

Pengaruh Perbandingan Massa Ca dan C pada Katalis NaOH/CaO/C dalam Sintesis Biodiesel Menggunakan Minyak Jelantah

Syarifuddin Oko¹, Andri Kurniawan², Julia Rahmatina³

^{1,2,3}Jurusan Teknik Kimia, Politeknik Negeri Samarinda, Samarinda 75131
E-mail : syarifuddinoko@polnes.ac.id

ABSTRAK

Biodiesel adalah bahan bakar diesel alternatif yang dihasilkan dari sumber terbarukan seperti nabati dan lemak hewan. Biodiesel dapat diproduksi dari minyak nabati salah satunya adalah minyak jelantah. Minyak jelantah memiliki potensi untuk dikembangkan menjadi bahan bakar biodiesel karena memiliki senyawa trigliserida disamping asam lemak bebas. Tujuan penelitian ini untuk menentukan pengaruh variasi rasio massa Ca/C dan variasi jumlah katalis terhadap kadar air, bilangan asam, viskositas, densitas, dan rendemen pada biodiesel. Sintesis biodiesel diawali dengan pembuatan katalis NaOH/CaO/C. CaO dibuat dari cangkang telur ayam yang dikalsinasi pada suhu 900°C selama 3 jam, kemudian CaO didukung menggunakan C dengan variasi perbandingan rasio massa Ca/C 3:1, 2:1, 1:1, 1:2, 1:3 dan diimpregnasi menggunakan NaOH. Setelah itu dikalsinasi kembali pada suhu 800°C selama 3 jam. Sintesis biodiesel dilakukan dengan proses esterifikasi, kemudian dilanjutkan dengan proses transesterifikasi menggunakan katalis NaOH/CaO/C dengan variasi jumlah katalis 1%, 2%, 3%, 4% (w/w) pada suhu 60°C selama 3 jam. Diperoleh rendemen tertinggi pada perbandingan rasio massa CaO/C 1:1 dengan katalis 3% (w/w) sebesar 83,45%(w/w), viskositas kinematik 2,3 cSt, densitas 0,8612 g/ml, kadar air 0,0273%(w/w), dan bilangan asam 0,2516 mgNaOH/g sesuai standar biodiesel SNI 7182:2015.

Kata Kunci

Biodiesel, impregnasi, katalis NaOH/CaO/C, minyak jelantah, transesterifikasi

1. PENDAHULUAN

Semakin berkembangnya kehidupan manusia di dunia, semakin terbatas juga sumber energi untuk kehidupan manusia. Salah satu sumber energi bagi kehidupan manusia yaitu sumber energi yang berasal dari fosil berupa bahan bakar. Untuk memenuhi kebutuhan sumber energi tersebut, maka perlu adanya cara alternatif yaitu dengan menggunakan biodiesel. Biodiesel adalah sebuah bahan bakar diesel alternatif yang dihasilkan dari sumber terbarukan (*renewable resources*) seperti nabati dan lemak hewan [1]. Sebagai bahan bakar mesin diesel, biodiesel memiliki bilangan setana yang tinggi, memiliki sifat pelumasan yang baik [2, 3] serta ramah lingkungan. Biodiesel dapat diproduksi dari minyak nabati salah satunya adalah minyak jelantah.

Minyak jelantah merupakan minyak yang berasal dari limbah domestik maupun limbah industri makanan. Minyak jelantah masih belum dimanfaatkan secara optimal dan apabila dibuang ke lingkungan akan menyebabkan terjadinya pencemaran lingkungan. Oleh karena itu, minyak jelantah dapat dimanfaatkan kembali menjadi produk yang bermanfaat salah satunya biodiesel. Minyak goreng bekas merupakan salah satu bahan baku yang memiliki peluang untuk pembuatan biodiesel, karena minyak ini masih mengandung trigliserida, di samping asam lemak bebas [4]. Minyak jelantah memiliki potensi yang cukup besar untuk dikembangkan menjadi bahan bakar biodiesel karena

memiliki asam lemak yang tinggi [5]. Asam lemak dari minyak lemak nabati jika direaksikan dengan alkohol menghasilkan ester yang merupakan senyawa utama pembuatan biodiesel dan produk sampingan berupa gliserin yang juga bernilai ekonomis cukup tinggi. Gliserin ini dimanfaatkan untuk pembuatan sabun [6, 7].

