

# PENGARUH RASIO KATALIS CaO-NaOH DAN WAKTU REAKSI TRANSESTERIFIKASI TERHADAP KUALITAS BIODIESEL DARI MINYAK SAWIT

Nadya Saskia Orchidantya, Mas'udah, Sandra Santosa  
Jurusan Teknik Kimia, Politeknik Negeri Malang, Jl. Soekarno Hatta No. 9, Malang, Indonesia  
[nadya.saskia2@gmail.com](mailto:nadya.saskia2@gmail.com); [[masudah@polinema.ac.id](mailto:masudah@polinema.ac.id)]

## ABSTRAK

Biodiesel merupakan bahan bakar alternatif dari minyak nabati seperti minyak sawit yang diproduksi melalui proses transesterifikasi dengan bantuan katalis. Katalis yang digunakan adalah katalis heterogen antara CaO dan NaOH dikarenakan sifatnya yang sangat basa, ramah lingkungan dan memiliki kelarutan yang rendah dalam metanol dapat menghasilkan biodiesel dengan *yield* yang besar. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh rasio massa CaO-NaOH dan waktu reaksi transesterifikasi terhadap kualitas biodiesel yaitu viskositas, densitas, dan persen *yield* biodiesel. Penelitian dilakukan dengan transesterifikasi minyak sawit dan metanol dengan perbandingan volume 6:1 dengan katalis CaO-NaOH 1% (b/v) dan variabel bebasnya adalah perbandingan ratio massa campuran katalis CaO-NaOH 1:3, 1:1, 3:1 dan waktu transesterifikasi 60, 80, dan 100 menit. Nilai *yield* biodiesel tertinggi diperoleh pada variabel waktu 80 menit dan rasio katalis CaO-NaOH 3:1 dari berat minyak dengan nilai *yield* sebesar 85,16%, densitas 0,85 g/mL, viskositas 8,87 cSt.

**Kata kunci:** Biodiesel, katalis heterogen, NaOH/CaO, minyak sawit, transesterifikasi

## ABSTRACT

Biodiesel is an alternative fuel from vegetable oils such as palm oil which is produced through a transesterification process with the help of a catalyst. The catalyst used is a heterogeneous catalyst between CaO and NaOH because it is highly alkaline, environmentally friendly, and has low solubility in methanol, which can produce biodiesel with large yields. The purpose of this study was to determine the effect of the mass ratio of CaO-NaOH and transesterification reaction time on the quality of biodiesel, namely viscosity, density, and percent yield of biodiesel. The research was conducted by transesterification of palm oil and methanol with a volume ratio of 6:1 with 1% (w/v) CaO-NaOH catalyst and the independent variables were the ratio of the mass ratio of CaO-NaOH catalyst mixture 1:3, 1:1, 3:1 and transesterification time 60 minutes, 80 minutes, 100 minutes. In this practicum, the highest biodiesel yield value was obtained at a time variable of 80 minutes and a catalyst ratio of CaO-NaOH 3:1 by weight of oil with a yield value of 85.16%, density 0.85 g/mL, viscosity 8.87 cSt.

**Keywords:** Biodiesel, heterogeneous catalyst, NaOH/CaO, palm oil, transesterification

## 1. PENDAHULUAN

Jumlah penduduk yang bertambah mengakibatkan kebutuhan bahan bakar minyak semakin meningkat. Untuk mengurangi ketergantungan terhadap bahan bakar minyak yang terbatas, diperlukan sumber daya alam terbarukan sebagai alternatif. Salah satu bahan bakar terbarukan ini yaitu biodiesel yang berpotensi menjadi pengganti bahan bakar minyak.

Biodiesel adalah senyawa metil ester yang dihasilkan melalui proses esterifikasi/transesterifikasi minyak nabati atau lemak hewani. Karena memiliki sifat fisis yang sama dengan minyak solar, biodiesel dapat digunakan sebagai bahan bakar pengganti untuk kendaraan bermesin diesel [1]. Selain itu, biodiesel merupakan bahan ramah lingkungan karena sifatnya yang mudah terurai (*biodegradable*), tidak beracun (*non-toxic*) [2].

