

# Pengaruh Suhu Transesterifikasi Pada Pembuatan Bahan Baku Produk Biodiesel dari Biji Karet Menggunakan Katalis CaO/ ZnO/ $\gamma$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>

Putri<sup>1</sup>, Ida Hasmita<sup>2</sup>, Nadia Putri Mauliza<sup>3</sup>, Zuhaini S<sup>4</sup>, Chairul Amni<sup>5</sup>

<sup>1,2,3,4</sup>Program Studi Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Serambi Mekkah, Banda Aceh, Indonesia

<sup>5</sup>Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Serambi Mekkah, Banda Aceh, Indonesia

\*Koresponden email: idahasmita@serambimekkah.ac.id

Diterima: 7 Juni 2024

Disetujui: 10 Juli 2024

## Abstract

Rubber seed is a source of vegetable oil that can be used for biodiesel production, but its use is not optimal. Although rubber seeds contain a lot of oil, it is possible to process them into biodiesel and become a renewable energy source from vegetable oil. The aim of this research is to determine the maximum yield and the effect of temperature on the transesterification process. The results of the research show that temperature variations affect the properties of the obtained biodiesel, namely the maximum yield at a temperature of 60 °C is 90%, the density value in accordance with SNI 7182:2015 at a temperature of 80 °C is 853.5 kg/m<sup>3</sup>, the viscosity value in accordance with SNI 7182:2015 at a temperature of 60 °C and 70 °C with a value of 2.83 mm<sup>2</sup>/cSt and 2.19 mm<sup>2</sup>/cSt respectively. The GC-MS analysis was carried out on the best samples with density values according to SNI 7182:2015, namely samples with a temperature of 80°C for 60 minutes and consisting of methyl ether linoleic acid with a surface area of 35.32% and oleic acid methyl ester with a surface area of 4.46%.

**Keywords:** *rubber seed oil, CaO/ZnO/ $\gamma$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> catalyst, transesterification, biodiesel*

## Abstrak

Biji karet berpotensi dijadikan minyak nabati yang dapat diolah menjadi biodiesel, namun pemanfaatannya belum maksimal. Padahal biji karet banyak mengandung minyak sehingga memungkinkannya disuling menjadi biodiesel dari minyak nabati. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui tingkat rendemen maksimum dan mengetahui pengaruh suhu terhadap proses transesterifikasi. Data penelitian ini diperoleh dengan memvariasikan suhu. Variasi suhu yang digunakan adalah 60°C, 70°C dan 80°C. Hasil penelitian menunjukkan bahwa variasi suhu mempengaruhi sifat-sifat biodiesel yang diperoleh yaitu rendemen maksimum pada suhu 60°C senilai 90%, nilai densitasnya sesuai dengan SNI 7182:2015 terdapat pada suhu 80 °C senilai 853,5 kg/m<sup>3</sup>, nilai viskositas memenuhi SNI 7182:2015 terdapat pada suhu 60°C dan 70°C senilai 2,83 mm<sup>2</sup>/cSt dan 2,19 mm<sup>2</sup>/cSt. Analisis GC-MS dilakukan terhadap sampel terbaik dengan nilai densitas sesuai SNI 7182:2015 yaitu sampel yang menggunakan suhu 80°C selama 60 menit yang terdiri dari asam linoleat metil eter dengan luas permukaan 35,32 %. dan metil ester asam oleat dengan luas 4,46 %.