Pembuatan biodiesel umumnya dilakukan dengan menggunakan katalis basa homogen seperti NaOH dan KOH karena memiliki kemampuan katalisator yang lebih tinggi dibandingkan dengan katalis lainnya. Akan tetapi, katalis homogen memiliki banyak kekurangan yaitu dapat bereaksi dengan asam lemak bebas (ALB) dan akan membentuk sabun sehingga mempersulit pemurnian, menurunkan yield biodiesel serta memperbanyak konsumsi katalis dalam reaksi metanolisis [8, 9]. Serta, penggunaan katalis ini memiliki kelemahan yaitu sulit dipisahkan dari campuran reaksi sehingga tidak dapat digunakan kembali dan akan menjadi limbah yang dapat mencemarkan lingkungan. Untuk mengatasi hal ini, pembuatan biodiesel dapat dilakukan dengan menggunakan katalis basa heterogen seperti CaO [10]. Salah satu kekurangan dalam penggunaan CaO sebagai katalis heterogen adalah memiliki luas permukaan yang rendah sehingga penggunaan karbon aktif sebagai support membantu memperluas luas permukaan katalis serta mengimpregnasi katalis menggunakan NaOH dapat bertujuan untuk meningkatkan aktivitas katalis [11].

Beberapa penelitian tentang sintesis biodiesel dengan katalis heterogen hasil dari kombinasi antara CaO dan C antara lain dilakukan oleh [12] yaitu Katalis berbasis Na, Ca yang didukung karbon aktif untuk sintesis biodiesel dari minyak kacang kedelai, penelitian tersebut memvariasikan jenis katalis yang digunakan. Untuk hasil biodiesel yang optimal dengan yield 91% pada kondisi rasio CaO/C 1:1 dengan jumlah katalis NaOH/CaO/C 7,5% dan rasio massa metanol:minyak 0,5:1 pada suhu reaksi 60°C selama 3 jam. Sedangkan penelitian yang dilakukan oleh [13] yaitu Sintesis katalis heterogen NaOH/CaO/C dari kulit telur untuk produksi biodiesel menggunakan minyak sawit non grade, penelitian tersebut memvariasikan rasio massa CaO/C dan suhu kalsinasi dalam pembuatan katalis. Untuk hasil katalis yang optimal pada kondisi rasio massa CaO/C 7:3 dengan jumlah katalis 6% pada suhu kalsinasi 800°C dan rasio mol metanol:minyak 6:1 dengan suhu reaksi 70°C selama 3 jam diperoleh yield 79,08%.

Maka pada penelitian ini akan dilakukan pengembangan dengan memvariasikan pengaruh perbandingan massa Ca dan C pada katalis NaOH/CaO/C dan menentukan pengaruh jumlah katalis NaOH/CaO/C terhadap rendemen, densitas, viskositas kinematik, kadar air dan bilangan asam biodiesel berdasarkan standar biodiesel SNI 7182:2015

2. METODOLOGI PENELITIAN

2.1 Alat dan Bahan

Bahan- bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah Cangkang telur dan Minyak jelantah diperoleh dari warung nasi goreng disekitar jl. Bung Tomo, akuades, padatan NaOH p.a (Merck), alkohol/eter (1:1; v/v), karbon aktif teknis (Merck), alkohol netral, indikator fenolftalin (PP), asam sulfat (H₂SO₄) 98% (Merck), metanol p.a (Full Time), KOH/alkoholis, HCl 0,5 N. Peralatan yang digunakan adalah gelas kimia, corong kaca, pipet ukur, pipet volume, oven, furnace, desikator, neraca analitik, hot plate, magnetic stirrer, buret, cawan krusibel, desikator, blender, pompa vakum, corong buchner, ayakan -200 + 325 mesh, labu ukur, erlenmeyer, 1 set alat refluks.