Pada tahun 2020, pemerintah menargetkan penggunaan B30, yang terdiri dari campuran biodiesel 30% dan 70%, target penggunaan B30 telah terealisasi pada bulan November 2021 dengan total biodiesel yang telah tersalurkan mencapai 8,08 juta kiloliter (kL) [3] [4]. Sebagai produsen minyak nabati terbesar di dunia, Indonesia memiliki peluang besar untuk mengembangkan biodiesel. Salah satunya adalah menggunakan minyak sawit yang ditemukan hampir di seluruh wilayah Indonesia dengan teknologi pengolahannya cukup matang. Minyak sawit merupakan bahan baku yang potensial untuk dikembangkan sebagai bahan bakar alternatif atau biodiesel. Menurut Kementerian energi dan sumber daya mineral (2022) dengan adanya pabrik biodiesel, Indonesia tidak hanya dapat mengeksport bahan baku minyak sawit (CPO), namun juga dapat menstabilkan harga minyak sawit (CPO), meningkatkan kesejahteraan petani kecil, mengurangi bahan bakar impor, menyediakan kesempatan kerja, dan serta menjaga ketahanan energi [5].

Proses pembuatan biodiesel dari minyak sawit melalui transesterifikasi dengan menggunakan katalis. Penggunaan katalis CaO-NaOH untuk membuat biodiesel telah dilakukan oleh peneliti sebelumnya. Menurut penelitian yang dilakukan oleh Karfika pada tahun 2019, proses produksi biodiesel dilakukan dengan mereaksikan 50 g minyak sawit *off grade* (minyak yang memiliki kadar asam lemak bebas tinggi) teresterifikasi dengan metanol dalam rasio molar minyak 6:1 dan katalis CaO-NaOH hingga 6% wt% minyak yang diekstraksi dari cangkang telur. Hasilnya biodiesel memiliki densitas  $838 \text{ kg/m}^3$ , viskositas  $4,01 \text{ mm}^2/\text{s}$  dan *yield* sebesar 89,98% [6]. Pada tahun 2020, Prasetya C. E. P dan Edy S melakukan sintesis biodiesel dengan mereaksikan minyak sawit dengan variasi jumlah metanol dan katalis pada suhu  $55^\circ\text{C}$  dan  $65^\circ\text{C}$ . Hasil terbaik diperoleh dengan menggunakan metanol 50% dan katalis 3% dari berat minyak, dengan densitas biodiesel yang diperoleh sebesar  $838 \text{ kg/m}^3$ , viskositas  $4,01 \text{ mm}^2/\text{s}$  dan *yield* sebesar 89,98% [7]. Pada tahun 2021, Syarifuddin Oko, dkk melakukan sintesis biodiesel dengan mereaksikan minyak kedelai dengan metanol sebanyak 12 : 1 rasio molar dari minyak dan katalis CaO-NaOH sebesar 1% wt minyak pada suhu  $60^\circ\text{C}$ - $65^\circ\text{C}$  selama 3 jam. Biodiesel yang diperoleh memiliki densitas sebesar  $889 \text{ kg/m}^3$  dan viskositas sebesar 3,5208 cSt [8]. Rasio katalis dan waktu proses transesterifikasi mempengaruhi *yield* biodiesel sehingga masih perlu dilakukan penelitian lebih lanjut untuk menghasilkan *yield* lebih dari 90%. Pada penelitian lain yang dilakukan oleh Luchis Rubianto, dkk dimana pada pembuatan biodiesel pada reaksi transesterifikasi suhu reaksi yang digunakan tepat dibawah suhu didih methanol, yaitu antara  $60^\circ\text{C}$ - $64^\circ\text{C}$  [9].

Penelitian serupa tidak pernah dilakukan, oleh karena itu, dilakukan studi pengaruh penggunaan katalis CaO-NaOH, waktu reaksi transesterifikasi terhadap *yield*, densitas dan viskositas produksi biodiesel dari kelapa sawit.

