

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

Sheila Devina Amira, Mas'udah, Sandra Santosa

Jurusan Teknik Kimia, Politeknik Negeri Malang, Jl. Soekarno Hatta No. 9, Malang, Indonesia
sdevinamira10@gmail.com; [masudah@polinema.ac.id]

ABSTRAK

Biodiesel merupakan bahan bakar alternatif dari minyak nabati seperti minyak sawit, yang diproduksi dengan metode transesterifikasi menggunakan katalis dan metanol. Penggunaan katalis homogen seperti NaOH sering digunakan karena menghasilkan %yield biodiesel yang tinggi dibanding katalis heterogen. Akan tetapi, penggunaan katalis homogen sering menimbulkan reaksi saponifikasi yang mengganggu proses konversi biodiesel. Pengkombinasian antara katalis homogen dan heterogen akan mencegah terjadinya reaksi saponifikasi. Selain itu suhu reaksi transesterifikasi juga sangat berpengaruh terhadap hasil produk biodiesel yang diperoleh. Oleh karena itu penelitian ini bertujuan untuk mengetahui rasio massa CaO-NaOH dan suhu reaksi transesterifikasi terhadap kualitas biodiesel yaitu viskositas, densitas, dan %yield. Penelitian dilakukan dengan melakukan percobaan proses transesterifikasi minyak sawit dan metanol dengan persentase jumlah katalis CaO-NaOH 1% (b/v) dengan variabel bebas rasio massa CaO-NaOH 1:3, 1:1, 3:1 dan suhu 50°C, 60°C, 80°C dengan rasio mol minyak dan metanol yang digunakan adalah 1:6. Dari hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa penggunaan campuran katalis CaO-NaOH dan suhu berpengaruh terhadap kualitas dari beberapa parameter biodiesel yang diuji. Parameter terbaik yang hampir mendekati standar SNI 7182:2015 biodiesel didapatkan pada variabel suhu reaksi 60°C dan rasio katalis CaO-NaOH sebesar 3:1 dari berat minyak dimana nilai yield biodiesel sebesar 76,13%, densitas 0,865 g/mL, viskositas 8,65 cSt.

Kata kunci: Biodiesel, Katalis CaO-NaOH, Minyak Sawit, Transesterifikasi

ABSTRACT

Biodiesel is an alternative fuel from vegetable oils such as palm oil, which is produced with the transesterification method using a catalyst and methanol. The use of homogeneous catalysts such as NaOH is often used because it produces high biodiesel yields compared to heterogeneous catalysts. However, the use of homogeneous catalysts often causes saponification reactions that interfere with the biodiesel conversion process. The combination of homogeneous and heterogeneous catalysts will prevent the saponification reaction from occurring. In addition, the temperature of the transesterification reaction also greatly affects the yield of the biodiesel product obtained. Therefore, this study aims to determine the mass ratio of CaO-NaOH and the temperature of the transesterification reaction on the quality of biodiesel, namely viscosity, density, and %yield. The research was conducted by conducting experiments on the transesterification of palm oil and methanol with the percentage of CaO-NaOH catalyst at 1% (w/v) with the independent variables being the mass ratio of CaO-NaOH 1:3, 1:1, 3:1, and temperature 50°C, 60°C, 80°C with a mole ratio of oil and methanol used is 1:6. From the results of the study, it can be concluded that the use of a mixture of CaO-NaOH catalyst and temperature affect the quality of several biodiesel parameters tested. The best parameter which is almost close to the standard of SNI 7182:2015 biodiesel is obtained at a reaction temperature variable of 60°C and a CaO-NaOH ratio of 3:1 by weight of oil where the biodiesel yield value is 76.13%, density 0.865 g/mL, viscosity 8,65 cSt.

