pembuatannya yang tidak rumit serta kemampuannya untuk langsung digunakan pada mesin diesel biasa tanpa memerlukan penyesuaian yang berarti.

### **2.2. Minyak Jelantah**

Minyak jelantah merupakan limbah domestik yang dihasilkan dari proses penggorengan menggunakan minyak nabati secara berulang [9]. Minyak ini memiliki sejumlah karakteristik spesifik, antara lain perubahan warna menjadi coklat hingga kehitaman, timbulnya bau tengik, berbusa, terdapat endapan dan keruh [10]. Pembuangan minyak jelantah secara langsung ke dalam tanah atau saluran air dapat menimbulkan kontaminasi lingkungan.

### **2.3. Minyak Kemiri**

Minyak kemiri merupakan minyak nabati yang diekstraksi dari biji kemiri (*Aleurites moluccanus*) yang telah matang dan dikeringkan. Proses ekstraksi minyak kemiri menghadapi kendala akibat sifat alami minyak yang memiliki stabilitas termal rendah dan sensitivitas tinggi terhadap oksidasi, kondisi ini menyebabkan rendemen ekstraksi dan kualitas produk akhir yang diperoleh menjadi tidak optimal [11]. Komposisi asam lemak yang terdapat pada minyak kemiri : asam palmitat 5,5% ; asam stearat 6,7% ; asam oleat 10,5% ; asamlinoleat 48% ; asam linolenat 28,5% [12].

### **2.4. Minyak Zaitun**

Minyak Zaitun (*Oleum Olivae*) merupakan senyawa lipid yang dihasilkan melalui ekstraksi mekanis dari biji buah zaitun (*Olea Europaea* L.) yang telah matang, minyak ini juga dikenal memiliki manfaat kesehatan yang signifikan karena didominasi oleh komposisi lemak tak jenuh, minyak zaitun tersusun atas 80% asam lemak tak jenuh dan 20% asam lemak jenuh [13]. Minyak zaitun mengandung asam oleat sebagai asam lemak dominan, yang berpotensi diolah hingga menghasilkan metil ester asam lemak (FAME) yang memiliki nilai tambah

karena dapat digunakan sebagai bahan dasar dalam berbagai sektor industri, termasuk emulsifier, polimer, dan biodiesel [14].

## 2.5. Katalis

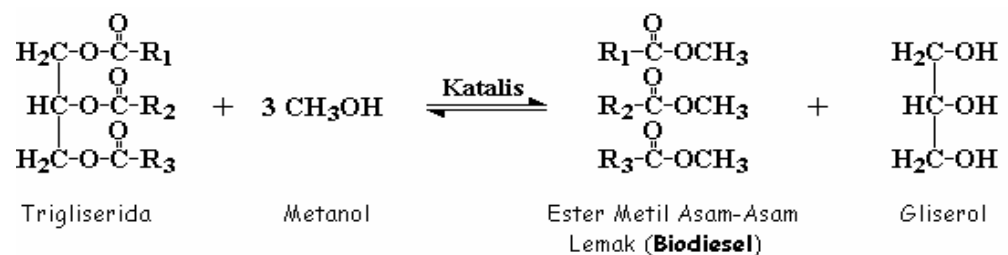
Katalis merupakan suatu zat yang berfungsi untuk mempercepat suatu laju reaksi kimia [15]. Senyawa ini bekerja dengan cara menurunkan energi aktivasi yang diperlukan agar reaksi dapat berlangsung lebih efisien melalui pembentukan jalur reaksi alternative [16].

## 2.6. Kalium Hidroksida (KOH)

Kalium Hidroksida (KOH) merupakan senyawa kimia anorganik yang umum digunakan sebagai katalis, khususnya dalam berbagai reaksi kimia organik. Sebagai katalis, KOH berfungsi untuk mempercepat laju reaksi tanpa terkonsumsi secara keseluruhan dalam proses tersebut. Keefektifan KOH terutama disebabkan oleh sifatnya sebagai basa kuat. Katalis KOH memiliki sejumlah kelebihan, antara lain sifatnya yang relatif lebih aman dan tidak korosif dibandingkan katalis asam, menghasilkan konversi yang tinggi, serta memiliki nilai ekonomis yang lebih baik dibandingkan katalis basa sejenis [17].

