

Pengaruh konsentrasi katalis natrium hidroksida pada pembuatan biodiesel dengan memanfaatkan ampas tebu sebagai adsorben

The effect of sodium hydroxide catalyst concentration on making biodiesel using sugarcane bagasse as an adsorbent

Mochammad R. Aprilian*, Fiska Y. Purwaningtyas

Universitas Muhammadiyah Gresik, Gresik – Indonesia

*Email: renaldiaprilian967@gmail.com

Artikel histori:

Submitted 14 Januari 2025

Revised 06 Februari 2025

Accepted 07 Februari 2025

ABSTRAK: Kemajuan teknologi mengakibatkan peningkatan konsumsi energi. Sedangkan energi yang banyak digunakan berasal dari sumber energi fosil. Biodiesel merupakan salah satu bahan bakar diesel alternatif yang berasal dari sumber daya alam yang dapat diperbarui. Minyak goreng bekas merupakan salah satu bahan dasar potensial yang dapat dikonversi menjadi biodiesel. Fokus penelitian ini adalah untuk menentukan bagaimana variabel konsentrasi katalis mempengaruhi proses produksi biodiesel dari minyak kelapa RBD bekas dengan reaksi transesterifikasi. Sebelum dilakukan transesterifikasi, terlebih dahulu minyak kelapa RBD bekas dilakukan proses adsorpsi dengan karbon aktif dari ampas tebu. Setelah dilakukan adsorpsi nilai asam lemak bebas pada minyak kelapa RBD bekas turun dari 1,801657485 % menjadi 0,071874207 %. Setelah itu dilakukan proses transesterifikasi pada suhu 60 °C dengan kecepatan pengadukan 300 rpm selama 60 menit menggunakan pelarut etanol dan variasi katalis NaOH 0,5 ; 1 ; 1,5 ; 2 dan 2,5 %. Hasil *yield* biodiesel yang didapatkan pada konsentrasi katalis 0,5 % sebesar 87,86 %, konsentrasi katalis 1 % sebesar 89,67 %, konsentrasi katalis 1,5 % sebesar 87,11 %, konsentrasi katalis 2 % sebesar 86,09 %, dan konsentrasi katalis 2,5 % sebesar 83,75 %. Kondisi optimum transesterifikasi didapatkan pada variasi konsentrasi katalis 1 % dengan *yield* 89,67 % nilai massa jenis 854,24 kg/m³, viskositas 2,215600482 cSt, dan angka asam 0,41627988 mg-KOH/gr.

Kata kunci: biodiesel; ampas tebu; transesterifikasi; etanol

ABSTRACT: Technological advances have resulted in increased energy consumption. Meanwhile, widely used energy comes from non-renewable energy sources. Biodiesel is one of the alternative diesel fuels derived from renewable natural resources. Used cooking oil is one of the potential basic ingredients that can be converted into biodiesel. The focus of this study is to find out how the catalyst concentration variable affects the process of making biodiesel from used RBD coconut oil by transesterification reaction. Before transesterification, used RBD coconut oil is first adsorbed with activated carbon from bagasse. After adsorption, the value of free fatty acids in used RBD coconut oil decreased from 1,801657485 % to 0,071874207 %. After that, the transesterification process was carried out at a temperature of 60 °C with a stirring speed of 300 rpm for 60 minutes using ethanol solvent and a NaOH catalyst variation 0,5 ; 1 ; 1,5 ; 2 and 2,5 %. The yield of biodiesel obtained at a catalyst concentration 0,5 % was 87,86 %, a catalyst concentration 1 % was 89,67 %, a catalyst concentration 1,5 % was 87,11 %, a catalyst concentration 2 % was 86,09 %, and a catalyst concentration 2,5 % was 83,75 %. The optimal condition of transesterification was obtained at a variation in catalyst concentration of 1 % with a yield 89,67 %, density value 854,24 kg/m³, viscosity 2,215600482 cSt, and an acid number of 0,41627988 mg-KOH/gr.

Keywords: biodiesel; sugarcane bagasse; transesterification; ethanol

1. PENDAHULUAN

Jumlah energi yang digunakan meningkat seiring dengan kemajuan teknologi. Keseimbangan bumi terganggu oleh penggunaan energi yang tidak terkontrol. Dewasa ini, minyak bumi adalah sumber energi utama yang banyak digunakan. Seiring berjalannya waktu, persediaannya semakin menipis. Maka dari itu salah satu cara untuk mengatasinya adalah dengan menciptakan sumber energi terbarukan seperti biodiesel.