## 2. METODOLOGI PENELITIAN

Metode yang digunakan dalam penelitian ini menggunakan metode kuantitatif untuk pembuatan biodiesel dalam skala laboratorium. Metode kuantitatif yang digunakan dengan memperoleh data berupa nilai *%yield*, viskositas, dan densitas dengan eksperimen laboratorium. Dalam penelitian ini, proses transesterifikasi dilakukan menggunakan variasi waktu reaksi 60 menit, 80 menit dan 100 menit, serta rasio campuran katalis CaO-NaOH yang ditambahkan sebesar 1:3, 1:1 dan 3:1. Rasio mol minyak dan metanol yang digunakan adalah 1:6. Biodiesel didapatkan melalui proses transesterifikasi menggunakan pelarut metanol yang dilakukan dalam 2 tahapan yaitu tahap transesterifikasi dan tahap analisis. Analisis hasil pada biodiesel adalah pengukuran nilai *yield* produk, uji densitas, dan viskositas.

### 2.1 Tahapan Transesterifikasi

Proses transesterifikasi dimulai dengan menimbang 100 mL minyak sawit dalam *beaker glass* dan dipanaskan sampai suhu 60 °C. Pada saat yang sama, katalis CaO-NaOH dicampur dengan metanol dengan perbandingan 6:1 (mol metanol : mol minyak) sesuai dengan variabelnya. Campuran metanol-katalis ditempatkan dalam minyak sawit yang dipanaskan dan diaduk untuk jangka waktu tertentu (tergantung pada variabel). Angkat *beaker glass* dan diamkan selama 24 jam sampai terbentuk dua lapisan (lapisan bawah adalah gliserol dan lapisan atas adalah biodiesel). Pisahkan keduanya. Cuci biodiesel dengan mencampurkan air panas (suhu 80° - 100 °C) ke dalam biodiesel. Lapisan biodiesel dipisahkan dari cairan pencuci. Ulangi pencucian sampai air cucian jernih. Menghilangkan kandungan air dengan evaporasi pada suhu 110°C. Produk biodiesel dilanjutkan ke tahap analisis hasil yaitu uji viskositas, densitas, dan *%yield*.

### 2.2 Tahap Analisis

Uji densitas dilakukan dengan menimbang botol kaca, kemudian diisi dengan volume total (mL) biodiesel, lalu timbang botol kaca dan biodiesel dan catat hasilnya. Hal ini dikarenakan setiap zat memiliki massa jenis yang berbeda. Dengan demikian massa jenis dapat diukur dengan Persamaa (1) [10].

$$\rho \left( \frac{g}{mL} \right) = \frac{(\text{massa kotak kosong} + \text{biodiesel (gram)}) - (\text{massa kotak kosong (gram)})}{\text{volume biodiesel (mL)}} \quad (1)$$

Uji viskositas dilakukan menggunakan metode bola jatuh. Biodiesel dimasukkan ke dalam gelas ukur dan diukur ketinggiannya. Kelereng yang sudah di ukur massa, diameter dan densitasnya kemudian dijatuhkan ke dalam gelas ukur yang berisi biodiesel. Kecepatan bola jatuh dari permukaan biodiesel sampai ke dasar gelas kemudian dicatat. Perhitungan viskositas kemudian dilakukan menggunakan Persamaan (2).

$$\text{Viskositas} = \frac{2 r^2 (\rho_1 - \rho_2) g}{9 v} \quad (2)$$

dimana nilai  $r$  merupakan jari-jari kelereng,  $\rho_1$  merupakan densitas kelereng,  $\rho_2$  merupakan densitas biodiesel,  $g$  merupakan percepatan gravitasi, dan  $v$  merupakan kecepatan bola (kelereng).