**Kata Kunci:** *minyak biji karet, katalis CaO/ZnO/ $\gamma$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, transesterifikasi, biodiesel*

## 1. Pendahuluan

Kebutuhan Indonesia akan bahan baku terus meningkat sesuai dengan pertumbuhan jumlah penduduk dan industri yang semakin bertambah pula sehingga harus dipersiapkan dengan mencari sumber energi alternatif. Namun cadangan bahan bakarnya sedikit, biaya penelitian mahal dan dampak permasalahan lingkungan juga tinggi. Oleh karena itu, perlu dikembangkan teknologi biofuel generasi kedua yang berasal dari tumbuhan seperti tanaman karet [1]. Pemanfaatan benih karet khususnya di Indonesia masih belum dapat diolah menjadi produk yang dapat meningkatkan perekonomian seperti biodiesel. Struktur biji karet terdiri dari kulit keras berwarna coklat kisaran 40-50%, bijinya yang berwarna putih kekuningan berkisar 50-60% dan kandungannya berupa minyak sebesar 45,63%, abu 2,71%, air 3,71%, protein 22,17%, dan karbohidrat 24,21%, sehingga protein biji karet digunakan sebagai sumber minyak. Kandungan air yang tinggi pada biji karet menghidrolisis trigliserida menjadi asam lemak [2].

Biodiesel merupakan bahan bakar alternatif yang ramah lingkungan yang dapat digunakan sebagai BBM dan tidak membahayakan untuk kesehatan sehingga dapat menurunkan emisi dibandingkan minyak solar. Penggunaan biodiesel dapat mengurangi konsumsi solar. Reaksi transesterifikasi adalah cara pembuatan biodiesel dari minyak biji karet dimana reaksi pertukaran gugus alkil antar trigliserida. Gugus

alkil dapat berubah posisinya di dalam molekul trigliserida atau antar molekul trigliserida sehingga memerlukan gugus metil ester [3].

Biodiesel biasanya diproduksi melalui kimiawi yang disebut transesterifikasi atau reaksi esterifikasi, yaitu reaksi senyawa ester dan alkohol dengan bantuan katalis. Biodiesel terbuat dari minyak nabati yang berasal dari sumber daya alam terbarukan antara lain kedelai, minyak sawit, tebu, alpukat, bunga matahari, biji karet dan tanaman lainnya. Selain minyak nabati, lemak hewani, lemak hasil pembakaran atau lemak daur ulang juga bisa dijadikan bahan baku biodiesel. Semua bahan baku tersebut mengandung trigliserida, asam lemak bebas (FAA) dan zat aditif. Secara kimia, biodiesel memiliki panjang rantai karbon 12-20 dan tergolong dalam kelompok monoalkil ester atau metil ester. Hal ini membedakannya dengan minyak solar (diesel) yang komponen utamanya adalah hidrokarbon [4].

Menurut [5], biodiesel mempunyai beberapa kelebihan yaitu pertama, angka cetannya tinggi (>50) dimana tingginya angka cetan dapat mempercepat pembakarannya dan semakin baik efisiensi termodinamikanya. Kedua, tingginya titik nyala, dimana suhu rendah dapat menyebabkan uap biodiesel yang menyala sehingga biodiesel lebih aman dari bahaya kebakaran daripada solar jika disimpan dan didistribusikan. Ketiga, tidak terkandung benzena dan sulfur yang bersifat karsinogenik dan dapat terurai secara alami. Keempat, memaksimalkan pelumasan mesin agar memperlama umur mesin. Kelima, mudah dicampur dengan solar biasa, yang komposisinya berbeda dan tidak membutuhkan modifikasi mesin. Keenam, mengurangi asap hitam knalpot mesin diesel secara signifikan, meskipun penambahan biodiesel pada solar hanya 1-5%.