Biodiesel merupakan bahan bakar diesel alternatif yang diproduksi dari minyak nabati dan lemak hewani (Vasudevan dan Briggs, 2008). Biodiesel banyak dibuat dari bahan-bahan yang ada di alam, seperti tumbuhan dan biji-bijian. Proses pembuatan biodiesel yang menggunakan reaksi transesterifikasi minyak kelapa sawit pada suhu 60 °C sudah digunakan dalam industri (Rastini, dkk., 2022). Karena membutuhkan lahan yang luas dan biaya yang lebih mahal, penggunaan bahan baku yang langsung berasal dari alam masih kurang efektif. Minyak kelapa merupakan alternatif bahan baku yang cukup potensial. Minyak kelapa mengandung asam kaproat (0,187 %), asam oktanoat (1,12 %), asam siklopropanapentanoat (0,54 %), asam laurat (32,73 %), asam miristat (28,55 %), asam palmitat (17, 16 %), asam oleat (14,09 %), dan asam stearat (5,68 %) (Karouw, dkk., 2013). Kelapa adalah tumbuhan yang mempunyai unit gliserol dan beberapa asam lemak per molekul minyak kelapa dan berpotensi menghasilkan *Coco methyl ester* yang bisa digunakan sebagai bahan baku pembuatan biodiesel (Elma, dkk., 2018). Minyak goreng bekas merupakan salah satu bahan baku yang memiliki peluang untuk pembuatan biodiesel, karena minyak ini masih mengandung trigliserida, dan asam lemak bebas (Darmawan, dkk., 2013). Minyak goreng bekas atau minyak jelantah tidak hanya tersedia dan murah, tetapi pengolahan mereka dapat mengurangi pencemaran lingkungan. Pengolahan minyak jelantah menjadi biodiesel merupakan salah satu alternatif yang perlu dikaji dalam pemanfaatan minyak jelantah (Rizqi, dkk., 2017).

Minyak jelantah dapat dikonversi menjadi biodiesel melalui reaksi esterifikasi dan transesterifikasi yang membutuhkan katalis untuk mempercepat laju reaksi (Mulana, 2011). Dua jenis katalis, homogen dan heterogen, dapat digunakan untuk membuat biodiesel. Katalis basa padat heterogen digunakan selama proses transesterifikasi untuk mengurangi pengotor dan meningkatkan efisiensi proses. Katalis sintesis juga tersedia, tetapi harganya yang mahal sehingga tidak efektif dalam produksi skala besar.

Metanol, etanol, propanol, butanol, amil alkohol, atau metanol superkritis merupakan beberapa alkohol yang dapat digunakan untuk proses transesterifikasi (Yin, dkk., 2008).

Keuntungan dari penggunaan metanol superkritis adalah tanpa memerlukan katalis, sehingga proses purifikasi tidak perlu dilakukan, namun prosesnya diperlukan suhu dan tekanan yang tinggi. Metanol merupakan alkohol yang biasa digunakan pada proses pembuatan biodiesel, namun metanol berasal dari bahan bakar fosil, sedangkan etanol dapat diperoleh dari fermentasi gula sehingga ketersediaannya yang melimpah merupakan kelebihan. Penggunaan

Kadar FFA (*Free Fatty Acid*) yang tinggi dalam minyak jelantah merupakan hambatan untuk penggunaan minyak jelantah sebagai bahan baku pembuatan biodiesel. Jika FFA dalam bahan baku bereaksi dengan katalis basa yang digunakan dalam proses transesterifikasi, mereka dapat menyebabkan reaksi penyabunan. Proses adsorpsi adalah metode alternatif untuk mengurangi kadar FFA.

Penelitian ini akan memanfaatkan bahan alam sebagai adsorben, yaitu ampas tebu. Selain ampas tebu mudah diperoleh dan dapat menekan biaya produksi, pemanfaatan ampas tebu sebagai adsorben juga dapat mengurangi pencemaran limbah pada lingkungan. Beberapa peneliti telah melakukan penelitian upaya pemurnian minyak jelantah menggunakan adsorben yang terbuat dari bahan alami yang berasal dari produk samping dan limbah pertanian, seperti arang aktif dari sabut kelapa (Yustinah dan Hartini, 2011), ampas pati aren dan bentonit (Rahayu dan Purnavita, 2014), dan arang aktif dari kulit salak (Mangallo, dkk., 2014).