Persen *yield* adalah rasio persen dari hasil yang sebenarnya untuk hasil teoritis. Hal ini dihitung untuk hasil eksperimen dibagi dengan hasil teoritis dikalikan dengan 100%. Jika hasil aktual dan teoritis yang sama, hasil persen adalah 100% (3) [11].

$$\text{Persen Yield} = \frac{\text{hasil aktual (massa biodiesel)}}{\text{teoritis yield (massa minyak)}} \times 100\% \quad (3)$$

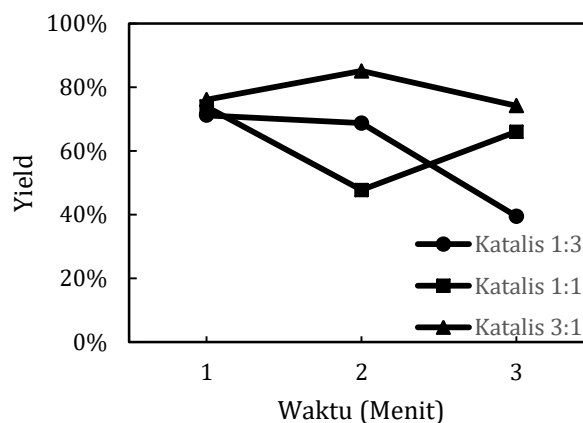
**Tabel 1.** Standar biodiesel menurut SNI 7182:2015 [12]

| Parameter Uji                   | Satuan,<br>min/maks      | Persyaratan |
|---------------------------------|--------------------------|-------------|
| Massa jenis pada 40 °C          | Kg/m <sup>3</sup>        | 850-890     |
| Viskositas kinematik pada 40 °C | Mm <sup>2</sup> /s (cSt) | 2,3-6,0     |
| Angka Asam                      | Mg-KOH/g, maks           | 0,5         |

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 3.1 Pengaruh Rasio Katalis CaO-NaOH dan Waktu Reaksi Transesterifikasi terhadap Yield Biodiesel

Pada pembuatan biodiesel terdapat reaksi transesterifikasi dengan menggunakan katalis yang memiliki fungsi yaitu mengurangi energi aktivasi dalam reaksi sehingga semakin lama waktu reaksi, maka kontak antar zat semakin cepat sehingga menghasilkan konversi yang besar. Penelitian dilakukan pada variasi waktu reaksi dari 60, 80, dan 100 menit dengan variasi perbandingan rasio katalis CaO:NaOH dari 1:3, 1:1, dan 3:1 w/w% dari minyak dan perbandingan mol metanol / minyak adalah 6:1. Pengaruh waktu dan perbandingan rasio jumlah katalis terhadap *yield* biodiesel ditunjukkan pada Gambar 1.

**Gambar 1.** Pengaruh Rasio Katalis CaO-NaOH dan Waktu Reaksi Transesterifikasi

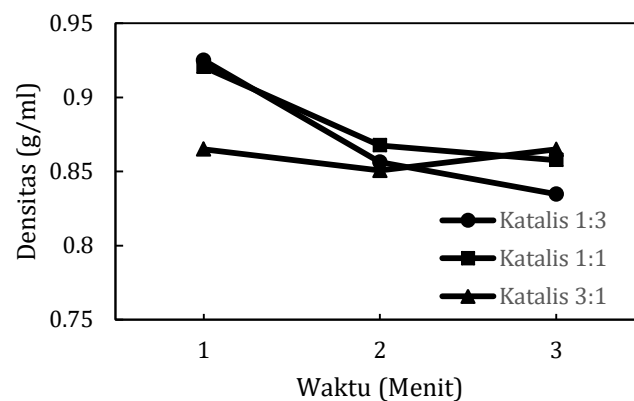
Rasio massa katalis sangat berpengaruh pada pembuatan biodiesel. Semakin banyak CaO yang diberikan maka biodiesel yang dihasilkan semakin sedikit [13]. Gambar 1. Menunjukkan bahwa rasio massa CaO pada katalis CaO-NaOH yang paling optimal yaitu pada rasio massa 3:1 dengan *yield* 85,16% pada waktu 80 menit. Pada rasio massa 1:3 mengandung NaOH yang berlebihan dan beresiko mengalami reaksi penyabunan dan nilai *yield* yang dihasilkan menurun. Hal ini disebabkan karena terjadinya reaksi sampling antara katalis CaO dan NaOH dengan minyak yang dikenal dengan saponifikasi atau reaksi penyabunan yang menyebabkan hasil penyabunan berupa surfaktan menghalangi kontak antara minyak dengan metanol. Akibatnya kecepatan reaksi dan konversi yang dihasilkan menurun. Penambahan CaO yang berlebihan dan dapat menghasilkan nilai *yield* yang sedikit hal ini disebabkan karena katalis memiliki komponen yang kurang aktif sehingga rendemen yang dihasilkan semakin menurun. Hal ini tidak sesuai dengan penelitian yang

telah dilakukan, karena pada penelitian penambahan CaO yang berlebih justru menghasilkan *yield* yang besar.

