



Effect of Alkaline Catalyst Concentrations and Weight Ratios of Oil to Methanol on the Biodiesel Production From Waste Cooking Oil

Anggi Dwi Chandrika[✉], Muhammad Yerizam, dan Anerasari Meidinariasty

Program Studi Teknologi Kimia Industri, Jurusan Teknik Kimia, Politeknik Negeri Sriwijaya
Jalan Srijaya Negara, Palembang 30139

Info Artikel

Diterima : 04-08-2023

Disetujui : 28-10-2023

Dipublikasikan : 30-11-2023

Keywords:

Alkaline Catalyst
Raw Material Ratio
Biodiesel
Waste Cooking Oil

Abstrak

Telah diteliti pengaruh katalis alkali dan rasio bahan baku untuk reaksi transesterifikasi minyak jelantah yang sebelumnya telah melalui proses pengolahan. Penelitian dilakukan dengan cara mereaksikan minyak jelantah tersebut dengan larutan metoksi hingga diperoleh *biodiesel*. Tujuan penelitian ini untuk mendapatkan kondisi optimum reaksi transesterifikasi, persen *yield* terbaik, dan senyawa yang terkandung di dalam *biodiesel* serta membandingkan *biodiesel* yang diperoleh dengan SNI 7182:2015 berdasarkan parameter massa jenis, bilangan asam, titik nyala, dan angka setana. Berdasarkan hasil penelitian, kondisi optimum yang didapat adalah pada rasio 1:12 dengan katalis alkali KOH 2% dan *yield* 92,65%. Hasil uji mutu *biodiesel* memenuhi standar persyaratan sesuai SNI 7182:2015 dengan nilai densitas 0,86 g/cm³, viskositas 4,205 cSt, bilangan asam 0,23 mgKOH/g, titik nyala 176,2 °C, dan angka setana 68,2. Hasil analisa GCMS terdapat 9 puncak yang teridentifikasi dengan komponen utama senyawa yang terkandung adalah metil heksadekanoat; metil 9,12-oktadekanoat; metil 9-oktadekanoat.

Abstract

The effect of alkaline catalyst and raw material ratio for the transesterification reaction of used cooking oil that has been previously processed has been investigated. The research was conducted by reacting the waste cooking oil with methoxy solution to obtain biodiesel. The purpose of the research was to obtain the optimum condition of the transesterification reaction, the best percent yield, and the compounds contained in the biodiesel and to compare the biodiesel obtained with SNI 7182:2015 based on the parameters of density, acid number, flash point, and cetane number. Based on the results of the study, the optimum condition obtained was at a ratio of 1:12 with a 2% KOH alkali catalyst and a yield of 92.65%. The biodiesel quality test results meet the standard requirements according to SNI 7182: 2015 with a density value of 0.86 gr/cm³, viscosity of 4.205 cSt, acid number 0.23 mgKOH/g, flash point 176.2 °C, and cetane number 68.2. The results of GCMS analysis showed 9 peaks identified with the main components of the compounds contained were hexadecanoic acid, methyl ester; 9,12-octadecadienoic acid, methyl ester; 9-octadecenoic acid, methyl ester.

Pendahuluan

Terbatasnya ketersediaan sumber energi yang bersumber dari bahan bakar fosil, mendorong pemerintah untuk membuat program yang berfokus pada sumber energi terbarukan yang disebut *biofuel*. *Biofuel* merupakan alternatif energi untuk menggantikan bahan bakar fosil. Salah satu jenis *biofuel* yang dapat digunakan adalah *biodiesel* (Jazuli & Wibowo, 2020). *Biodiesel* adalah sumber energi yang dihasilkan melalui esterifikasi atau transesterifikasi minyak nabati atau lemak hewani. Saat ini, di Indonesia sendiri minyak nabati yang berasal dari kelapa sawit menjadi bahan baku utama dalam produksi *biodiesel* dikarenakan ketersediaannya yang melimpah (EBTKE, 2019).