Keywords: Biodiesel, CaO-NaOH Catalyst, Crude Palm Oil, Transesterification

1. PENDAHULUAN

Biodiesel merupakan suatu bahan bakar terbarukan berbahan dasar minyak nabati atau lemak hewani. Produksi biodiesel dapat mengatasi cadangan bahan bakar fosil yang menipis. Selain itu, biodiesel merupakan bahan bakar ramah lingkungan karena sifatnya yang mudah terurai (*biodegradable*), tidak beracun (*non-toxic*) [1]. Saat ini, pemerintah gencar melakukan program pemanfaatan bahan bakar nabati sebagai bahan bakar lain. Karena memiliki sifat fisis yang sama dengan minyak solar, biodiesel dapat digunakan sebagai bahan bakar pengganti untuk kendaraan bermesin diesel [2]. Hal ini didukung oleh adanya kebijakan B30 dimana pencampuran 70 persen solar dan 30 persen biodiesel berlaku bagi pengguna bahan bakar solar. Dengan demikian, kapasitas produksi biodiesel harus ditingkatkan untuk mencapai target tersebut. Berdasarkan data Kementerian ESDM per November 2021, total biodiesel yang tersalurkan terkait kebijakan B30 sudah mencapai 8,08 juta kiloliter (kL) [3].

Di Indonesia, peluang penggunaan minyak sawit sebagai bahan baku biodiesel terbuka lebar, mengingat Indonesia merupakan salah satu negara terbesar penghasil CPO (*Crude Palm Oil*). Dari data Gabungan Pengusaha Kelapa Sawit Indonesia (GAPKI) pada tahun 2020 produksi minyak sawit mencapai 51,5 jt ton [4]. Selain itu, studi tentang penggunaan katalis pada pembuatan biodiesel sudah banyak dilakukan. Katalis yang umum digunakan merupakan katalis homogen, yaitu NaOH. Penggunaan katalis homogen memiliki kekurangan, karena katalis terlarut sempurna dalam gliserol dan larut sebagian dalam biodiesel sehingga dalam proses pemurnian, produk sulit dipisahkan. Sedangkan, katalis heterogen lebih mudah dalam pemisahan dan pemurnian produk biodiesel yang dapat mengurangi biaya produksi biodiesel, dapat di-*recycle* dan ramah lingkungan. Akan tetapi, penggunaan katalis heterogen kurang efektif karena memiliki aktivitas katalitik yang lebih rendah dibanding katalis NaOH. Oleh karena itu, alternatif lain dalam penggunaan katalis ini yaitu dengan mengkombinasikan antara katalis homogen NaOH dengan katalis CaO. Katalis CaO digunakan pada pembuatan biodiesel ini dikarenakan memiliki sifat basa yang tinggi, ramah lingkungan, dan memiliki kelarutan yang rendah dalam metanol [5].

Proses pembuatan biodiesel pada variasi katalis dan suhu telah dilakukan oleh beberapa peneliti sebelumnya. Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Syarifuddin Oko, dkk. (2021) yaitu tentang sintesis biodiesel dengan mereaksikan minyak kedelai dengan metanol sebanyak 12 : 1 rasio molar dari minyak dan katalis CaO-NaOH sebesar 1% (%bobot) minyak pada suhu 60°-65°C selama 3 jam. Biodiesel yang diperoleh, memiliki densitas sebesar 889 kg/m³ dan viskositas sebesar 3,5208 cSt [5]. Penelitian yang dilakukan oleh Karfika A (2019) proses pembuatan biodiesel dilakukan dengan mereaksikan 50 gram minyak sawit *off grades* yang sudah di esterifikasi dengan metanol sebanyak 6: 1 rasio molar minyak dan katalis CaO-NaOH sebanyak 6% (%bobot) minyak yang diperoleh dari cangkang telur. Biodiesel yang diperoleh memiliki densitas 858 kg/m³ dengan viskositas sebesar 4,73 mm²/s dan *yield* 79,08% [6]. Peneliti Prasetya C. E. P dan Edy S (2020) melakukan sintesis biodiesel dengan mereaksikan minyak sawit dengan variasi jumlah metanol dan katalis pada suhu 55° dan 65°C. Hasil terbaik yaitu dengan penggunaan metanol sebanyak 50% dan katalis 3% dari berat minyak, dengan densitas biodiesel yang diperoleh sebesar 838 kg/m³, viskositas 4,01 mm²/s dan *yield* sebesar 89,98% [7].

Berdasarkan uraian di atas dapat diketahui bahwa penelitian serupa belum pernah dilakukan. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mempelajari pengaruh penggunaan rasio katalis CaO-NaOH dan suhu reaksi terhadap kualitas biodiesel yaitu *yield*, densitas dan viskositas produksi biodiesel dari minyak sawit.

2. METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan menggunakan metode kuantitatif untuk memperoleh data berupa viskositas, densitas, dan nilai %*yield* dengan eksperimen skala rumah tangga di Sukun, Malang, Jawa Timur. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh suhu transesterifikasi (50°C, 60°C, dan 80°C) dan rasio katalis CaO-NaOH (1:3, 1:1, dan 3:1) dengan persentase jumlah katalis 1% (b/v) dari CaO-NaOH terhadap kualitas biodiesel yaitu densitas, viskositas dan *yield*. Biodiesel diperoleh dengan proses transesterifikasi menggunakan pelarut metanol dilakukan 2 tahapan yaitu tahap transesterifikasi, dan tahap analisa. Analisa hasil biodiesel berupa pengukuran nilai *yield* produk, uji densitas, dan viskositas.

2.1. Tahap Transesterifikasi

Pada proses pembuatan biodiesel digunakan rasio mol minyak dan metanol yaitu 1:6. Diawali dengan persiapan bahan baku dengan menimbang 100 mL minyak sawit dalam *beaker glass*, kemudian dipanaskan dengan metode *waterbath* hingga suhu 40°C. Persiapan katalis CaO-NaOH sesuai variabel (rasio katalis) dicampurkan dengan metanol dengan perbandingan 6:1 (molar metanol:molar minyak) untuk membentuk larutan metoksida. Larutan metoksida kemudian ditambahkan ke dalam minyak sawit yang sudah dipanaskan sebelumnya. Reaksi dikondisikan sesuai variabel suhu yang telah ditetapkan selama 60 menit sambil dilakukan pengadukan dengan motor pengaduk. Hasil campuran dimasukkan ke dalam corong pisah sampai terbentuk dua lapisan (biodiesel dan gliserol) dan didiamkan selama 24 jam. Lapisan biodiesel kemudian dipisahkan dari lapisan gliserol. Lapisan biodiesel kemudian ditambahkan aquades suhu 80°-100°C untuk dilakukan pencucian. Proses pencucian dilakukan hingga air hasil pencucian biodiesel berwarna jernih. Setelah itu biodiesel hasil pencucian dipanaskan pada suhu 110°C untuk menghilangkan sisa air dan metanol dalam biodiesel.

2.2. Tahap Analisa

a. Analisa % Yield

Analisa persen *yield* dilakukan dengan perhitungan perbandingan massa produk biodiesel dibagi massa reaktan (minyak sawit). %*yield* dihitung dengan persamaan (1):

$$\text{Persen Yield} = \frac{\text{Hasil Aktual}}{\text{Teoritis Yield}} \times 100 \% \quad (1)$$

Dimana hasil aktual adalah massa produk biodiesel dan teoritis *yield* adalah massa minyak sawit dan 100 adalah persen (%). Jika hasil aktual dan teoritis yang sama, hasil persen adalah 100% [8].

b. Analisa Densitas

Uji densitas dilakukan secara sederhana dengan menimbang massa biodiesel dengan volume tertentu pada suatu wadah kosong kemudian dihitung densitasnya menggunakan persamaan massa dibagi volume.

c. Analisa Viskositas

Uji viskositas dilakukan menggunakan hukum *stokes*. 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) berikut.

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

dimana nilai r merupakan jari-jari kelereng, ρ_1 merupakan densitas kelereng, ρ_2 merupakan densitas biodiesel, g merupakan percepatan gravitasi, dan v merupakan kecepatan bola (kelereng).