Berdasarkan Gambar 1 dapat diketahui bahwa semakin lama waktu reaksi nilai *yield* cenderung fluktuatif. Hal ini dikarenakan adanya durasi waktu reaksi yang terjadi pada saat proses transesterifikasi pada produksi biodiesel menyebabkan semakin banyak molekul-molekul minyak yang bereaksi dengan metanol membentuk metil ester dan juga dipengaruhi oleh katalis yang digunakan. Hal ini terjadi karena dengan lamanya waktu, maka tumbukan antar partikel semakin besar, sehingga reaksi berjalan semakin cepat. Dari penelitian yang telah dilakukan hasil terbaik diperoleh dengan rasio katalis 3:1 dengan waktu 80 menit dengan nilai *yield* sebesar 85,16%.

### 3.2 Pengaruh Waktu Reaksi dan Perbandingan Rasio Jumlah Katalis CaO-NaOH Rasio Katalis CaO-NaOH dan Waktu Reaksi Transesterifikasi terhadap Densitas Biodiesel

Pengaruh rasio katalis CaO-NaOH dan waktu reaksi transesterifikasi terhadap densitas biodiesel ditunjukkan pada Gambar 2.



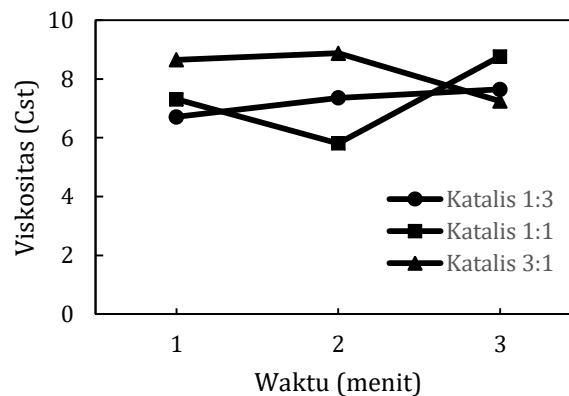
**Gambar 2.** Pengaruh Rasio Katalis CaO-NaOH dan Suhu Reaksi Transesterifikasi terhadap Densitas Biodiesel

Berdasarkan Gambar 2 dapat diketahui bahwa nilai densitas biodiesel cenderung fluktuatif dengan adanya penambahan jumlah rasio katalis CaO-NaOH yang ditambahkan. Pada Gambar 2 juga dapat diketahui bahwa nilai densitas biodiesel yang diperoleh pada rasio katalis 1:1 dan 3:1 memiliki kecenderungan meningkat dan fluktuatif pada rasio katalis 1:3. Hal ini berbeda dengan teori dimana dengan adanya peningkatan suhu, maka nilai densitas biodiesel akan semakin rendah akibat terpecahnya trigliserida menjadi tiga ester asam lemak yang dapat menurunkan nilai densitas biodiesel [14]. Adanya keganjilan ini disebabkan karena kemungkinan adanya zat pengotor yang ikut dalam produk biodiesel sehingga mengakibatkan besarnya nilai densitas yang diperoleh. Dari keseluruhan data yang diperoleh pada Gambar 2. dapat diketahui bahwa nilai densitas yang diperoleh sesuai standar SNI yaitu berkisar 0,85 s/d 0,89 g/mL. Berdasarkan hasil penelitian, menggunakan variabel perbandingan katalis dan waktu operasi berpengaruh terhadap nilai densitas biodiesel yang dihasilkan. Berdasarkan Gambar 2 dapat diketahui bahwa semakin lama waktu reaksi maka nilai densitas biodiesel akan mendekati nilai densitas yang sesuai dengan standart SNI meskipun perubahan tidak signifikan. Untuk nilai densitas terkecil yaitu 0,83 g/mL dan nilai terbesar 0,92 g/mL. Berdasarkan standard

SNI yaitu 0,85 s/d 0,89 g/mL dan variable yang mendekati nilai terdapat pada variable waktu 80 menit dengan perbandingan 1:1.