Minyak nabati mempunyai potensi besar sebagai sumber biodiesel karena bersifat terbarukan, salah satunya berupa biji karet. Perkebunan karet mudah ditemukan karena hampir di seluruh wilayah Indonesia memiliki tanaman karet. Namun pemanfaatan tanaman karet belum optimal. Komponen utama dalam pengolahan karet yaitu lateks dan batangnya saja. Biji karet mempunyai nilai ekonomi yang kecil karena hanya dimanfaatkan sebagai benih karet saja dan tidak dapat dijadikan bahan pangan [6]. Dengan demikian, fokus penelitian ini adalah mengembangkan biodiesel dari bahan baku yang berasal dari limbah perkebunan yang berbeda. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan bioetanol sebagai sumber energi alternatif, tidak menggunakan makanan manusia, dan mengoptimalkan pemanfaatan limbah pertanian dalam produksi biodiesel yang fokus pada limbah biji karet. Pada penelitian ini peneliti melakukan proses produksi biodiesel dari biji karet yang dicampur dengan katalis  $\text{CaO/ZnO/Y-AL}_2\text{O}_3$  langsung dari benih karet hingga proses produksi biodiesel dengan tujuan untuk mengoptimalkan hasil proses produksi biodiesel biji karet.

## 2. Metode Penelitian

### 2.1 Alat dan Bahan

Bahan yang digunakan adalah biji karet, aquadest, asam sulfat 85%,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{CaO}$ , methanol,  $\text{NaOH}$ , n-Hexane,  $\text{ZnO}$ ,  $\text{CH}_3\text{COOH}$ . Sedangkan alat yang digunakan adalah gelas beaker, labu leher tiga, magnetic stirrer, erlemeyer, timbangan analitik, blender, alat destilasi, buret, corong pisah, pH meter, pH indicator, incubator, screening, ball mill, hot plate, furnace dan piknometer.

### 2.2 Prosedur Penelitian

#### 2.2.1 Preparasi Sampel

Benih karet tersebut diambil dari perkebunan masyarakat di Kabupaten Nagan Raya, Provinsi Aceh. Bibit karet melalui beberapa tahapan persiapan, yaitu tahap pertama benih karet terpilih yang masih sehat dan rapuh dipisahkan dari cabang dan pelengkapannya, lalu dikupas dari kulitnya yang nantinya akan dilakukan proses pengeringan menggunakan oven selama  $\pm 5$  jam hingga diperoleh massa konstan. Langkah selanjutnya adalah menghancurkan biji karet yang sudah kering menggunakan blender dan akan dilakukan pengayakan ukuran partikel 80 mesh. Benih karet yang telah disaring disimpan dalam desikator untuk menjaga kadar air. Benih karet diekstraksi menggunakan metode soxhlet pada suhu  $60^\circ\text{C}$  sampai  $70^\circ\text{C}$  dengan penambahan pelarut n-heksana.

#### 2.2.2 Degumming

Penghilangan getah, atau proses pemisahan lateks yang tersusun dari fosfatida, protein, karbohidrat dan resin, tanpa mengurangi jumlah asam lemak bebas pada biji karet. Langkah-langkah dehidrasinya adalah dengan menimbang minyak biji karet dan memanaskannya pada suhu  $80^\circ\text{C}$  sambil diaduk dengan pengaduk magnet. Kemudian tambahkan asam fosfat 0,3% berat minyak biji karet. Minyak kemudian dimasukkan ke dalam corong pisah untuk memisahkan minyak dan pengotor yang mengendap. Setelah itu minyak disaring dengan kertas saring.

### 2.2.3 Preparasi Katalis

Tahapan pembuatan katalis diawali dengan melarutkan ± 4250 gram CaO dalam 50 ml aquades dan diaduk selama 30 menit. Kemudian tambahkan CH<sub>3</sub>COOH sesuai stoikiometri dan aduk larutan selama 5 menit hingga menjadi jernih. Tambahkan 10 gram pendukung katalis  $\gamma$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> sambil terus diaduk selama 3 jam. Kemudian Larutkan ± 4250 gram ZnO dalam 50 ml air suling dan aduk selama 30 menit. Impregnasi larutan ZnO dalam campuran memerlukan pengadukan selama 3 jam. Panaskan larutan pada suhu 80°C selama kurang lebih 1,5 jam hingga menjadi pasta. Larutan yang sudah menjadi pasta kemudian dimasukkan ke dalam oven bersuhu 110°C selama 12-14 jam. Katalis kemudian digiling dan diayak melalui saringan 27 mesh dan katalis dikalsinasi pada suhu 650°C selama 45 jam. Katalis yang telah dikalsinasi didinginkan sampai suhu kamar dan kemudian dimasukkan ke dalam desikator. Selanjutnya dilakukan uji sifat katalis termasuk analisis XRD untuk menguji efisiensi katalitik katalis.