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk meningkatkan nilai guna ampas tebu dan mengurangi limbah ampas tebu. Selain itu, dengan menggunakan minyak jelantah dari minyak kelapa RBD sebagai bahan baku, diharapkan juga sebagai solusi untuk pengolahan limbah minyak jelantah. Fokus penelitian ini adalah mengamati bagaimana variabel konsentrasi katalis natrium hidroksida mempengaruhi proses pembuatan biodiesel dari minyak kelapa RBD bekas dengan reaksi transesterifikasi.

2. METODOLOGI PENELITIAN

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah ampas tebu yang sudah dikeringkan untuk membuat karbon aktif yang diaktivasi dengan larutan H_3PO_4 20 % dan juga minyak kelapa RBD bekas. Minyak kelapa RBD bekas digunakan sebanyak 500 gr, ampas tebu yang sudah dikarbonisasi diayak dengan ayakan berukuran 80 mesh, pelarut etanol dibuat dengan perbandingan minyak kelapa RBD bekas yang telah dimurnikan sebesar 6:1 atau sebanyak 43 gr dengan minyak kelapa RBD yang telah dimurnikan sebesar 100 gr, dan katalis NaOH dengan variasi (0,5 ; 1 ; 1,5 ; 2 ; 2,5) % (b/b) Etanol.

Adapun alat-alat yang digunakan adalah sebagai berikut gelas beker 50 ml dan 500 ml, gelas

ukur 25 ml dan 100 ml, erlenmeyer 250 ml, labu leher tiga 500 ml, labu distilasi, pendingin balik, batang pengaduk, buret, statif, klem, botol timbang, oven, oven, *furnace*, desikator, *magnetic stirrer*, kertas saring, pipet tetes, pipet volume 10 ml, pipet ukur 5 ml, termometer, dan corong kaca. Untuk rangkaian alat penelitian terdiri dari 2 bagian yaitu rangkaian alat transesterifikasi dan rangkaian alat pemisah larutan.

2.1. Pembuatan karbon aktif

Ampas tebu dikeringkan didalam oven untuk menghilangkan kadar airnya. Kemudian dikarbonisasi selama 90 menit didalam *furnace* pada suhu 400 °C. Setelah itu arang ampas tebu dihaluskan dan disaring dengan ayakan 100 *mesh*. Kemudian dilakukan aktivasi fisika dengan cara di *furnace* pada suhu 600 °C selama 30 menit. Setelah itu arang ampas tebu diaktivasi kimia dengan merendamnya dalam larutan H₃PO₄ 20 % selama 24 jam. Karbon aktif dicuci dengan *yield* hingga pH netral, selanjutnya karbon aktif dikeringkan selama 1 jam di dalam oven pada suhu 110 °C, dan kemudian didinginkan di dalam desikator selama 20 menit.

2.2. Proses adsorpsi minyak kelapa RBD (*refined bleached deorized*)

Proses adsorpsi dilakukan dengan menambahkan adsorben dan dicampurkan ke dalam minyak kemudian diaduk dan disaring (Fitriani, 2018). Sampel minyak kelapa RBD bekas terlebih dahulu dilakukan analisa asam lemak bebasnya. Setelah itu, partikel padat pada sampel minyak kelapa RBD bekas disaring, kemudian sebanyak 500 gr minyak dipanaskan dan dihomogenkan dengan 50 gr karbon aktif dengan suhu 100-105 °C dengan pengadukan 300 rpm selama 90 menit. Setelah itu minyak disaring, dan filtratnya ditampung, kemudian dilakukan pengujian asam lemak bebas.

2.3. Proses transesterifikasi

Transesterifikasi dikatalisis oleh asam atau basa, sedangkan esterifikasi bagaimanapun hanya dikatalisis oleh asam (Abdoulmoumine, 2010). Transesterifikasi dilakukan dengan mencampur etanol dan minyak kelapa RBD bekas dengan perbandingan molar minyak dan etanol 1:6 (Felizardo, dkk., 2005), katalis NaOH ditambahkan dengan variasi (0,5 ; 1 ; 1,5 ; 2 ; 2,5) % sambil diaduk 300 rpm dengan waktu reaksi 60 menit pada suhu 60 °C. Setelah itu, campuran dipisahkan untuk menghasilkan pembentukan dua lapisan yang berbeda, bagian atas adalah biodiesel dan bagian bawah gliserol. Biodiesel yang telah dibuat kemudian dicuci dengan aquadest hangat 3-4 kali untuk menghilangkan sisa katalis dan gliserol.

Setelah itu, dipanaskan pada suhu 105-110 °C sampai tidak ada gelembung yang muncul, kemudian dilakukan pengujian karakteristik bilangan asam, massa jenis, *yield*, dan viskositasnya.