2.2 Prosedur Penelitian

2.2.1 Pembuatan Katalis NaOH/CaO/C

Cangkang telur dibersihkan dengan air dan di oven pada suhu 105°C selama 24 jam. Kemudian dihancurkan dengan menggunakan blender hingga menjadi bubuk dan di screening dengan ayakan berukuran -200+325 mesh. Selanjutnya dikalsinasi menggunakan furnace pada suhu 900°C selama 3 jam sehingga terbentuk padatan CaO. Ditimbang sebanyak 6,15 g CaO dan 4,40 g karbon aktif (rasio massa Ca : C adalah 1 : 1), kemudian campuran tersebut dimasukkan secara perlahan-lahan ke dalam larutan NaOH 30% (4,50 g NaOH dilarutkan ke dalam 50 ml akuades) sambil diaduk dengan magnetic stirrer dan ditambahkan

akuades secara perlahan-lahan sebanyak 50 ml selama 1 jam. Produk hasil impregnasi selanjutnya dikeringkan pada suhu 105°C selama 24 jam dan dikalsinasi menggunakan furnace pada suhu 800°C selama 3 jam. Katalis NaOH/CaO/C yang diperoleh disimpan didesikator untuk menjaga kondisi katalis tetap kering.

Tabel 1. Jumlah Ca dan C yang Digunakan dalam Perbandingan Rasio Massa CaO/C

No.	Rasio Massa	Ca (g)	Karbon Aktif (g)	NaOH (g)
1.	3:1	18,45	04,40	4,50
2.	2:1	12,30	04,40	4,50
3.	1:1	06,15	04,40	4,50
4.	1:2	06,15	08,81	4,50
5.	1:3	06,15	13,22	4,50

2.2.2 Sintesis Biodiesel dari Minyak Jelantah

2.2.2.1 Penentuan Kadar Asam Lemak Bebas

Ditimbang sebanyak 5 g sampel minyak jelantah ke dalam Erlenmeyer 250 mL kemudian ditambahkan 50 ml etanol 95% netral dan 3 tetes indikator PP. larutan tersebut dititrasi dengan 0,1 N NaOH yang telah distandarisasi sebelumnya hingga berubah warna merah muda.

$$\%FFA: \frac{V \text{ NaOH} \times N \text{ NaOH} \times BM \text{ ALB}}{\text{Massa Sampel} \times 1000} \times 100\%$$

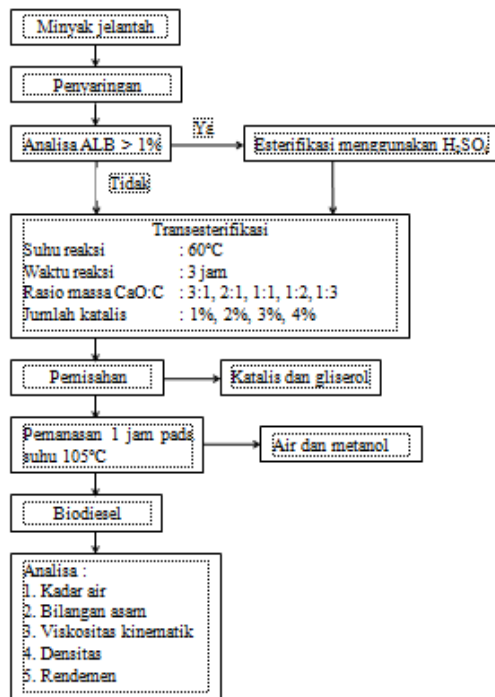
2.2.2.2 Reaksi Esterifikasi Pada Minyak Jelantah

Sebanyak 100 g minyak jelantah dimasukkan ke dalam labu leher tiga dan ditambahkan 52 g metanol serta 1 g H₂SO₄. Kemudian direfluks selama 1 jam pada suhu 60°C. Produk hasil esterifikasi dimasukkan ke dalam corong pisah dan didiamkan selama 1 jam, selanjutnya lapisan bawah diambil untuk proses transesterifikasi.

2.2.2.3 Sintesis Biodiesel

Ditimbang katalis NaOH/CaO/C sebanyak 3% (perbandingan Ca/C 1:1) dari berat relatif terhadap minyak jelantah dan dimasukkan ke dalam labu leher tiga. Kemudian ditambahkan metanol dengan perbandingan rasio massa 0,5 : 1. Selanjutnya campuran tersebut di refluks pada suhu 60°C sambil diaduk menggunakan magnetic stirrer selama 3 jam. Campuran didinginkan dan didiamkan selama 24 jam sehingga terbentuk 3 lapisan, dimana lapisan atas mengandung crude biodiesel, lapisan tengah gliserol dan lapisan bawah adalah katalis. Lapisan atas selanjutnya disaring menggunakan pompa vakum dan kertas saring whatman 42. Hasil penyaringan dicuci menggunakan akuades 80°C hingga pH pencucian sama dengan pH akuades. Biodiesel yang diperoleh dipanaskan pada suhu 105°C

selama 1 jam. Dilakukan pengulangan dengan variasi perbandingan Ca/C (3:1, 2:1, 1:2, 1:3) dan variasi katalis 1%, 2% , 4%.