### 3.3 Pengaruh Rasio Katalis CaO-NaOH dan Waktu Reaksi Transesterifikasi terhadap Viskositas Biodiesel

Pengaruh rasio katalis CaO-NaOH dan waktu reaksi transesterifikasi terhadap viskositas biodiesel ditunjukkan pada Gambar 3.



**Gambar 3.** Pengaruh Rasio Katalis CaO-NaOH dan Waktu Reaksi Transesterifikasi terhadap Viskositas Biodiesel

Berdasarkan hasil penelitian menunjukkan bahwa variabel rasio katalis CaO-NaOH dan waktu reaksi transesterifikasi berpengaruh terhadap nilai viskositas biodiesel yang dihasilkan. Penggunaan katalis basa yang lebih sedikit akan menghasilkan metil ester dengan viskositas yang lebih rendah [15]. Berdasarkan grafik 4,3 nilai viskositas yang mendekati dengan nilai SNI viskositas biodiesel yaitu 2,3-6,0 cSt terdapat pada variable waktu 80 menit dengan perbandingan katalis 1:1 yaitu 5.8 cSt.

## 4. KESIMPULAN DAN SARAN

Dalam proses pembuatan biodiesel, penggunaan campuran katalis CaO-NaOH dan suhu reaksi transesterifikasi berpengaruh terhadap nilai *yield*, densitas dan viskositas biodiesel yang didapatkan. Dari hasil penelitian, diperlukan penambahan rasio katalis CaO-NaOH yang sesuai. Apabila jumlah katalis yang ditambahkan terlalu banyak, maka akan mendorong reaksi saponifikasi dimana akan menurunkan *yield* biodiesel. Namun, bila jumlah katalis yang ditambahkan terlalu sedikit reaksi akan berjalan lambat dan membutuhkan waktu lama. Selain itu, semakin tinggi suhu reaksi maka *yield* biodiesel yang didapatkan akan meningkat, namun bila pada reaksi sudah mencapai suhu optimum, maka dengan peningkatan suhu akan menurunkan produk yang didapatkan. Pada penelitian kali ini nilai *yield* biodiesel tertinggi diperoleh pada variabel waktu 80 menit dan rasio katalis CaO-NaOH 3:1 dari berat minyak dengan nilai *yield* sebesar 85,16%, densitas 0,85 g/mL, viskositas 8,87 cSt.

Untuk penelitian selanjutnya disarankan melakukan analisis melalui *Gas Chromatography* (GC) untuk memastikan kandungan biodiesel. Selain itu, disarankan juga untuk melakukan uji parameter biodiesel lainnya seperti kadar air, angka oktan, *flash point* dan nilai kalor untuk

mengetahui seberapa besar pengaruh penggunaan katalis CaO-NaOH dalam produksi biodiesel.