### 2.2.4 Sintesis Biodiesel

Proses sintesis biodiesel biji karet dilakukan dengan cara transesterifikasi. Langkah pertama adalah minyak biji karet sebanyak 100 g dimasukkan ke wadah labu leher tiga dan dipanaskan suhu 70 °C. Setelah pemanasan, masukkan methanol yang telah dicampurkan dengan katalis CaO/ZnO/ $\gamma$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (3% dengan berat minyak) dengan perbandingan molar 1:5 dan di refluks sesuai dengan variabel yang telah di tentukan. Selanjutnya filtrat reaksi transesterifikasi kemudian dimasukkan ke dalam corong pisah dan didiamkan selama satu hari. Dalam campuran tersebut terbentuk tiga fasa yaitu fasa atas dan tengah adalah metil ester dan gliserol, fase bawah adalah katalis.

### 2.3 Analisa Parameter Uji

Analisa parameter uji yang dilakukan adalah kadar air pada minyak biji karet, kadar FFA, rendemen, massa jenis dan viskositas.

## 3. Hasil dan Pembahasan

### 3.1 Uji Kadar Air dan Asam Lemak Bebas (FFA) Minyak Biji Karet

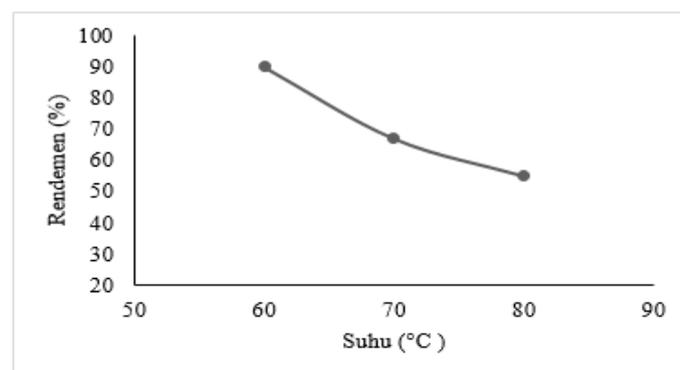
Minyak biji karet di peroleh menggunakan metode shokletasi dengan pelarut heksana yang telah melalui proses deguming dengan asam sulfat sebanyak 0,3% dari berat minyak. Kemudian dilakukan uji karakteristik berupa kadar air da FFA minyak biji karet dapat dilihat pada **Tabel 1**

**Tabel 1.** Data Uji Kadar Air dan Asam Lemak Bebas (FFA) Minyak Biji Karet

| Sampel    | Kadar Air (%) | FFA (%)   |
|-----------|---------------|-----------|
|           | Hasil Uji     | Hasil Uji |
| B1        | 0.016         | 7.80      |
| B2        | 0.016         | 7.99      |
| B3        | 0.004         | 8.50      |
| Rata-rata | 0.012         | 7.96      |

### 3.2 Rendemen Biodiesel

Proses transesterifikasi pada percobaan ini memberikan tiga nilai rendemen yang diperoleh dari perubahan suhu sesuai variabel. Ketiga perubahan suhu yang digunakan pada proses transesterifikasi menghasilkan tingkat rendemen yang berbeda yang dapat ditunjukkan pada **Gambar 1**.