Gambar 1. Diagram Alir Sintesis Biodiesel

3. PEMBAHASAN

3.1 Karakterisasi Minyak Jelantah

Minyak jelantah sebagai bahan yang digunakan dalam proses sintesis biodiesel, sebelum digunakan dalam sintesis biodiesel terlebih dahulu dilakukan analisa densitas, viskositas kinematik, bilangan penyabunan, bilangan asam, asam lemak bebas (%FFA) dan berat molekul. Adapun karakterisasi dari minyak jelantah ditampilkan pada tabel 1 di bawah ini :

Tabel 2. Karakterisasi Minyak Jelantah

No	Bahan	Densitas (g/ml)	Viskositas Kinematik (cSt)	Bilangan Penyabunan (mgKOH/g)	Bilangan Asam (mgKOH/g r)	Berat Molekul (g/mol)	Asam Lemak Bebas (%FFA)
1	Minyak Jelantah	0,90	18,90	192,18	10,15	924,59	21,80

Berdasarkan hasil analisa dari minyak jelantah yang digunakan dalam pembuatan biodiesel seperti yang ditunjukkan pada tabel 2, untuk analisa viskositas kinematik sebesar 18,90 cSt menunjukkan bahwa tingkat kekentalan dari minyak jelantah belum memenuhi syarat standar biodiesel SNI 7182:2015 antara 2,3 – 6 cSt hal ini disebabkan oleh masih tingginya kandungan asam lemak bebas dan trigliserida sehingga waktu yang dibutuhkan oleh cairan minyak

untuk melalui pipa kapiler pada viscometer otswald menjadi lebih lama. Hasil analisa asam lemak bebas minyak jelantah yang diperoleh sebesar 21,80% sehingga perlu dilakukan reaksi esterifikasi terlebih dahulu untuk menurunkan kadar asam lemak bebas yang terkandung dalam minyak tersebut. Tingginya kandungan asam lemak bebas pada minyak jelantah disebabkan karena terjadinya hidrolisis pada trigliserida akibat dari proses pemanasan secara berulang-ulang. Asam lemak bebas sangat berpengaruh pada pembuatan biodiesel karena minyak yang mengandung asam lemak bebas (FFA) lebih dari 2% akan membentuk sabun yang dapat menyulitkan saat pemisahan biodiesel [14]. Sedangkan densitas minyak jelantah diperoleh sebesar 0,90 g/ml, tingginya densitas disebabkan karena keberadaan trigliserida yang belum terkonversi menjadi metil ester [15]. Sedangkan berat molekul minyak jelantah diperoleh hasil analisa bilangan penyabunan (saponification value) dan bilangan asam (acid value) dengan rumus berat molekul (BM) = $56,1 \times 1000 \times 3 / (SV - AV)$, sehingga diperoleh berat molekul minyak jelantah sebesar 924,59 g/mol [14].

3.2 Sintesis Biodiesel

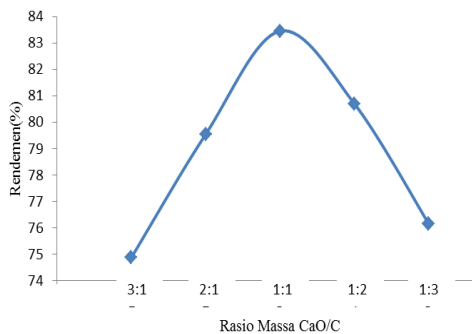
Sebelum dilakukan sintesis biodiesel, minyak jelantah terlebih dahulu dilakukan esterifikasi selama 2 jam menggunakan katalis H₂SO₄, tujuan dari esterifikasi ini adalah untuk menurunkan asam lemak bebas pada minyak jelantah dengan cara mereaksikan antara asam lemak bebas dan metanol sehingga diperoleh metil ester (biodiesel) . Semakin kecil asam lemak bebas, maka sabun yang terbentuk semakin sedikit dan hasil metil ester yang diperoleh semakin besar (Kartika and Widyaningsih, 2012). Selanjutnya dilakukan pembuatan biodiesel dari minyak jelantah dengan menggunakan katalis heterogen yang berasal dari cangkang telur ayam yang diberi support karbon aktif (C) dan diimpregnasi dengan menggunakan NaOH 30% (NaOH/CaO/C). Penggunaan C sebagai support membantu meningkatkan luas permukaan CaO, serta mengimpregnasi katalis menggunakan NaOH dengan tujuan untuk meningkatkan aktivitas katalis [11]. Dalam pembuatan biodiesel proses transesterifikasi dilakukan secara konvensional. Tahap awal dalam pembuatan biodiesel adalah menganalisa densitas, viskositas kinematik, asam lemak bebas dan berat molekul dari minyak jelantah. Minyak jelantah merupakan bahan baku yang digunakan dalam pembuatan biodiesel.