2.4. Uji asam lemak bebas

Uji asam lemak bebas pada minyak kelapa dilakukan dengan menimbang sampel 10 gr sampai 50 gr ke dalam erlenmeyer, kemudian dilarutkan dengan 50 ml etanol hangat dan ditambahkan 5 tetes larutan *phenolphthalein* sebagai indikator. Larutan tersebut dititrasi dengan kalium hidroksida atau sodium hidroksida 0,1 N sampai terbentuk warna merah muda (bertahan selama 30 detik). Asam lemak bebas dapat dihitung menggunakan persamaan berikut :

$$ALB \text{ (asam laurat)} = \frac{25,6 \times V \times N}{W} \quad (1)$$

Dengan,

ALB = Asam lemak bebas (%)
V = Volume larutan NaOH (ml)
N = Normalitas larutan NaOH (N)
W = Berat sampel (gr)

2.5. Uji densitas biodiesel

Perhitungan densitas biodiesel dilakukan dengan menyiapkan piknometer kosong 10 ml, dicuci sampai bersih lalu dioven dengan suhu 100 °C hingga piknometer kering. Selanjutnya piknometer yang telah dikeringkan ditimbang dengan neraca analitik digital. Setelah ditimbang, biodiesel yang telah dipanaskan hingga suhu 40 °C diisi ke dalam piknometer lalu ditimbang kembali dengan neraca analitik digital dan dicatat hasilnya. Untuk menghitung densitas menggunakan persamaan berikut :

$$\rho = \frac{m_i - m_0}{V} \quad (2)$$

Dengan,

ρ = Densitas biodiesel ($\frac{gr}{ml}$)
 m_i = Berat piknometer isi (gr)
 m_0 = Berat piknometer kosong (gr)
V = Volume piknometer (ml)

2.6. Uji viskositas biodiesel

Pengujian viskositas dilakukan dengan menggunakan viskometer *ostwald*. Pengujian dilakukan dengan mengukur waktu yang diperlukan untuk mengalirkan cairan di dalam pipa kapiler a ke b. Biodiesel yang sudah dipanaskan hingga suhu 40 °C diukur viskositasnya dengan memasukkan kedalam viskometer *ostwald*. Bola penghisap digunakan untuk menghisap cairan hingga mencapai tanda batas atas. Kemudian biarkan cairan mengalir ke bawah dan gunakan *stopwatch* untuk mencatat waktu yang diperlukan untuk berpindah dari tanda batas atas ke tanda batas bawah, dicatat menggunakan *stopwatch*. Untuk menghitung nilai viskositas, digunakan persamaan berikut :

$$\mu_{bio} = \frac{\rho_{bio} \times t_{bio}}{\rho_{air} \times t_{air}} \times \mu_{air} \quad (3)$$

Dengan,

- μ_{bio} = Viskositas biodiesel (cSt)
- μ_{air} = Viskositas air (cSt)
- ρ_{bio} = Densitas biodiesel ($\frac{gr}{ml}$)
- ρ_{air} = Densitas air ($\frac{gr}{ml}$)
- t_{bio} = Waktu alir rata-rata biodiesel (s)
- t_{air} = Waktu alir rata-rata air (s)

2.7. Uji yield biodiesel

Pengujian *yield* biodiesel dilakukan pada pemisahan menggunakan corong pisah dan ditampung dalam *beaker glass* 100 ml, setelah itu dipanaskan dengan oven pada suhu 110 °C untuk menghilangkan sisa etanol dan air. Setelah dilakukan pemanasan, *yield* biodiesel dimasukkan kedalam desikator untuk menurunkan suhu. Selanjutnya neraca analitis digital digunakan untuk menimbang larutan, dan dicatat massa yang diperoleh. Untuk uji *yield* biodiesel digunakan persamaan sebagai berikut :

$$Yield = \frac{m_{bio}}{m_m} \times 100 \% \quad (4)$$

Dengan,

- Yield* = *Yield* biodiesel (%)
- m_{bio} = Berat produk biodiesel (gr)
- m_m = Berat total minyak (gr)

2.8. Uji angka asam biodiesel

Sampel biodiesel dilakukan titrasi dengan larutan KOH yang telah distandarisasi dan dengan tambahan indikator *phenolphthalein*. Volume titran yang dibutuhkan untuk melakukan titrasi dicatat. Berdasarkan hasil volume KOH yang digunakan, angka asam dapat digitung menggunakan persamaan berikut :

$$Asam = \frac{V \times N \times 56,1}{W} \quad (5)$$

Dengan,

- Asam = Angka asam (mg-KOH/gr)
- V = Volume KOH (ml)
- N = Normalitas KOH (N)
- W = Berat sampel (mg)