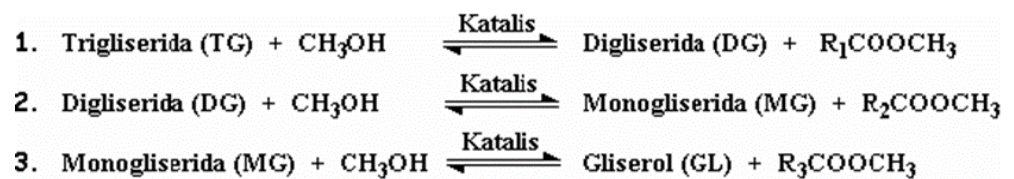
## 2.7. Transesterifikasi dan esterifikasi

Strategi produksi biodiesel dari minyak nabati didiversifikasi berdasarkan profil kandungan Asam Lemak Bebas (FFA) [18]. Minyak dengan konsentrasi FFA tinggi, diperlukan pendekatan dua tahap reaksi yaitu esterifikasi dilanjutkan transesterifikasi. Metode transesterifikasi menggunakan bahan baku berupa lemak hewani atau minyak nabati yang direaksikan dengan alkohol seperti metanol atau etanol [19]. Reaksi transesterifikasi trigliserida menjadi metil ester :



Gambar 1. Reaksi Transesterifikasi [10].

Reaksi transesterifikasi sebenarnya berlangsung dalam 3 tahap yaitu sebagai berikut:



Gambar 2. Reaksi Transesterifikasi tiga tahap [10].

Sedangkan esterifikasi merupakan suatu tahap proses konversi kimiawi yang mengubah senyawa asam lemak bebas menjadi ester [20]. Reaksi esterifikasi dari asam lemak menjadi metil ester [10]:



Gambar 3. Reaksi Esterifikasi

### 3. Metode

#### 3.1. Rancangan Penelitian

Penelitian ini menerapkan pendekatan analitis untuk menganalisis perbandingan nilai kalor guna menilai potensi biodiesel dari berbagai bahan baku. Proses penelitian melibatkan konversi tiga jenis minyak, yaitu minyak jelantah, minyak kemiri, dan minyak zaitun, menjadi biodiesel murni (B100) melalui proses transesterifikasi.

#### 3.2. Alat dan Bahan

Alat :

- Labu leher tiga
- Corong pemisah
- Hot plate
- Termometer
- Kondenser
- Labu ukur

Bahan :

- Minyak jelantah
- Minyak Zaitun
- Minyak kemiri
- KOH
- Aquades

#### 3.3. Prosedur Penelitian

1. Sampel minyak jelantah, minyak kemiri dan minyak zaitun sebanyak 150 mL dipanaskan di dalam labu leher tiga pada temperatur 60°C
2. Campurkan methanol (methanol:minyak = 6:1) dan katalis KOH (1% berat minyak) kedalam tabung ukur.
3. Larutan kalium metoksida (campuran dari methanol dan KOH) ditambahkan secara perlahan ke dalam minyak panas dengan suhu 60°C.
4. Hasil reaksi dituangkan ke dalam gelas beaker dan didiamkan selama 1 hari hingga terbentuk dua fase.
5. Masukkan ke corong pemisah dan diamkan selama 10 menit, buang lapisan yang mengendap ke bawah.
6. Biodiesel dicuci dengan aquades hangat 50 ml (50°C) sebanyak 2 kali.
7. Biodiesel yang telah bersih kemudian dikeringkan melalui proses pengeringan menggunakan oven selama 90 menit dengan suhu 105°C.
8. Pengujian nilai kalor.

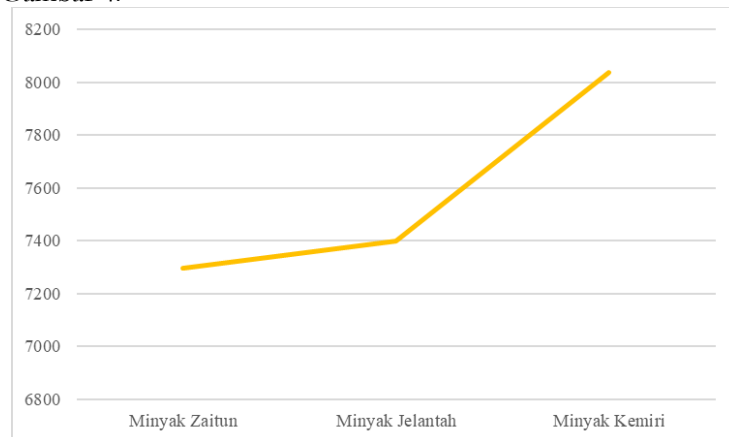
### 4. Hasil dan Pembahasan

Pengujian nilai kalor dilakukan untuk menentukan jumlah energi yang tersimpan dalam biodiesel yang diproduksi dari minyak jelantah, minyak kemiri, dan minyak zaitun. Proses pengujian menggunakan bom kalorimeter, yang berfungsi mengukur energi yang dilepaskan ketika sampel biodiesel dibakar. Nilai yang diperoleh dinyatakan dalam satuan kalori per gram (Cal/gram). Hasil pengukuran nilai kalor dari tiap jenis biodiesel sebagaimana disajikan dalam Tabel 1 berikut