Reaksi transesterifikasi berlangsung selama 3 jam pada suhu 60°C, dengan menambahkan katalis CaO yang diberi C sebagai support dan diimpregnasi menggunakan NaOH 30%. Hasil reaksi transesterifikasi diperoleh 3 lapisan yaitu lapisan bawah berupa katalis, lapisan tengah berupa gliserol dan lapisan atas berupa biodiesel. Lapisan atas dipisahkan karena mengandung crude biodiesel yang kemudian dicuci menggunakan aquades hangat (suhu 80°C). Proses pencucian dilakukan hingga pH lapisan pencucian sama dengan pH aquades yang digunakan sebagai air pencuci. Tujuan dari pencucian tersebut adalah untuk menghilangkan

katalis, gliserol dan metanol yang masih terkandung di dalam biodiesel. Biodiesel yang telah dicuci kemudian dipanaskan pada suhu 105°C selama 1 jam untuk menghilangkan sisa air pencucian dan metanol pada biodiesel.

3.3 Pengaruh Variasi Rasio Massa Ca/C pada Katalis NaOH/CaO/C Terhadap Rendemen Biodiesel.

Rasio massa katalis sangat berpengaruh dalam pembuatan biodiesel. Semakin berlebih Ca maupun C yang diberikan maka biodiesel yang dihasilkan semakin sedikit. Pengaruh variasi rasio massa CaO/C pada katalis NaOH/CaO/C dapat dilihat pada Gambar 1.

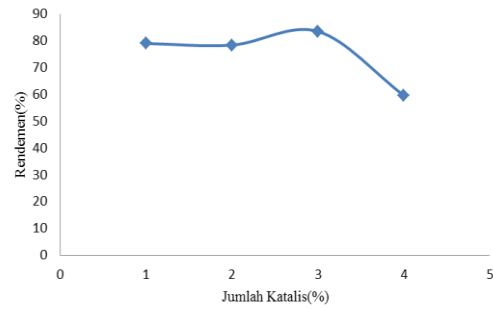


Gambar 2. Grafik Pengaruh Rasio Massa Ca/C pada Katalis NaOH/CaO/C Terhadap Rendemen

Gambar 1 menunjukkan bahwa rasio massa Ca/C pada katalis NaOH/CaO/C yang paling optimal yaitu pada rasio massa 1:1 dengan rendemen 83,45%(w/w). Pada rasio massa 3:1, dan 2:1 mengandung CaO yang berlebih. Sehingga pada rasio massa 2:1 dan 3:1 terjadi penurunan rendemen hal ini disebabkan karena aktivitas katalis menjadi rendah dan menghasilkan rendemen yang semakin menurun. Sedangkan pada rasio massa 1:2, 1:3 mengandung C yang berlebih dan menyebabkan rasio massa 1:2 dan 1:3 menghasilkan rendemen yang sedikit hal ini disebabkan karena katalis memiliki komponen yang kurang aktif sehingga rendemen yang dihasilkan semakin menurun. [11]

3.4 Pengaruh Variasi Jumlah Katalis NaOH/CaO/C Terhadap Rendemen Biodiesel.

Katalis berfungsi untuk meningkatkan laju reaksi. Semakin banyak jumlah katalis yang ditambahkan akan meningkatkan laju reaksi. Meningkatnya laju reaksi transesterifikasi pada waktu tertentu akan meningkatkan jumlah minyak goreng bekas yang terkonversi menjadi biodiesel [16]. Pengaruh variasi jumlah katalis NaOH/CaO/C 1%, 2%, 3%, dan 4% (w/w) dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 3. Grafik Pengaruh Variasi Jumlah Katalis NaOH/CaO/C Terhadap Rendemen