Seiring dengan peningkatan populasi penduduk, konsumsi minyak kelapa sawit di Indonesia setiap tahunnya meningkat. Hal ini menyebabkan jumlah residu dari minyak kelapa sawit juga meningkat. Residu tersebut disebut minyak jelantah. Minyak jelantah merupakan sisa minyak goreng kelapa sawit yang tidak layak pakai dan dapat membahayakan kesehatan. Sekitar 28,4 kiloliter minyak jelantah ada di lingkungan dikarenakan konsumsi minyak goreng yang tinggi pada masyarakat. Akibatnya, minyak jelantah dapat mencemari lingkungan karena keberadaannya dapat menghambat pertukaran oksigen di dalam air dan merusak ekosistem. Untuk mengurangi pencemaran air dan biaya pembuatan *biodiesel*, maka minyak jelantah dapat dimanfaatkan (Miskah *et al.*, 2019).

Proses pembuatan *biodiesel* dari minyak jelantah dipengaruhi oleh peningkatan kadar asam lemak bebas akibat oksidasi minyak. Peningkatan kandungan asam lemak bebas ini dapat menghambat reaksi dalam pembuatan *biodiesel*. Untuk mendapatkan *biodiesel* yang berkualitas, kandungan asam lemak bebas dalam minyak jelantah harus berada di bawah batas 1% (Nuraeni *et al.*, 2019). Oleh karena itu, sebelum melalui proses pembuatan, minyak jelantah dilakukan pengolahan awal (*pretreatment*) terlebih dahulu guna menghilangkan kontaminan yang terdapat pada minyak jelantah.

Pengolahan awal (*pretreatment*) minyak jelantah dapat menggunakan beberapa teknik pengolahan seperti ekstraksi, adsorpsi, dan teknologi membran. Adsorpsi paling banyak digunakan dikarenakan rendah biaya, efisiensi tinggi, mudah diaplikasikan, dan ramah lingkungan. Salah satu adsorben yang banyak digunakan untuk proses adsorpsi adalah karbon aktif (Ola & Taus, 2020).

Karbon aktif adalah sebuah material karbon yang memiliki struktur pori-pori yang sangat banyak dan tersebar secara merata. Beberapa penelitian membuat karbon aktif dengan memanfaatkan beberapa bahan seperti ampas tebu (Sari dan Kembaren, 2019) dan batubara (Djomdi *et al.*, 2020) untuk proses *pretreatment* sebelum melalui proses produksi menjadi *biodiesel*.

Proses pembuatan *biodiesel* umumnya menggunakan proses esterifikasi-transesterifikasi. Selain itu, ada beberapa metode terbarukan yang dikembangkan seperti teknologi membran dan superkritik (Jazuli & Wibowo, 2020). Di Indonesia sendiri untuk produksi *biodiesel* biasanya menggunakan transesterifikasi dikarenakan dari segi proses dan biaya yang terjangkau untuk skala besar.

Transesterifikasi didefinisikan sebagai reaksi minyak dan alkohol dengan katalis untuk menghasilkan ester (*biodiesel*) dan gliserol sebagai produk. Produksi *biodiesel* dengan transesterifikasi dapat dilakukan dengan satu langkah (transesterifikasi) atau dua langkah (esterifikasi-transesterifikasi). Apabila bahan baku mengandung asam lemak bebas tidak lebih dari 1%, maka dapat menggunakan transesterifikasi satu langkah. Sedangkan apabila bahan baku mengandung asam lemak bebas melebihi 1%, maka perlu menggunakan transesterifikasi dua langkah (Alias *et al.*, 2019).

Reaksi transesterifikasi bersifat reversibel sehingga membuat diperlukannya jumlah alkohol berlebih untuk mendukung reaksi dan untuk menggeser kesetimbangan ke sisi produk (Inamuddin *et al.*, 2021). Selain itu, agar proses transesterifikasi tidak berlangsung sangat lambat, maka digunakan katalis (Mawarni & Suryanto, 2018).

Katalis berperan untuk mempercepat reaksi dan menurunkan energi aktivasi. Katalis homogen berbasis alkali adalah yang paling banyak digunakan dalam pembuatan *biodiesel*. Contohnya KOH karena cenderung memberikan hasil konversi *biodiesel* tinggi dan murni serta hanya memerlukan waktu yang relatif singkat (Ramos *et al.*, 2020). Oleh karena itu, pada penelitian ini diberikan variasi jumlah alkohol dan katalis agar diketahui variasi terbaik untuk proses transesterifikasi *biodiesel* dari minyak jelantah.