Tabel 1. Standar biodiesel menurut SNI 7182:2015

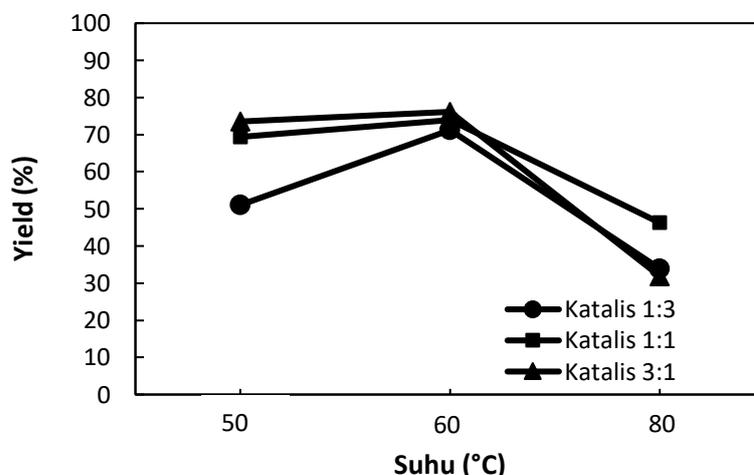
Parameter Uji	Satuan, min/maks	Persyaratan
Massa jenis pada 40 °C	Kg/m ³	850-890
Viskositas kinematik pada 40 °C	Mm ² /s (cSt)	2,3-6,0
Angka Asam	Mg-KOH/g, maks	0,5

[9]

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Pengaruh Rasio Katalis CaO-NaOH dan Suhu Reaksi terhadap *Yield* Biodiesel

Pada pembuatan biodiesel terdapat reaksi transesterifikasi menggunakan katalis yang memiliki fungsi untuk mengurangi energi aktivasi dalam reaksi sehingga pada suhu tertentu konstanta kecepatan reaksi semakin besar. Pengaruh rasio katalis CaO-NaOH dan suhu reaksi terhadap *yield* biodiesel ditunjukkan pada Gambar 1 berikut ini.



Gambar 1. Pengaruh rasio katalis CaO-NaOH dan suhu reaksi terhadap *yield* biodiesel

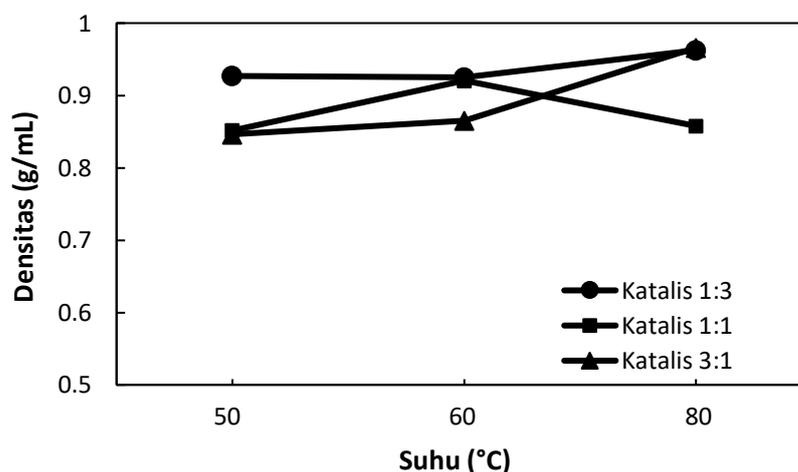
Rasio massa katalis sangat berpengaruh pada pembuatan biodiesel. Semakin banyak CaO yang diberikan maka biodiesel yang dihasilkan semakin sedikit [10]. Gambar 1 menunjukkan bahwa rasio massa CaO pada katalis CaO-NaOH yang paling optimal yaitu pada rasio massa 3:1 dengan *yield* 76,13%. Pada rasio massa 1:3 mengandung NaOH yang berlebih 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 [11]. Penambahan CaO yang berlebih dan dapat menghasilkan nilai *yield* yang sedikit hal ini disebabkan karena katalis memiliki komponen yang kurang aktif sehingga rendemen yang dihasilkan semakin menurun [8]. Hal ini tidak sesuai dengan hasil penelitian yang telah dilakukan, dikarenakan pada penelitian CaO yang berlebih justru menghasilkan *yield* yang tinggi.