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Adsorpsi dan transesterifikasi

Kadar asam lemak bebas minyak kelapa RBD bekas yang digunakan mencapai 1,8017 %. Semakin kecil kadar asam lemak bebas, maka sabun yang terbentuk semakin sedikit dan hasil metil ester akan semakin besar, atau dengan kata lain trigliserida sisa yang tidak terkonversi semakin kecil. Proses adsorpsi dilakukan dengan memanaskan minyak kelapa RBD bekas dan adsorben dengan perbandingan 10:1 (b/b) pada suhu 100-105 °C selama 90 menit. Setelah dilakukan adsorpsi, didapatkan kadar asam lemak minyak kelapa RBD bekas sebesar 0,0719 %. Angka tersebut sudah memenuhi standar menurut SNI 8904:2020 yaitu maksimal 0,1 %.

Tabel 1. Karakteristik minyak kelapa

Jenis Minyak	Uji Kualitas	Satuan	Hasil Penelitian	SNI	Metode Pengujian
Minyak jelantah	Asam lemak bebas	Fraksi massa, %	1,8017	maksimal 0,1	SNI 8904:2020
Minyak hasil adsorpsi			0,0719		

Transesterifikasi dilakukan pada labu leher tiga yang dilengkapi dengan termometer, dan pendingin balik. Rasio molar minyak dan etanol adalah 1:6. Masukkan 100 gr minyak dalam labu leher tiga yang dilengkapi dengan sistem pendingin. Sebanyak 43 gr etanol dan berbagai variasi NaOH (0,5 ; 1 ; 1,5 ; 2 ; 2,5) % (b/b) dihomogenkan dan dituangkan ke dalam labu leher tiga. Suhu dijaga pada 60 °C dengan laju pengadukan 300 rpm selama 60 menit.

Setelah 60 menit reaksi, campuran dituangkan ke dalam corong pemisah untuk memisahkan metil ester dari gliserol kemudian dilanjutkan dengan pencucian dengan *aquadest* hangat selama 3-4 kali untuk menghilangkan sisa katalis dan gliserol. Selanjutnya sisa etanol dalam lapisan metil ester diuapkan.

Yield biodiesel

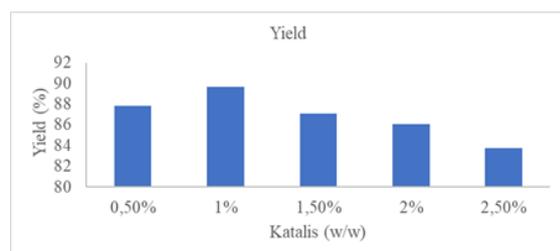
Hasil penelitian ditunjukkan pada Tabel 2 dan dapat diketahui bahwa *yield* yang diperoleh masih diatas 80 % pada semua variasi percobaan.

Katalisator (enzim, asam, basa), rasio alkohol/minyak nabati, suhu reaksi, kadar air dan kadar asam lemak bebas merupakan faktor yang mempengaruhi kadar *yield* biodiesel (Demirbas, 2005).

Tabel 2. Data *yield* biodiesel

Katalis (%)	Berat Total Minyak (gr)	Berat Produk Biodiesel (gr)	<i>Yield</i> (%)
0,5	100	87,86	87,86
1	100	89,67	89,67
1,5	100	87,11	87,11
2	100	86,09	86,09
2,5	100	83,75	83,75