Gambar 2 menunjukkan bahwa rendemen yang paling optimal yaitu pada jumlah katalis NaOH/CaO/C 3%(w/w) dengan rendemen 83,45%(w/w). Penurunan rendemen terjadi pada jumlah katalis 2%(w/w) hal ini disebabkan karena penambahan jumlah katalis yang masih kurang atau belum optimal sehingga jumlah katalis tidak cukup untuk bereaksi dengan metanol untuk membentuk metoksida, makanya rendemen maksimum biodiesel tidak dapat tercapai [17]. Penurunan rendemen juga terjadi pada jumlah katalis NaOH/CaO/C 4%(w/w) hal ini disebabkan karena penambahan konsentrasi katalis yang berlebihan, mendorong reaksi terbentuknya sabun [16]. Terbentuknya sabun dikarenakan adanya reaksi berlebih dari katalis dan trigliserida sehingga membentuk sabun [18].

3.5 Karakteristik Biodiesel dari Minyak Jelantah

Tabel 3. Analisa Biodiesel dengan Variasi Rasio Massa CaO/C pada Katalis NaOH/CaO/C

No	Bahan	Rasio massa	Jumlah katalis (%w/w)	Rendemen (%w/w)	Densitas (g/ml)	Viskositas Kinematik (cSt)	Kadar air (%w/w)	Bilangan Asam (mgNaOH/g)
1	Biodiesel	3:1	3	74,87	0,85	2,1	0,0254	0,25
2		2:1	3	79,54	0,86	2,1	0,0198	0,16
3		1:1	3	83,45	0,86	2,3	0,0273	0,25
4		1:2	3	80,70	0,88	5,2	0,0122	0,16
5		1:3	3	76,15	0,86	2,0	0,0171	0,16
SNI7182:2015					0,85-0,89	2,3-6,0	Max 0,05	Max 0,5

Tabel 4. Analisa Biodiesel dengan Variasi Jumlah Katalis (rasio massa 1:1)

No	Bahan	Rasio massa	Jumlah katalis (%w/w)	Rendemen (%w/w)	Densitas (g/ml)	Viskositas Kinematik (cSt)	Kadar air (%w/w)	Bilangan Asam (mgNaOH/g)
1	Biodiesel	1:1	1	789,447	0,8874	7,1	0,0128	0,1685
2		1:1	2	783,649	0,8642	2,3	0,0214	0,2920
3		1:1	3	834,512	0,8612	2,3	0,0273	0,2516
4		1:1	4	595,526	0,8769	4,0	0,0105	0,4208
SNI7182:2015					0,85-0,89	2,3-6,0	Max 0,05	Max 0,5

Berdasarkan Tabel 2 dan Tabel 3 diketahui bahwa viskositas kinematik biodiesel diperoleh 4 data yang belum memenuhi spesifikasi SNI 7182:2015 yaitu untuk variasi rasio massa CaO:C 3:1 dengan viskositas 2,1 cSt, 2:1 dengan viskositas 2,1 cSt, 1:3 dengan viskositas

2 cSt dan jumlah katalis NaOH/CaO/C 1%(w/w) dengan viskositas 7,1 cSt. Viskositas yang rendah atau terlalu tinggi disebabkan belum tercapainya kondisi optimal pengkonversian minyak goreng bekas menjadi biodiesel [19, 20]. Belum tercapainya kondisi yang optimal dikarenakan suhu yang terlalu tinggi sehingga metanol menguap terlebih dahulu sebelum terjadinya proses biodiesel yang sempurna [7]. Viskositas yang terlalu rendah dapat menyebabkan kebocoran pada pompa injeksi bahan bakar [5] sedangkan viskositas yang tinggi akan menyebabkan kerugian gesekan di dalam pipa, kerja pompa akan berat, penyaringannya sulit dan kemungkinan kotoran ikut terendap besar, serta sulit mengabutkan bahan bakar [21].