Berdasarkan Gambar 1 juga dapat diketahui bahwa dengan adanya peningkatan suhu hingga 80°C, maka *yield* biodiesel yang diperoleh tergolong rendah. Hal ini dapat disebabkan karena proses transesterifikasi telah mencapai kondisi optimum pada suhu reaksi 60°C. Hal ini telah sesuai dengan penelitian yang telah dilakukan oleh Presyta Chalida E. P, dkk. (2020) dimana melakukan reaksi transesterifikasi minyak sawit dengan katalis CaO didapat suhu optimum reaksi pada 60°C [7]. Pada penelitian lain yang dilakukan oleh Luchis Rubianto, dkk. (2021) dimana pada pembuatan biodiesel pada reaksi transesterifikasi suhu reaksi yang digunakan tepat dibawah suhu didih methanol, yaitu antara 60°-64°C [12]. Semakin tinggi suhu reaksi pada proses pembuatan biodiesel maka nilai *yield* yang dihasilkan akan meningkat. Hal ini terjadi karena pada saat suhu tinggi molekul reaktan bergerak bertumbukan dan reaksi mudah terjadi sehingga membentuk ester asam lemak. Semakin tinggi suhu operasi, maka makin besar konstanta kecepatan reaksi dan semakin cepat laju reaksinya [13]. Akan tetapi jika dalam reaksi telah mencapai suhu optimum, maka dengan adanya peningkatan suhu, maka akan menurunkan nilai *yield* yang dihasilkan [7]. Dari penelitian yang telah dilakukan hasil terbaik diperoleh dengan rasio katalis 3:1 dengan suhu 60°C dengan nilai *yield* sebesar 76,13%.

3.2. Pengaruh Rasio Katalis CaO-NaOH dan Suhu Reaksi terhadap Densitas Biodiesel

Pengaruh rasio katalis CaO-NaOH dan suhu reaksi terhadap densitas biodiesel ditunjukkan pada Gambar 2 berikut ini.



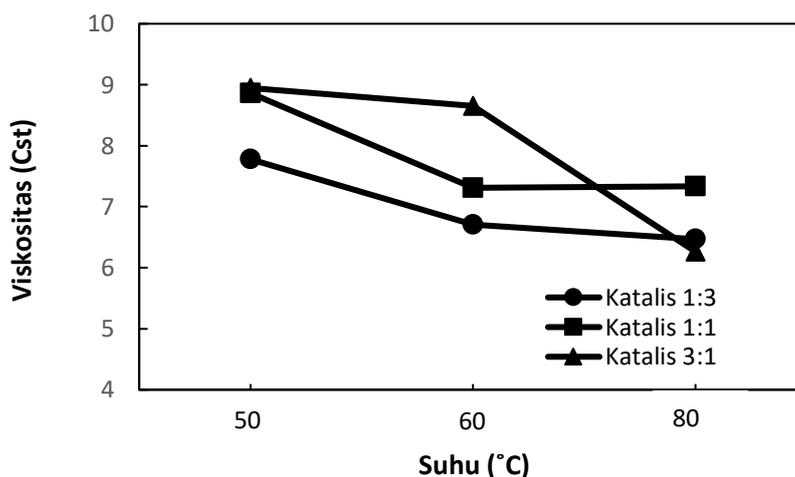
Gambar 2. Pengaruh rasio katalis CaO-NaOH dan suhu reaksi terhadap densitas biodiesel

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.

3.3. Pengaruh Rasio Katalis CaO-NaOH dan Suhu Reaksi terhadap Viskositas Biodiesel

Pengaruh rasio katalis CaO-NaOH dan suhu reaksi terhadap viskositas biodiesel ditunjukkan pada Gambar 3 berikut ini.



Gambar 3. Pengaruh rasio katalis CaO-NaOH dan suhu reaksi terhadap viskositas biodiesel

Berdasarkan Gambar 3 dapat diketahui bahwa nilai viskositas biodiesel yang diperoleh cenderung naik dengan adanya penambahan katalis CaO dan cenderung turun dengan adanya peningkatan suhu reaksi. Penggunaan katalis basa yang lebih sedikit akan menghasilkan metil ester dengan viskositas yang lebih rendah [15]. Adanya peningkatan nilai viskositas sebanding dengan peningkatan nilai densitas, dimana semakin besar nilai densitas suatu larutan, maka viskositas dari larutan tersebut akan besar (larutan kental). Dari Gambar 3 dapat diketahui bahwa rata-rata nilai viskositas dari produk biodiesel masih berkisar 6,4 s/d 8 cSt, di mana nilai ini masih jauh diatas nilai SNI yang berkisar 2,3 s/d 6 cSt. Hal ini dapat disebabkan karena biodiesel yang diperoleh masih mengandung gliserol hasil samping dari produk.