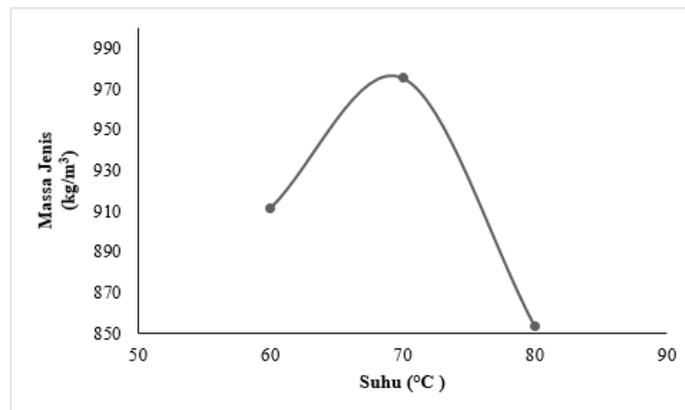
**Gambar 1.** Pengaruh suhu transesterifikasi terhadap rendemen biodiesel

**Gambar 1** menunjukkan suhu transesterifikasi mengalami penurunan rendemen yang dihasilkan, dimana suhu 60°C, 70°C dan 80°C terdapat nilai rendemen biodiesel yaitu 90%, 67% dan

55%. Penurunan rendemen ini tidak sesuai dengan teori, dimana semakin tinggi suhu dalam proses transesterifikasi akan meningkatkan jumlah tumbukan dalam produksi biodiesel sehingga meningkatkan rendemen biodiesel [7]. Penyimpangan ini diduga karena trigliserida yang terbentuk selama esterifikasi minyak biji karet masih mengandung air. Proses esterifikasi minyak biji karet menghasilkan trigliserida dan air yang dapat bereaksi dengan katalis yang digunakan pada proses transesterifikasi sehingga dapat mempengaruhi jumlah katalis [8]. Rendemen biodiesel juga dapat dipengaruhi oleh perbandingan molar trigliserida terhadap alkohol, jenis alkohol yang digunakan, jenis katalis yang digunakan, kadar air, kadar asam lemak bebas, kadar sabun dan waktu reaksi [9].

### 3.3 Massa Jenis Biodiesel

Analisa massa jenis ini dilakukan dengan alat piknometer dan merujuk pada SNI 7182:2015. Berdasarkan hasil uji massa jenis biodiesel pada percobaan ini dengan variasi suhu transesterifikasi sesuai dengan variabel yang telah ditentukan menunjukkan nilai yang berbeda. Nilai hasil pengujian massa jenis dilihat pada **Gambar 2**.