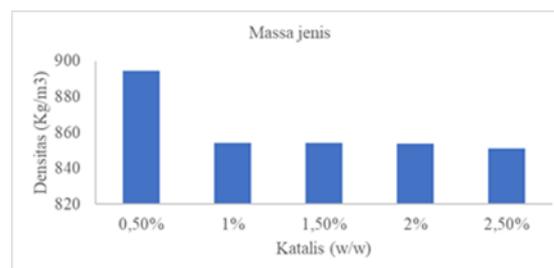
Berdasarkan penelitian, didapatkan hasil bahwa kondisi optimal transesterifikasi terjadi pada konsentrasi 1 % dengan *yield* sebesar 89,67 %, pada konsentrasi 0,5 % konversi masih berada pada 87,86 %. Pada konsentrasi 1,5 %, 2 %, dan 2,5 % masing-masing dengan *yield* 87,11 %, 86,09 %, dan 83,75 %. Terjadi penurunan setelah kondisi optimal, hal ini dikarenakan terjadi kompetisi dari etanol. Beberapa peneliti terdahulu telah melakukan percobaan dan didapatkan kesimpulan bahwa salah satu faktor utama yang mempengaruhi *yield* biodiesel adalah rasio molar antara alkohol terhadap trigliserida (Demirbas, 2005; Leung dan Guo, 2006; Ma dan Hanna, 1999). Selain sebagai reaktan yang berinteraksi dengan trigliserida untuk menghasilkan etil ester dan gliserol, etanol juga berperan sebagai pelarut untuk membantu melarutkan trigliserida, katalis dan reaktan lainnya. Kompetisi etanol yang dimaksud disini adalah peran utama etanol sebagai reaktan akan berkurang dikarenakan fungsi lain dari etanol sebagai pelarut juga dibutuhkan lebih banyak dikarenakan untuk melarutkan jumlah katalis yang bertambah setelah tercapainya kondisi optimal. Semakin banyak penggunaan katalis akan menyebabkan semakin banyak terbentuknya anion untuk proses katalitik. Etanol berfungsi untuk menyeimbangkan anion katalis. Akibatnya, jumlah etanol yang bertindak sebagai reaktan dalam reaksi akan berkurang dibandingkan dengan jumlah target.



Gambar 1. *Yield* biodiesel

Massa jenis biodiesel

Hasil penelitian ditunjukkan pada Gambar 2, Berdasarkan penelitian, didapatkan hasil bahwa semakin tinggi konsentrasi katalis yang digunakan, massa jenis biodiesel juga semakin menurun. Hal ini dikarenakan semakin tinggi konsentrasi katalis akan mendorong reaksi ke kanan, sehingga semakin banyak trigliserida yang terkonversi menjadi metil ester. Namun pada konsentrasi katalis 0,5 % didapatkan massa jenis yang tidak memenuhi standar biodiesel menurut SNI 7182:2015. Hal ini disebabkan reaksi transesterifikasi tidak berlangsung optimal dan masih banyak sisa trigliserida yang belum terkonversi. Trigliserida memiliki densitas yang lebih tinggi jika dibandingkan dengan metil ester (biodiesel) (Kartika dan Widyaningsih, 2012).



Gambar 2. Massa jenis biodiesel

Viskositas biodiesel

Viskositas kinematik diperlukan untuk mendapatkan viskositas bahan bakar yang tepat untuk mesin yang digunakan. Mengenai viskositas, diperlukan batas minimum untuk menghindari kinerja pompa yang buruk dan kebocoran injektor pada mesin, tetapi batas maksimum tergantung pada desain dan ukuran mesin, serta karakteristik sistem injeksi (Kartika dan Widyaningsih, 2012).

Hasil uji viskositas biodiesel ditunjukkan pada Tabel 3 yang mana tidak ada hasil biodiesel memenuhi standar menurut SNI 7182:2015. Pada

konsentrasi katalis 0,5 % didapatkan viskositas kinematik yang masih tinggi, hal ini dikarenakan reaksi transesterifikasi yang terjadi belum sempurna. Pada konsentrasi katalis 1 %, 1,5 %, 2 %, dan 2,5 % didapati nilai viskositas kinematik yang semakin naik seiring dengan naiknya konsentrasi katalis, namun belum didapatkan nilai yang memenuhi standar biodiesel menurut SNI 7182:2015. Menurut (Haryono, 2010) apabila viskositas tidak memenuhi standar, hal ini disebabkan karena kondisi optimal perubahan minyak jelantah menjadi biodiesel belum tercapai dan proses pemurniannya belum sempurna. Menurut (Shimmamah, 2017) Apabila viskositas biodiesel kurang dari SNI, akan mengakibatkan beberapa konsekuensi, diantaranya adalah :

1. Pengabutan bahan bakar yang tidak efisien
Mesin diesel membutuhkan pengabutan bahan bakar yang halus dan merata agar proses pembakaran berlangsung efisien. Jika viskositas biodiesel terlalu rendah, bahan bakar dapat mengabur dengan lebih mudah, tetapi pengabutan yang terjadi kurang optimal, sehingga pembakaran menjadi tidak sempurna.
2. Penurunan pelumasan
Biodiesel dengan viskositas rendah tidak akan memberikan pelumasan yang

cukup di komponen-komponen sistem bahan bakar. Kurangnya pelumasan dapat mempercepat keausan pada komponen-komponen ini yang berakibat mengurangi umur pakai mesin.