Berdasarkan penjabaran diatas, pengolahan minyak jelantah sebelum digunakan sebagai bahan baku pembuatan *biodiesel* penting dilakukan agar didapatkan karakteristik bahan baku yang dapat dilakukan transesterifikasi secara langsung dan menghasilkan persen yield tinggi. Oleh karena itu, penelitian ini difokuskan untuk mengaplikasikan minyak jelantah yang telah melalui proses *pretreatment* menggunakan karbon aktif dari limbah lumpur aktif yang kemudian ditransesterifikasi menjadi *biodiesel* dan dibandingkan dengan spesifikasi persyaratan SNI 7182:2015. Penelitian dilakukan dengan memvariasikan antara jumlah katalis KOH dan bahan baku minyak jelantah:metanol untuk mendapatkan kondisi optimum pada proses transesterifikasi minyak jelantah yang telah melalui proses *pretreatment*.

Metode Penelitian

Alat dan bahan

Penelitian dilakukan di Laboratorium Teknik Kimia Politeknik Negeri Sriwijaya. Beberapa alat penunjang yang digunakan adalah *hot plate*, *beaker glass*, neraca analitik, termometer, magnetik stirrer, spatula, erlenmeyer, pipet volume, 1 *set alat* refluks, bola karet, kaca arloji, corong pisah, piknometer, viskometer, buret, *Flash Point Kohler*, GB/T3536-2008 ASTM D92 dan Labtron, serta GCMS (Laboratorium Forensik Polda Sumatera Selatan). Bahan baku yang digunakan adalah minyak jelantah bersumber dari instalasi gizi Rumah Sakit Umum Palembang (RSUP), KOH (Merck, Germany), metanol 99%, etanol 96%, indikator PP (Merck, Germany), dan *aquadest*.

Tahap *pretreatment*

Sebanyak 3 liter minyak jelantah yang diperoleh dari instalasi gizi Rumah Sakit Umum Palembang (RSUP) dilakukan pengolahan dengan cara adsorpsi menggunakan adsorben karbon aktif. Karbon aktif yang digunakan adalah karbon aktif yang dibuat dari bahan baku limbah lumpur aktif yang telah diaktivasi menggunakan larutan HCl 0,5 N. Karbon aktif tersebut menjadi isian pada kolom alat adsorpsi yang dijalankan secara kontinyu.

Proses pengolahan mula-mula dilakukan dengan cara mengisi kolom adsorpsi dengan karbon aktif. Kemudian mengalirkan minyak jelantah dengan laju alir 60 ml/menit yang dibuat konstan menuju kolom. Minyak jelantah yang dialirkan mengalami kontak dengan karbon aktif yang berada pada kolom adsorpsi. Proses dilakukan sebanyak 2-3 kali untuk mendapatkan hasil pengolahan minyak jelantah yang maksimal.

Tahap identifikasi bahan baku

Minyak jelantah sebelum dan sesudah melalui proses pengolahan (*pretreatment*) menggunakan karbon aktif dari limbah lumpur aktif dianalisa kandungan asam lemak bebas, kadar air, densitas, viskositas, dan bilangan asam (Rahadiani *et al.*, 2018).