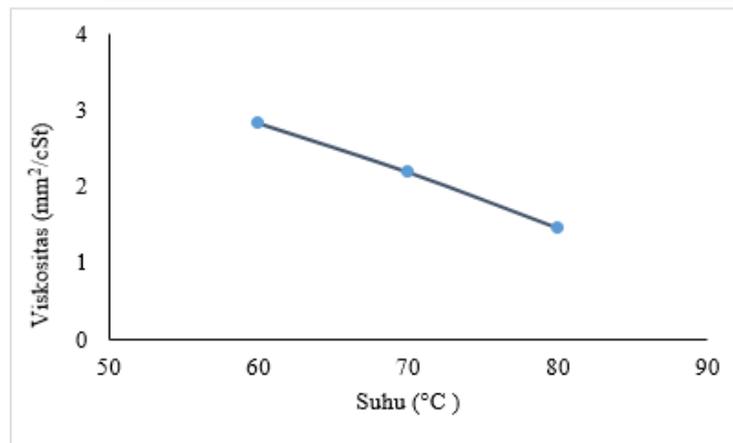


**Gambar 2.** Pengaruh suhu transesterifikasi terhadap massa jenis biodiesel

**Gambar 2** menunjukkan densitas biodiesel biji karet memiliki nilai yang berbeda setiap suhu yang digunakan, dimana suhu 60°C, 70°C dan 80°C terdapat nilai massa jenis biodiesel yaitu 911,5 kg/m<sup>3</sup>, 975,5 kg/m<sup>3</sup> dan 853,5 kg/m<sup>3</sup>. Pada suhu 70°C, densitasnya meningkat karena kemungkinan masih terdapat gliserol pada biodiesel biji karet. Jika densitas gliserol tinggi yaitu 1,26 g/ml maka dapat mempengaruhi densitas biodiesel biji karet itu sendiri [10]. Proses pemisahan biodiesel dari gliserol yang tidak sempurna dapat dilakukan secara manual dengan menggunakan corong pemisah [11]. Namun massa jenis terjadi penurunan pada suhu 80°C akibat suhu pemanasan yang terlalu tinggi, sehingga beberapa komponen biodiesel banyak yang menguap sehingga juga mempengaruhi nilai densitas biodiesel [12]. Perlakuan pada suhu 60°C dan 70°C kualitasnya kurang baik karena tidak memenuhi standar biodiesel SNI 7182:2015. Namun jika diolah pada suhu 80°C sudah sesuai dengan nilai standar biodiesel (850 -890 kg/m<sup>3</sup>) pada suhu 40°C.

### 3.4 Viskositas Biodiesel

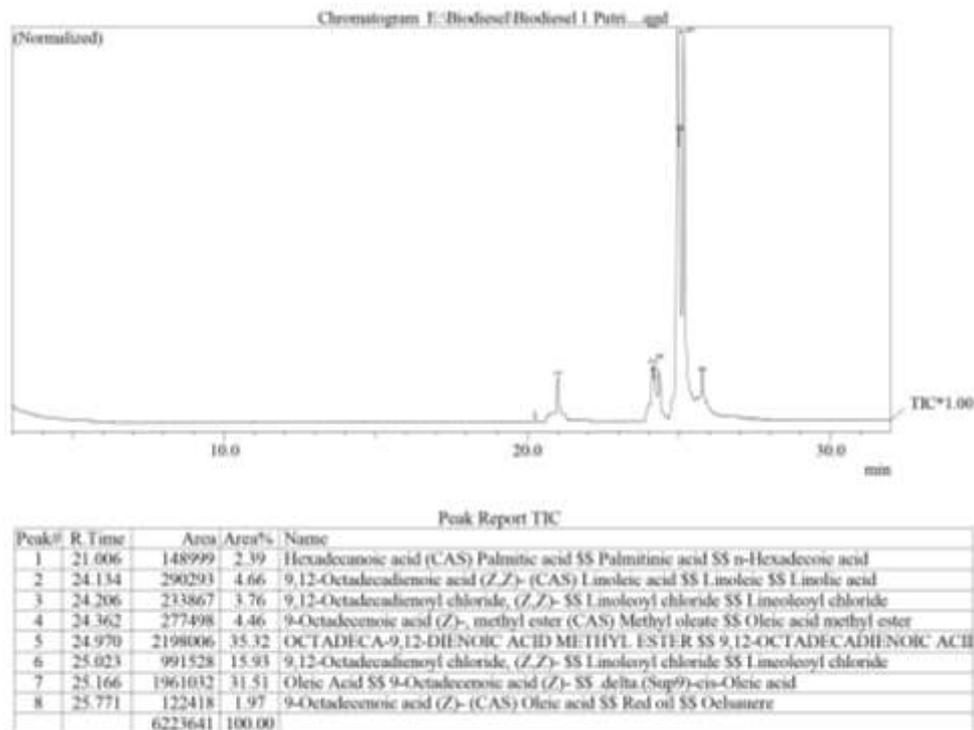
Nilai viskositas biodiesel dari minyak biji karet yang dilakukan pada percobaan ini dapat dilihat pada **Gambar 3**. Gambar ini menunjukkan penggunaan suhu dari 60°C hingga 80°C terjadi penurunan nilai viskositas yang dihasilkan yaitu 2,83 cSt, 2,19 cSt dan 1,46 cSt. Tingginya suhu pemanasan akan semakin rendah nilai viskositas yang dihasilkan, sehingga biodiesel lebih mudah keluar dari dalam alat viskosimetri ostwald. Nilai viskositas biodiesel juga dipengaruhi oleh banyaknya nilai komponen biodiesel yang menguap sehingga nilai viskositas bervariasi [13]. Hasil dari uji nilai viskositas menunjukkan nilai viskositas pada suhu 60°C dan 70°C sesuai dengan standar SNI 7182:2015 yaitu 2,3 – 6,0 cSt. Sedangkan untuk suhu 80°C tidak memenuhi standar SNI 7182:2015 atau memiliki nilai viskositas yang rendah dibawah standar SNI.