Parameter untuk densitas dalam SNI 7182:2015 yaitu 850-890 kg/m³ dan densitas biodiesel yang tertera pada Tabel 3 dan Tabel 4 telah memenuhi spesifikasi SNI. Parameter kadar air yang tertera pada Tabel 3 dan Tabel 4 telah memenuhi spesifikasi SNI yaitu maksimal 0,05%(w/w). Kadar air dalam biodiesel merupakan salah satu mutu penentu kualitas biodiesel. Semakin kecil kadar air, maka semakin rendah kadar asam bebas yang terdapat pada biodiesel [22](Efendi et al., 2018). Parameter bilangan asam juga telah memenuhi spesifikasi SNI yaitu maksimal 0,5 mgKOH/g. Bilangan asam menunjukkan banyaknya asam lemak bebas yang terkandung dalam biodiesel [19]. Bilangan asam yang tinggi dapat menyebabkan korosi pada tangka bahan bakar mesin diesel [22].

4. KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian ini dapat disimpulkan bahwa semakin berlebih kandungan CaO/C pada variasi rasio massa Ca/C terhadap katalis NaOH/CaO/C, maka terjadi penurunan rendemen biodiesel yang dihasilkan dan variasi rasio massa Ca/C terbaik pada rasio 1:1 dan jumlah katalis 3%(w/w) dengan rendemen 83,45%(w/w), viskositas kinematik 2,3 cSt, densitas 0,8612 g/ml, kadar air 0,0273%(w/w), dan bilangan asam 0,2516 mgNaOH/g sesuai standar biodiesel SNI 7182:2015.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada P3M POLNES atas dukungannya dalam bentuk hibah penelitian sehingga penelitian ini dapat diselesaikan meskipun terkendala adanya pandemi COVID-19.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] N. Suleman And M. Papatungan, "Esterifikasi Dan Transesterifikasi Stearin Sawit Untuk Pembuatan Biodiesel," *Jurnal Teknik*, Vol. 17, Pp. 66-77, 2019.
- [2] M. Haryono, S. Solihudin, E. Ernawati, And S. Pramana, "Limbah Cair Industri Minyak Goreng Sawit Sebagai Bahan Baku Pembuatan Biodiesel," *Educhemia (Jurnal Kimia Dan Pendidikan)*, Vol. 4, Pp. 36-48, 2019.
- [3] A. Murugesan, C. Umarani, R. Subramanian, And N. Nedunchezian, "Bio-Diesel As An Alternative Fuel For Diesel Engines—A Review," *Renewable And Sustainable Energy Reviews*, Vol. 13, Pp. 653-662, 2009.
- [4] F. I. Darmawan, "Proses Produksi Biodiesel Dari Minyak Jelantah Dengan Metode Pencucian Dry-Wash Sistem," *Jurnal Teknik Mesin*, Vol. 2, 2013.
- [5] S. P. Utami, "Pemanfaatan Minyak Jelantah Menjadi Biodiesel Dengan Katalis Zno Presipitan Zinc Karbonat: Pengaruh Waktu Reaksi Dan Jumlah Katalis," Riau University, 2016.
- [6] S. Arita, A. S. A. Adipati, And D. P. Sari, "Pembuatan Katalis Heterogen Dari Cangkang Kerang Darah (Anadara Granosa) Dan Diaplikasikan Pada Reaksi Transesterifikasi Dari Crude Palm Oil," *Jurnal Teknik Kimia*, Vol. 20, 2014.
- [7] S. Wahyuni, "Pengaruh Suhu Proses Dan Lama Pengendapan Terhadap Kualitas Biodiesel Dari Minyak Jelantah," *Pillar Of Physics*, Vol. 6, 2015.
- [8] S. Oko, I. Syahrir, And M. Irwan, "The Utilization Of Cao Catalyst Impregnated With Koh In Biodiesel Production From Waste Cooking Oil."
- [9] P. Padil, S. Wahyuningsih, And A. Awaluddin, "Pembuatan Biodiesel Dari Minyak Kelapa Melalui Reaksi Metanolisis Menggunakan Katalis Caco₃ Yang Dipijarkan," *Jurnal Natur Indonesia*, Vol. 13, Pp. 27-32, 2010.
- [10] S. Oko And I. Syahrir, "Sintesis Biodiesel Dari Minyak Sawit Menggunakan Katalis Cao Superbasa Dari Pemanfaatan Limbah Cangkang Telur Ayam," *Jurnal Teknologi*, Vol. 10, Pp. 113-122, 2018.
- [11] H. Hadiyanto, A. H. Afianti, U. I. Navi'a, N. P. Adetya, W. Widayat, And H. Sutanto, "The Development Of Heterogeneous Catalyst C/Cao/Naoh From Waste Of Green Mussel Shell (Perna Varidis) For Biodiesel Synthesis," *Journal Of Environmental Chemical Engineering*, Vol. 5, Pp. 4559-4563, 2017.
- [12] D. N. Faria, D. F. Cipriano, M. A. Schettino Jr, Á. C. Neto, A. G. Cunha, And J. C. Freitas, "Na, Ca-Based Catalysts Supported On Activated Carbon For Synthesis Of Biodiesel From Soybean Oil," *Materials Chemistry And Physics*, Vol. 249, P. 123173, 2020.
- [13] K. A. Hawa, Z. Helwani, And A. Amri, "Synthesis Of Heterogeneous Catalysts Naoh/Cao/C From Eggshells For Biodiesel Production Using Off-Grade Palm Oil," *Jurnal Rekayasa Kimia & Lingkungan*, Vol. 15, Pp. 31-37, 2020.
- [14] M.-C. Hsiao, J.-Y. Kuo, P.-H. Hsieh, And S.-S. Hou, "Improving Biodiesel Conversions From Blends Of High-And Low-Acid-Value Waste Cooking Oils Using Sodium Methoxide As A Catalyst Based On A High Speed Homogenizer," *Energies*, Vol. 11, P. 2298, 2018.
- [15] D. Kartika And S. Widyaningsih, "Konsentrasi Katalis Dan Suhu Optimum Pada Reaksi Esterifikasi Menggunakan Katalis Zeolit Alam Aktif (Zah) Dalam Pembuatan Biodiesel Dari Minyak Jelantah," *Jurnal Natur Indonesia*, Vol. 14, Pp. 219-226, 2012.