Tabel 1 Hasil Pengujian Nilai Kalor

No	Jenis Minyak	Nilai Kalor (Cal/gram)
1	Minyak Zaitun	7295,15
2	Minyak Jelantah	7399,07
3	Minyak Kemiri	8037,07

Data pada Tabel 4.1 memperlihatkan hasil pengukuran nilai kalor dari tiga jenis minyak yang dimanfaatkan sebagai bahan dasar untuk menghasilkan biodiesel, yaitu minyak zaitun, minyak jelantah, dan minyak kemiri. Dari hasil tersebut diketahui bahwa minyak kemiri memiliki nilai kalor paling tinggi, yakni mencapai 8037,07 Cal/gram. Adapun minyak jelantah menunjukkan nilai kalor sebesar 7399,07 Cal/gram, sedangkan minyak zaitun memiliki nilai kalor paling rendah, yaitu 7295,15 Cal/gram. Selanjutnya, Data tersebut disajikan dalam bentuk grafik pada Gambar 4.



Gambar 4 Grafik Hasil Pengujian Nilai Kalor

Gambar 4 menunjukkan perbandingan nilai kalor biodiesel dari minyak zaitun, minyak jelantah, dan minyak kemiri, di mana minyak kemiri memiliki nilai kalor tertinggi sebesar 8037,07 Cal/gram, diikuti minyak jelantah sebesar 7399,07 Cal/gram, dan minyak zaitun sebesar 7295,15 Cal/gram. Perbedaan ini menegaskan bahwa jenis minyak berpengaruh terhadap kualitas energi biodiesel, karena semakin tinggi nilai kalor maka semakin besar energi yang dilepaskan. Dengan demikian, minyak kemiri berpotensi menghasilkan biodiesel dengan performa pembakaran paling optimal dibandingkan dua minyak lainnya.

## 5. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa jenis minyak nabati sebagai bahan baku biodiesel berpengaruh terhadap nilai kalor biodiesel yang dihasilkan. Biodiesel yang dibuat dari minyak kemiri memiliki nilai kalor paling tinggi dibandingkan biodiesel dari minyak jelantah dan minyak zaitun, yaitu sebesar 8037,07 Cal/gram. Biodiesel dari minyak jelantah memiliki nilai kalor sebesar 7399,07 Cal/gram, sedangkan biodiesel dari minyak zaitun menunjukkan nilai kalor paling rendah, yaitu 7295,15 Cal/gram.

Hasil tersebut menunjukkan bahwa minyak kemiri memiliki potensi yang lebih baik sebagai bahan baku biodiesel karena mampu menghasilkan energi yang lebih besar. Penelitian ini sejalan dengan tujuan penelitian, yaitu membandingkan nilai kalor biodiesel dari berbagai jenis minyak nabati untuk mengetahui potensi masing-masing sebagai bahan bakar alternatif. Pemanfaatan minyak jelantah juga memberikan nilai tambah karena dapat mengurangi limbah lingkungan dan memiliki nilai kalor yang cukup baik.

Keterbatasan dalam penelitian ini adalah pengujian yang hanya difokuskan pada nilai kalor tanpa melakukan pengujian sifat fisik dan kimia biodiesel lainnya. Dengan demikian, penelitian berikutnya disarankan untuk melakukan pengujian lanjutan seperti viskositas, densitas, dan emisi gas buang guna memperoleh gambaran yang lebih lengkap mengenai kualitas biodiesel yang dihasilkan.

**Kontribusi Penulis:** Penulis memberikan sumbangan yang berarti dalam bidang energi terbarukan. Dari sisi akademik, penelitian ini menambah wawasan ilmiah dengan menghadirkan hasil pengujian langsung mengenai nilai kalor biodiesel yang diperoleh dari berbagai jenis minyak nabati melalui proses transesterifikasi menggunakan katalis KOH. Dari sisi penerapan, hasil penelitian ini menunjukkan peluang pemanfaatan minyak nabati dan minyak jelantah sebagai bahan baku biodiesel yang ramah lingkungan, sehingga dapat

membantu mengurangi limbah serta menyediakan alternatif sumber energi yang lebih berkelanjutan dan mudah diterapkan oleh masyarakat.