Gambar 3. Pengaruh suhu transesterifikasi terhadap massa jenis biodiesel

### 3.5 Analisa GC-MS Biodiesel (Gas Chromatography – Mass Spectrometry)

Komponen-komponen penyusun biodiesel dapat diketahui dengan analisa GCMS pada sampel terbaik dengan nilai massa jenis yang memenuhi standar SNI7182:2015



Gambar 4. Hasil Uji GC-MS Biodiesel Sampel 80°C

Gambar 4 menunjukkan bahwa metil ester asam linoleat dengan luas 35,32% dan metil ester asam oleat dengan luas 4,46% merupakan komponen biodiesel yang terdapat pada analisa ini, dimana sesuai dengan komponen bahan baku terdiri dari asam linoleat dan asam oleat. Dalam percobaan ini, tidak semua asam lemak dalam minyak biji karet diubah menjadi metil ester. Banyaknya komponen biodiesel yang menguap karena proses transesterifikasi tidak dilakukan secara maksimal akibat peralatan pengujian proses produksi biodiesel. Selain itu, suhu tinggi juga dapat mencegah komponen biodiesel hancur atau mudah menguap. Selain itu, tingginya kandungan asam lemak bebas pada minyak biji karet juga dapat menghambat proses transesterifikasi [14].

Menurut [15] proses transesterifikasi minyak nabati dengan konsentrasi asam lemak bebas yang cukup tinggi mencegah reaksi pembentukan biodiesel. Sebagai hasil dari reaksi penghambatan, dihasilkan metanol, yang seharusnya bereaksi dengan trigliserida, yang dihambat oleh reaksi saponifikasi. Reaksi pemblokiran juga mempersulit pemisahan biodiesel dari gliserol, sehingga mengakibatkan pembentukan sabun, yang juga mengurangi hasil. Sulitnya memisahkan produk ini juga dapat menurunkan kualitas biodiesel yang dihasilkan.

#### 4. Kesimpulan

Kesimpulannya yaitu minyak biji karet dapat di konversi menjadi biodiesel dengan bantuan katalis  $\text{CaO/ZnO}/\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$ , hasil dari biodiesel yang diperoleh belum mampu memenuhi SNI7182:2015 dikarenakan nilai massa jenis dan viskositas ada yang masih belum memenuhi SNI. Variabel suhu berpengaruh dalam hasil transesterifikasi biodiesel, antara lain berdampak pada karakteristik biodiesel yang diperoleh adalah nilai rendemen tertinggi didapatkan pada perlakuan suhu  $60^\circ\text{C}$ . Untuk pengujian massa jenis yang sesuai dengan SNI7182:2015 terdapat pada perlakuan  $80^\circ\text{C}$ . Untuk pengujian viskositas yang sesuai dengan SNI7182:2015 terdapat pada perlakuan  $60^\circ\text{C}$  dan  $70^\circ\text{C}$ .