3. Kebocoran bahan bakar
Viskositas yang rendah akan mengakibatkan biodiesel lebih mudah mengalir, yang secara tidak langsung akan menyebabkan kebocoran pada sistem bahan bakar.
4. Penurunan efisiensi mesin
Penggunaan bahan bakar dengan viskositas lebih rendah dari standar yang dibutuhkan mesin, akan mengakibatkan penurunan performa mesin, seperti kehilangan tenaga.
5. Kondisi operasional yang tidak stabil
Biodiesel dengan viskositas rendah akan mengakibatkan fluktuasi performa atau bahkan gagal fungsi yang bisa menyebabkan kerusakan jangka panjang.
6. Dampak pada kualitas pembakaran
Kualitas pembakaran biodiesel yang terlalu cair juga dapat terganggu, yang berpotensi menghasilkan pengendapan partikel karbon atau deposit lainnya.

Tabel 3. Data viskositas biodiesel

Katalis (%)	Uji Kualitas	Satuan	Hasil Penelitian	SNI	Metode Pengujian
0,5	Viskositas	mm ² /s (cSt)	20,9289	2,3 – 6,0	SNI 7182:2015
1			2,2156		
1,5			2,2505		
2			2,2583		
2,5			2,2875		

Angka asam biodiesel

Angka asam menunjukkan jumlah asam lemak bebas yang terkandung dalam biodiesel. Hal ini dinyatakan dalam mg-KOH yang dibutuhkan untuk menetralkan 1 gr asam lemak metil ester. Angka asam yang diatas 0,8 mg-KOH/gr akan mengakibatkan terbentuknya abu pada saat pembakaran, endapan bahan bakar dan

berkurangnya masa pakai pompa bahan bakar beserta filternya (Fiyansah dkk., 2021).

Hasil pengujian angka asam dapat dilihat pada Tabel 4 yang mana semua variasi sudah memenuhi standar biodiesel menurut SNI 7182:2015. Hal ini membuktikan kemampuan NaOH sebagai katalis untuk menurunkan angka asam pada produk biodiesel yang dihasilkan.

Tabel 4. Data hasil uji angka asam biodiesel

Katalis (%)	Uji Kualitas	Satuan	Hasil Penelitian	SNI	Metode Pengujian
0,5	angka asam	mg-KOH/gr	0,4175	maksimal 0,5	SNI 7182:2015
1			0,4163		
1,5			0,4764		
2			0,4498		
2,5			0,4199		



Gambar 3. Produk biodiesel hasil penelitian

4. KESIMPULAN

Dari penelitian yang telah dilakukan didapatkan kesimpulan sebagai berikut :

1. Ampas tebu dapat menurunkan kadar asam lemak bebas pada minyak kelapa RBD bekas.
2. Pengaruh konsentrasi katalis terhadap *yield* biodiesel yaitu kondisi optimum dicapai pada konsentrasi 1 % dengan *yield* 89,67 %.
3. Pengaruh konsentrasi katalis terhadap densitas biodiesel yang dihasilkan, semakin tinggi konsentrasi katalis yang digunakan, semakin rendah densitas biodiesel.
4. Pada penelitian ini, viskositas biodiesel yang dihasilkan masih belum memenuhi SNI 7182:2015.

DAFTAR PUSTAKA

Abdoulmoumine, N. (2010). *Sulfate and hydroxide supported on zirconium oxide catalysts for biodiesel production* (Doctoral dissertation, Virginia Tech).

Darmawan, F. I. (2013). Proses produksi biodiesel dari minyak jelantah dengan metode pencucian dry-wash sistem. *Jurnal Teknik Mesin*, 2(01).

Demirbas, A. (2005). Biodiesel production from vegetable oils via catalytic and non-catalytic supercritical methanol transesterification methods. *Progress in energy and combustion science*, 31(5-6), 466-487.
<https://doi.org/10.1016/j.pecs.2005.09.001>

Elma, M., Suhendra, S. A., & Wahyuddin, W. (2018). Proses Pembuatan Biodiesel Dari Campuran Minyak Kelapa Dan Minyak Jelantah. *Konversi*, 5(1), 8-17.