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Dalam proses pembuatan biodiesel, penggunaan kombinasi katalis CaO-NaOH dan suhu reaksi berpengaruh terhadap nilai *yield*, densitas dan viskositas biodiesel yang dihasilkan. Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, diperlukan penambahan rasio katalis CaO-NaOH yang sesuai. Jika rasio katalis NaOH yang ditambahkan terlalu banyak, maka akan mendorong reaksi saponifikasi dimana akan menurunkan *yield* biodiesel. Akan tetapi, jika rasio katalis CaO yang ditambahkan terlalu sedikit, maka nilai *yield* juga menurun dikarenakan zat tersebut kurang aktif dalam reaksi, sehingga akan berjalan lambat dan membutuhkan waktu yang lama. Selain itu, semakin tinggi suhu reaksi maka *yield* biodiesel yang dihasilkan akan meningkat, akan tetapi jika dalam reaksi sudah mencapai suhu optimum, maka dengan

peningkatan suhu akan menurunkan produk yang dihasilkan. Nilai *yield* biodiesel tertinggi diperoleh pada variabel suhu 60°C dan rasio katalis CaO-NaOH 3:1 dari berat minyak dengan nilai *yield* 76,13%, densitas 0,865 g/mL, viskositas 8,65 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] N. Widiarti dan E. Kusumastuti, "Modifikasi Katalis CaO Dengan SrO Pada Reaksi Transesterifikasi Minyak Jelantah Menjadi Biodiesel Menggunakan," *J. Mipa*, Vol. 38, No. 1, Hal. 49–56, 2015. Tersedia Pada: <http://Journal.Unnes.Ac.Id/Nju/Index.Php/Jm>.
- [2] B. T. dan B. B. R. Desain, "Tanya Jawab Biodiesel." <https://BTBRD.BPPT.go.id/Index.Php/Biodiesel-Faq> (Diakses Sep 21, 2021).
- [3] H. EBTKE, "Penetapan Alokasi Tambahan Biodiesel Untuk Tahun 2021 Dan Alokasi Biodiesel Tahun 2022," 2021. EBTKE.ESDM.go.id.
- [4] Gapki, "Refleksi Industri Sawit 2020 Dan Prospek 2021," 2020. <https://Gapki.Id/En/>.
- [5] S. M. Oko 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>.
- [6] 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. Lingkung.*, Vol. 15, No. 1, Hal. 31–37, 2020, Doi: 10.23955/Rkl.V15i1.14610.
- [7] P. C. Eka 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] Greenlane, "Konsep Kimia: Persen Yield," 2019. <https://Www.Greelane.Com/Id/Sains-Teknologi-Matematika/Ilmu/Definition-Of-Percent-Yield-605899/> (Diakses Nov 27, 2021).
- [9] Bsn, "Biodiesel Sni 7182_2015. Standar Nasional Indonesia." Hal. 65, 2015.
- [10] S. Oko, A. Kurniawan, dan J. Rahmatina, "Pengaruh Perbandingan Massa Ca Dan C Pada Katalis Naoh / CaO / C Dalam Sintesis Biodiesel Menggunakan Minyak Jelantah," *Pros. 12th Ind. Res. Work. Natl. Semin. Bandung*, Hal. 1–6, 2021.
- [11] I. Aziz, S. Nurbayti, dan B. Ulum, "Esterifikasi Asam Lemak Bebas Dari Minyak Goreng Bekas," *J. Chem. Inf. Model.*, Vol. 5, No. 1, Hal. 1689–1699, 2018. Tersedia Pada: <https://Media.Neliti.Com/Media/Publications/220686-Peningkatan-Performansi-Benih-Kacangan-D.Pdf%0ahttps://Core.Ac.Uk/Download/Pdf/268881370.Pdf%0ajourndharmakarya/Article/Viewfile/11437/5233al.Unpad.Ac.Id/%0ahttp://Jurnal.Upnyk.Ac.Id/Index.Php/Opsi/Article/View>.
- [12] 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.
- [13] A. P. Sari, "Kinetika Reaksi Esterifikasi Pada Pembuatan Biodiesel Dari Minyak Dedak Padi," *J. Tek. Kim. Undip*, Vol. 2, No. 1, Hal. 16–20, 2009.
- [14] W. Doni 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.