**Pendanaan:** Penelitian ini dilaksanakan tanpa memperoleh bantuan pendanaan dari lembaga eksternal mana pun. Seluruh tahapan penelitian, mulai dari perencanaan, pengambilan data, pengolahan dan analisis data, hingga penyusunan naskah, dibiayai sepenuhnya oleh penulis secara mandiri. Pernyataan ini disampaikan untuk menegaskan bahwa tidak terdapat kepentingan finansial yang berpotensi memengaruhi hasil penelitian maupun penafsiran terhadap temuan yang diperoleh.

**Pernyataan Ketersediaan Data:** Data yang mendukung hasil penelitian ini tersedia dari penulis korespondensi dan dapat diberikan berdasarkan permintaan yang wajar. Data diperoleh dari hasil pengujian laboratorium selama penelitian dan tidak terdapat batasan privasi atau etika terhadap penggunaan data tersebut.

**Ucapan Terima Kasih:** Penulis mengucapkan terima kasih kepada Program Studi Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Jember atas dukungan fasilitas laboratorium Biologi dasar dan bantuan teknis selama pelaksanaan penelitian. Penulis juga menyampaikan apresiasi kepada pihak-pihak yang telah membantu secara langsung maupun tidak langsung sehingga penelitian ini dapat diselesaikan dengan baik.

**Konflik Kepentingan:** Penulis menyatakan tidak ada konflik kepentingan. Pendana tidak memiliki peran dalam desain studi; dalam pengumpulan, analisis, atau interpretasi data; dalam penulisan naskah; maupun dalam keputusan untuk menerbitkan hasil penelitian.