- [16] A. Prihanto And T. B. Irawan, "Pengaruh Temperatur, Konsentrasi Katalis Dan Rasio Molar Metanol-Minyak Terhadap Yield Biodiesel Dari Minyak Goreng Bekas Melalui Proses Netralisasi-Transesterifikasi," *Metana*, Vol. 13, Pp. 30-36, 2018.
- [17] V. C. Wendi, "Pengaruh Suhu Reaksi Dan Jumlah Katalis Pada Pembuatan Biodiesel Dari Limbah Lemak Sapi Dengan Menggunakan Katalis Heterogen Cao Dari Kulit Telur Ayam," *Jurnal Teknik Kimia Usu*, Vol. 4, 2015.
- [18] M. Faizal, U. Maftuchah, And W. A. Auriyani, "Pengaruh Kadar Metanol, Jumlah Katalis, Dan Waktu Reaksi Pada Pembuatan Biodiesel Dari Lemak Sapi Melalui Proses Transesterifikasi," *Jurnal Teknik Kimia*, Vol. 19, 2013.
- [19] W. Andalia And I. Pratiwi, "Kinerja Katalis Naoh Dan Koh Ditinjau Dari Kualitas Produk Biodiesel Yang Dihasilkan Dari Minyak Goreng Bekas," *Jurnal Tekno Global*, Vol. 7, 2019.
- [20] H. Haryono, S. F. Sirin Fairus, Y. S. Yavita Sari, And I. R. Ika Rakhmawati, "Pengolahan Minyak Goreng Kelapa Sawit Bekas Menjadi Biodiesel Studi Kasus: Minyak Goreng Bekas Dari Kfc Dago Bandung," *Pengolahan Minyak Goreng Kelapa Sawit Bekas Menjadi Biodiesel Studi Kasus: Minyak Goreng Bekas Dari Kfc Dago Bandung*, 2010.
- [21] R. Moeksin, M. Z. Shofahaudy, And D. P. Warsito, "Pengaruh Rasio Metanol Dan Tegangan Arus Elektrolisis Terhadap Yield Biodiesel Dari Minyak Jelantah," *Jurnal Teknik Kimia*, Vol. 23, Pp. 39-47, 2017.
- [22] R. Efendi, H. A. N. Faiz, And E. R. Firdaus, "Pembuatan Biodiesel Minyak Jelantah Menggunakan Metode Esterifikasitransesterifikasi Berdasarkan Jumlah Pemakaian Minyak Jelantah," In *Prosiding Industrial Research Workshop And National Seminar*, 2018, Pp. 402-409.