## REFERENSI

- [1] "Tanya Jawab Biodiesel," *Sawit BPD PKS*, 2019. <https://www.bpd.or.id/Tanya-Jawab-Biodiesel> (diakses 27 Juli 2022).
- [2] N. Widiarti dan E Kusumastuti, "Modifikasi Katalis Cao Dengan Sro Pada Reaksi Transesterifikasi Minyak Jelantah Menjadi Biodiesel Menggunakan Info Artikel," *J. MIPA*, vol. 38, no. 1, hal. 49–56, 2015, [Daring]. Tersedia pada: <http://journal.unnes.ac.id/nju/index.php/JM>
- [3] Humas EBTKE, "FAQ : Program Mandatori Biodiesel 30% (B30)," *Direktorat Jenderal Energi Baru Terbarukan Dan Konservasi Energi (EBTKE)*, 2019. <https://ebtke.esdm.go.id/post/2019/12/19/2434/faq.program.mandatori.biodiesel.30.B30> (diakses 27 Juli 2022).
- [4] Humas EBTKE, "Penetapan Alokasi Tambahan Biodiesel Untuk Tahun 2021 Dan Alokasi Biodiesel Tahun 2022," *Direktorat Jenderal Energi Baru Terbarukan Dan Konservasi Energi (EBTKE)*, 2021. <https://ebtke.esdm.go.id/post/2021/11/30/3022/penetapan.alokasi.tambahan.biodiesel.untuk.tahun.2021.dan.alokasi.biodiesel.tahun.2022> (diakses 27 Juli 2022).
- [5] K. A. Hawa, Z. Helwani, dan A. Amri, "Synthesis of Heterogeneous Catalysts NaOH/CaO/C From Eggshells for Biodiesel Production Using Off-Grade Palm Oil," *J. Rekayasa Kim. Lingkungan.*, vol. 15, no. 1, hal. 31–37, 2020, doi: 10.23955/rkl.v15i1.14610.
- [6] Humas EBTKE, "Pengembangan Biodiesel di Indonesia Beri Manfaat Nyata," *Direktorat Jenderal Energi Baru Terbarukan Dan Konservasi Energi (EBTKE)*, 2022. <https://ebtke.esdm.go.id/post/2022/03/24/3127/pengembangan.biodiesel.di.indonesia.beri.manfaat.nyata>
- [7] P. C. E. Putri dan E. Supriyo, "Transesterifikasi Minyak Kelapa Sawit menggunakan Katalis Kalsium Oksida (CaO) menjadi Biodiesel," *Metana*, vol. 16, no. 2, hal. 75–80, 2020, doi: 10.14710/metana.v16i2.34193.
- [8] S. M. O. Mustafa; Kurniawan, Andri; Willain, Danu, "Sintesis Biodiesel Dari Minyak Kedelai Melalui Reaksi Transesterifikasi Dengan Katalis CaO/NaOH," *J. Teknol.*, vol. 13, no. Vol 13, No 1 (2021): Jurnal Teknologi, hal. 1–6, 2021, [Daring]. Tersedia pada: <https://jurnal.umj.ac.id/index.php/jurtek/article/view/6581/4668>
- [9] L. Rubianto, H. P. Sudarminto, dan S. Udjiana, "Combination of biodiesel, glycerol, and methanol as liquid fuel," *IOP Conf. Ser. Mater. Sci. Eng.*, vol. 1073, no. 1, hal. 012005, 2021, doi: 10.1088/1757-899x/1073/1/012005.
- [10] Irawati A, "Pembuatan Dan Pengujian Viskositas Dan Densitas Biodiesel Dari Beberapa Jenis Minyak Jelantah," *J. Fis. dan Ter.*, vol. 5, no. 1, hal. 82–89, 2018, [Daring]. Tersedia pada: <https://journal.uin-alauddin.ac.id/index.php/jft/article/view/15972>
- [11] "Definisi dan Rumus Hasil Persen," *Greelane*, 2019. <https://www.greelane.com/id/sains-teknologi-matematika/ilmu/definition-of-percent-yield-605899> (diakses 27 Juli 2022).
- [12] "Biodiesel SNI 7182:2015. Standar Nasional Indonesia - PDF Free Download." <https://adoc.pub/biodiesel-sni-71822015-standar-nasional-indonesia.html> (diakses 27 Juli 2022).
- [13] L. P. Lestari, Meriatna, Suryati, Jalaluddin, dan N. Sylvia, "Pengaruh suhu dan waktu reaksi transesterifikasi minyak jarak kepyar," *Chem. Eng. J. Storage*, vol. 2, no. Oktober, hal. 64–80, 2021.

- [14] W. D. Rahmat, "Synthesis of Biodiesel from Crude Palm Oil with Alumina Catalyst Result of Recovery of Solid Waste Mud at Intan Banjar Pdam," *Info Tek.*, vol. 12, no. 1, hal. 21–30, 2011.
- [15] M. Faizal, U. Maftuchah, dan W. A. Auriyani, "Pengaruh Kadar Metanol, Jumlah Katalis, Dan Waktu Reaksi Pada Pembuatan Biodiesel Dari Lemak Sapi Melalui Proses Transesterifikasi," *J. Tek. Kim.*, vol. 19, no. 4, hal. 29–37, 2013.