## Referensi

- [1] M. Hanif, R. Kusumawati, and F. Natasha, "Strategi Pengolahan Alga menjadi Bioenergi: Studi Literatur Sistematis Global," *Nusant. Technol. Eng. Rev.*, vol. 3, no. 1, pp. 1–11, 2025, doi: 10.55732/nter.v3i1.1672.
- [2] A. Suhara *et al.*, "Biodiesel Sustainability : Review of Progress and Challenges of Biodiesel as Sustainable Biofuel," *Clean Technol.*, pp. 886–906, 2024.
- [3] B. D. Catumba *et al.*, "Sustainability and challenges in hydrogen production: An advanced bibliometric analysis," *Int. J. Hydrogen Energy*, vol. 48, no. 22, pp. 7975–7992, 2023, doi: 10.1016/j.ijhydene.2022.11.215.
- [4] T. N. Verma *et al.*, "ScienceDirect A comprehensive review of the influence of physicochemical properties of biodiesel on combustion characteristics , engine performance and emissions," *J. Traffic Transp. Eng. (English Ed.)*, no. August, 2021, doi: 10.1016/j.jtte.2021.04.006.
- [5] S. Oko, M. Mustafa, A. Kurniawan, and K. N. E. Putri, "Sintesis Biodiesel dari Minyak Jelantah Menggunakan Katalis NaOH/CaO/C dari Cangkang Telur," *J. Ris. Teknol. Ind.*, vol. 15, no. 2, p. 147, 2021, doi: 10.26578/jrti.v15i2.6835.
- [6] Haryono, Y. B. Yuliyati, A. R. Noviyanti, M. Rizal, and S. Nurjanah, "Characterization of Biodiesel Made from Kemiri Sunan Oil using Heterogeneous Silica Catalyst Impregnated by Calcium Oxide," *J. Penelit. Has. Hutan*, vol. 38, no. 1, pp. 1–68, 2020, [Online]. Available: <http://ejournal.forda-mof.org/ejournal-litbang/index.php/JPHH/article/view/5476>
- [7] A. S. ELGHARBAWY, W. A. SADIK, O. M. SADEK, and M. A. KASABY, "A review on biodiesel feedstocks and production technologies," *J. Chil. Chem. Soc.*, vol. 65, no. 1, pp. 5098–5109, 2021, doi: 10.4067/S0717-97072021000105098.
- [8] B. Ariani, 5. *Betty Ariani*. 2025.
- [9] A. L. Jusdienar, A. Firdaus, and M. Milisani, "Limbah Rumah Tangga Minyak Jelantah Menjadi Peluang Kerjasama Bermanfaat Dengan Kepul Online," *Dedik. J. Pengabd. Lentera*, vol. 1, no. 05, pp. 153–159, 2024, doi: 10.59422/djpl.v1i05.448.
- [10] A. A. Budiman and S. Samik, "Review Artikel : Produksi Biodiesel Dari Minyak Goreng Bekas Dengan Metode Transesterifikasi Menggunakan Katalis," *Unesa J. Chem.*, vol. 12, no. 2, pp. 36–48, 2023, doi: 10.26740/ujc.v12n2.p36-48.
- [11] F. Winona, T. Maulida Putri, N. Asni, M. Dewi Rukmana, and S. Devi Eka Putri, "Analisis Kuantitatif Kandungan Minyak pada Kemiri (Aleurites Moluccanus) Menggunakan Metode Ekstraksi Soklet," *J. Polym. Chem. Eng. Technol.*, vol. 2, no. 1, pp. 1–6, 2024, doi: 10.52330/jpcet.v2i1.314.
- [12] M. Misdawati, S. Siswadi, and S. F. D. Farah Dina, "Analisis Karakteristik Metil Ester (Biodiesel) Minyak Kemiri Sebagai Alternatif Bioaditif Penurun Titik Tuang Biodiesel Cpo," *Barometer*, vol. 9, no. 1, pp. 48–55, 2024, doi: 10.35261/barometer.v9i1.10945.
- [13] A. Santoso, M. R. Asrori, S. Sumari, and A. M. Pradana, "Karakterisasi Metil Ester Dari Minyak Biji Bunga Matahari dan Minyak Zaitun di Bawah Katalis KOH," *J. Eng. Sci. Technol.*, vol. 1, no. 1, pp. 24–31, 2023, doi: 10.47134/jesty.v1i1.5.
- [14] A. Djafar, B. Wijaya, M. R. A. Bolilio, A. I. Tolango, and L. M. Kamil Amali, "Analisis Perbandingan Minyak Kemiri dan Minyak Zaitun sebagai Pengganti Minyak Transformator," *J. Multidisiplin Indones.*, vol. 2, no. 4, pp. 836–843, 2023, doi: 10.58344/jmi.v2i4.231.
- [15] M. R. R. Putra, Azharuddin, and A. A. Sani, "Pengaruh Katalis (NaOH) dalam Proses serta Hasil Pengolahan Oli Bekas Menjadi Bahan Bakar Cair (BBC)," *Mach. J. Teknol. Terap.*, vol. 2, no. 1, pp. 8–14, 2021, [Online]. Available: <http://doi.org/10.5281/zenodo.4748501>
- [16] N. A. Febriyani, T. Widhiyanti, and B. Anwar, "Pengembangan Strategi Pembelajaran Intertekstual Dengan Pogil Pada Submateri Pengaruh Katalis Terhadap Laju Reaksi Yang Berpotensi Meningkatkan Penguasaan Konsep Dan Keterampilan Berpikir Kritis Peserta Didik," *J. Ris. dan Prakt. Pendidik. Kim.*, vol. 11, no. 1, pp. 13–20, 2023, doi: 10.17509/jrppk.v11i1.57942.

- 
- [17] N. Kharisma and K. Sa'diyah, "Pembuatan Minyak Ester Dari Minyak Kelapa Sawit Melalui Proses Transesterifikasi : Pengaruh Katalis Koh Dan Naoh," *DISTILAT J. Teknol. Separasi*, vol. 11, no. 1, pp. 30–40, 2025, doi: 10.33795/distilat.v11i1.6883.
- [18] S. Latisya, "Teknologi Proses Untuk Produksi Biodiesel Berbasis Minyak Kelapa Sawit," *War. Pus. Penelit. Kelapa Sawit*, vol. 27, no. 2, pp. 78–91, 2022, doi: 10.22302/iopri.war.warta.v27i2.75.
- [19] V. Purnomo, A. S. Hidayatullah, A. Inam, O. P. Prastuti, E. L. Septiani, and R. P. Herwoto, "Biodiesel Dari Minyak Jarak Pagar Dengan Transesterifikasi Metanol Subkritis," *J. Tek. Kim.*, vol. 14, no. 2, pp. 73–79, 2020, doi: 10.33005/jurnal\_tekkim.v14i2.2032.
- [20] E. Megawati, A. H. Pratama, I. K. Warsa, A. O. P. Putra, N. Effendi, and Y. Yuniarti, "Optimasi volume katalis H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> dan waktu proses esterifikasi pada tahapan proses biodisel," *J. Tek. Kim.*, vol. 28, no. 1, pp. 37–43, 2022, doi: 10.36706/jtk.v28i1.1066.