Felizardo, P., Correia, M. J. N., Raposo, I., Mendes, J. F., Berkemeier, R., & Bordado, J. M. (2006). Production of biodiesel from waste frying oils. *Waste management*, 26(5), 487-494.
<https://doi.org/10.1016/j.wasman.2005.02.025>

Fitriani, F. (2018). Pemurnian minyak goreng bekas menggunakan adsorben biji alpukat teraktivasi. *Jurnal Pendidikan Matematika dan IPA*, 9(2), 65-75.
<https://doi.org/10.26418/jpmipa.v9i2.26770>

Fiyansah, T. O., Fadarina, F., Junaidi, R., & Zamhari, M. (2021). Pembuatan Metil Ester Dari Minyak Jelantah Menggunakan Katalis Cao/Abu Terbang Batubara. *Jurnal Pendidikan dan Teknologi Indonesia*, 1(11), 453-459.
<https://doi.org/10.52436/1.jpti.115>

- Haryono, S. F., Sari, Y., & Rakhmawati, I. Pengolahan Minyak Goreng Kelapa Sawit Bekas menjadi Biodiesel.
- Karouw, S., Suparmo, S., Hastuti, P., & Utami, T. (2013). Sintesis ester metil rantai medium dari minyak kelapa dengan cara metanolisis kimiawi. *Agritech*, 33(2)
<https://doi.org/10.22146/agritech.9806>
- Kartika, D., & Widyaningsih, S. (2012). Konsentrasi katalis dan suhu optimum pada reaksi esterifikasi menggunakan katalis zeolit alam aktif (ZAH) dalam pembuatan biodiesel dari minyak jelantah. *Jurnal Natur Indonesia*, 14(3), 219-226.
- Leung, D. Y. C., & Guo, Y. (2006). Transesterification of neat and used frying oil: optimization for biodiesel production. *Fuel processing technology*, 87(10), 883-890.
<https://doi.org/10.1016/j.fuproc.2006.06.003>
- Ma, F., & Hanna, M. A. (1999). Biodiesel production: a review. *Bioresource technology*, 70(1), 1-15.
[https://doi.org/10.1016/S0960-8524\(99\)00025-5](https://doi.org/10.1016/S0960-8524(99)00025-5)
- Mangallo, B., & Wati, S. I. (2019). Efektivitas arang aktif kulit salak pada pemurnian minyak goreng bekas. *Chemistry Progress*, 7(2).
- Mulana, F. (2011). Penggunaan Katalis NaOH dalam Proses Transesterifikasi Minyak Kemiri menjadi Biodiesel. *Jurnal Rekayasa Kimia & Lingkungan*, 8(2), 73-78.
- Rahayu, L. H., & Purnavita, S. (2018). Pengaruh suhu dan waktu adsorpsi terhadap sifat kimia-fisika minyak goreng bekas hasil pemurnian menggunakan adsorben ampas pati aren dan bentonit. *Jurnal Ilmiah Momentum*, 10(2).
<http://dx.doi.org/10.36499/jim.v10i2.1058>
- Rastini, E. K., Jimmy, J., & Abdurrahman, A. (2022). Pembuatan Biodiesel dari Minyak Kelapa pada Suhu Ruang dengan Variasi Katalis Basa dan Waktu Pengadukan. *Prosiding SENIATI*, 6(3), 589-595.
<https://doi.org/10.36040/seniati.v6i3.5012>
- Rizqi, S. A., Adriana, A., Ananda, R., & Farisha, S. (2017). Optimasi produksi biodiesel dari minyak jelantah dengan katalis cangkang tiram (*crassostrea gigas*). *Jurnal Sains Dan Teknologi Reaksi*, 15(2).
<http://dx.doi.org/10.30811/jstr.v15i2.1282>
- Shimmamah, S. N. C., & Sudarmanta, B. (2017). Karakterisasi Unjuk Kerja Mesin Diesel Generator Set Sistem Dual Fuel Biodiesel Minyak Sawit Dan Syngas Dengan Penambahan Preheating Sebagai Pemanas Bahan Bakar. Tugas Akhir Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknologi Industri Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.
- Standar Nasional Indonesia. (2015). SNI 7182:2015-Biodiesel, BSN, Jakarta, Indonesia.
- Standar Nasional Indonesia. (2020). SNI 8904:2020-Minyak Goreng Kelapa, BSN, Jakarta, Indonesia.
- Vasudevan, P. T., & Briggs, M. (2008). Biodiesel production—current state of the art and challenges. *Journal of Industrial Microbiology and Biotechnology*, 35(5), 421.
<https://doi.org/10.1007/s10295-008-0312-2>
- Yin, J. Z., Xiao, M., & Song, J. B. (2008). Biodiesel from soybean oil in supercritical methanol with co-solvent. *Energy conversion and management*, 49(5), 908-912.
<https://doi.org/10.1016/j.enconman.2007.10.018>
- Yustinah, Y., & Hartini, H. (2011, February). Adsorpsi minyak goreng bekas menggunakan arang aktif dari sabut kelapa. In *Prosiding Seminar Nasional Teknik Kimia "Kejuangan" 2011*.