#### 5. Referensi

- [1] Pardi, Pardi, Ida Hasmita, and Vera Viena. "Pembuatan biodiesel berbahan baku biji karet (*havea brasiliensis*) menggunakan katalis KOH melalui proses transesterifikasi." *Karya Ilmiah Fakultas Teknik (KIFT)* 1.1 (2021): 30-35.
- [2] Abdul, H dan Edwin, M, "Pembuatan Minyak Biji Karet Dengan Menggunakan Metode Screw Pressing: Analisis Produk Perhitungan Rendemen, Penentuan Kadar Air Minyak, Analisa Angka Asam dan Analisa Angka Penyabunan," *Metana*, vol. 13, pp. 13-22, 2017.
- [3] Budiman, A., "Biodiesel Bahan Baku, Proses, dan Teknologi," *Skripsi*, Yogyakarta : UGM Press.
- [4] Devita, Liza. "Biodiesel sebagai bioenergi alternatif dan prospektif." *Agrica Ekstensia* 9.2 (2015): 23-26.
- [5] Yudhistira, F. H., Wibowo, A. A., "Green Diesel : Bahan Bakar Cair Terbaru Pengganti Biodiesel," *Jurnal Teknologi Separasi*, vol. 8, pp. 979-987, 2022.
- [6] Setyawardhani, D. A., Alkautsar, H. S dan Fadhillah, U. R., "Pengolahan Biji Karet Sebagai Bahan Baku Pembuatan Minyak Pangan," *Ekulibrium*, vol. 1, pp. 23-26, 2013.
- [7] Prihanto, Antonius, Pramudono, B. dan Santosa, H., "Peningkatan Yield Biodiesel dari Minyak Biji Nyamplung melalui Transesterifikasi Dua Tahap," *Jurnal Momentum.*, vol. 19, pp. 46–53, 2013.
- [8] Ulya, N dan Siswani, E. D., "Sintesis Biodiesel Dari Minyak Biji Karet (*Havea brasiliensis*) Pada Variasi Suhu Transesterifikasi dan Rasio (Metanol/Minyak) Pada Waktu 60 Menit," *Jurnal Kimia Dasar*, vol. 6, pp. 120-126, 2017.
- [9] Wahyuni, S., Ramli dan Mahrizal., "Pengaruh suhu Proses dan Lama Pengendapan Terhadap Kualitas Biodiesel Dari Minyak Jelantah," *Pillar Of Physics.*, vol. 6, pp. 33-40, 2015.
- [10] Putra, R. P., Wibawa, Gria, A., Pantjawarni dan Mahfud., "Pembuatan Biodiesel Secara Batch dengan Memanfaatkan Gelombang Mikro," *Jurnal Teknik ITS*, vol. 1, pp. 34-37, 2012.
- [11] Kurniasih, E., R dan Supardan, M. D., "Teknologi Proses Produksi Biodiesel," Prosiding Seminar Nasional Teknologi Industri Berkelanjutan IV, pp. 1-9, 2024.
- [12] Monsah, T., Saisa, Sartika, Z dan Muhammad, "Pembuatan Biodiesel dari biji Kapuk Randu (*Ceiba Pentandra L*) dengan Menggunakan Katalis  $\text{CaO/Al}_2\text{O}_3$ ," *Jurnal Teksagro*, vol. 1, pp. 47-57, 2020.
- [13] Supardi, K. I., Wahyuni, S dan Alauhdin., "Sintesis Biodiesel Dari Minyak Limbah Biji Karet Sebagai Sumber Energi Alternatif," *Jurnal Manusia dan Lingkungan*, vol. 18, pp. 19-28, 2011.
- [14] Sinaga, S. V., Haryanto, A dan Triyono, S., "Pengaruh Suhu dan Waktu Reaksi Pada Pembuatan Biodiesel Dari Minyak Jelantah," *Jurnal Teknik Pertanian Lampung*, vol. 3, pp. 27-34, 2014.
- [15] Adhani, L., Aziz, I., Nurbayti, S., Oktaviana, C. O., "Pembuatan Biodiesel Dengan Cara Adsorpsi dan Transesterifikasi Dari Minyak Goreng Bebas," *Jurnal Kimia Valensi.*, vol. 2, pp. 71-80, 2016.