Tahap pembuatan *biodiesel*

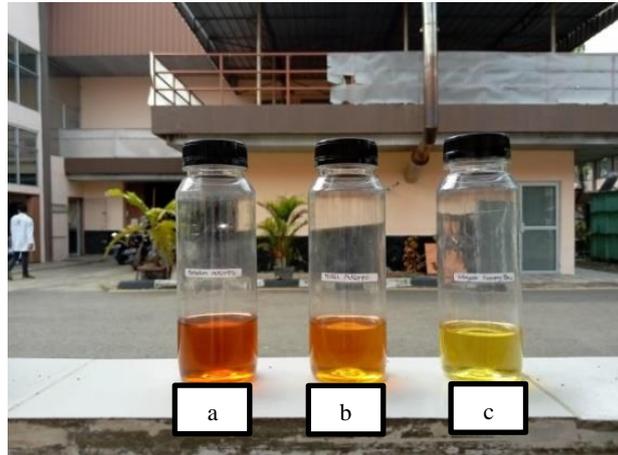
Pada penelitian ini waktu reaksi 60 menit, kecepatan pengadukan 1000 rpm, dan suhu reaksi 60°C dibuat konstan. Sedangkan rasio minyak jelantah:metanol 1:3; 1:6; 1:9; 1:12; 1:15 dan katalis KOH 1%, 2%, dan 3% dibuat variasi. Tahap awal dilakukan pembuatan larutan metoksida dengan cara melarutkan KOH (katalis) ke larutan metanol dalam *beaker glass* kemudian mengaduk larutan dengan menggunakan stirrer pada kecepatan 400 rpm hingga homogen. Larutan metoksi terbentuk (Rezeika *et al.*, 2018). Kemudian menyiapkan minyak jelantah hasil *pretreatment* sebanyak 200 gram dicampurkan dengan larutan metoksi dalam labu leher tiga, direfluks pada suhu 60°C, kecepatan pengadukan 1000 rpm, waktu reaksi 60 menit. Hasil transesterifikasi dipindahkan ke corong pisah selama kurang lebih 12 jam-24 jam untuk pemisahan fasa yang terbentuk. Hasil pemisahan *biodiesel* dicuci menggunakan *aquadest* yang telah dipanaskan pada suhu 80°C dan dilakukan pengadukan. *Biodiesel* yang telah melalui proses pencucian kemudian dipanaskan untuk menguapkan sisa air dan metanol yang masih terkandung di dalamnya. Pemanasan dilakukan dalam *beaker glass* dengan suhu 80°C selama 180 detik. Melakukan prosedur untuk semua variasi rasio minyak jelantah:metanol 1:3; 1:6; 1:9; 1:12; 1:15 dan katalis 1%, 2%, dan 3%.

Tahap uji kualitas *biodiesel*

Biodiesel dianalisis sifat fisik dan kimianya seperti massa jenis (ASTM D-1298), viskositas (ASTM D-445), bilangan Asam (AOCS Cd 3d-63), titik nyala (ASTM D-93), angka setana (ASTM D-613) dan pengujian senyawa penyusun *biodiesel* menggunakan GCMS (Gas Chromatography and Mass Spectroscopy) untuk *biodiesel* dengan *yield* tertinggi. Phitungan *yield biodiesel* dilakukan dengan menggunakan rumus:

$$\text{Yield Biodiesel (\%)} = \frac{\text{Berat produk yang didapat}}{\text{Berat minyak}} \times 100\% \quad (1)$$

Hasil dan Pembahasan
Karakteristik Minyak Jelantah



Gambar 1. Kenampakan fisik minyak jelantah sebelum *pretreatment* (a), setelah *pretreatment* (b), dan minyak goreng dari kelapa sawit sebelum digunakan dalam proses menggoreng (c)

Kenampakan fisik bahan baku ditunjukkan pada Gambar 1. Secara fisik, minyak jelantah sebelum *pretreatment* (a) memiliki warna gelap dan memiliki struktur yang lebih kental dibandingkan minyak jelantah setelah *pretreatment* (b) dan minyak goreng dari kelapa sawit (c). Untuk mengetahui karakteristik bahan baku secara rinci, dilakukan analisis komposisi dan kandungan dari minyak jelantah berupa densitas, viskositas, bilangan asam, asam lemak bebas, dan kadar air. Hasil analisis komposisi dan kandungan dari bahan baku ditunjukkan pada Tabel 1.

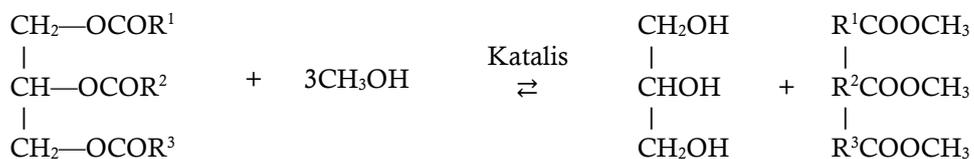
Tabel 1. Karakteristik dari Bahan Baku Minyak Jelantah

No	Parameter	Nilai		Satuan
		Sebelum Pengolahan	Setelah Pengolahan	
1.	Densitas	0,903	0,900	g/ml
2.	Viskositas	7,756	6,205	CSt
3.	Bilangan Asam	2,241	1,681	mgKOH/g
4.	Asam Lemak Bebas	1,024	0,768	%
5.	Kadar Air	0,996	0,992	%

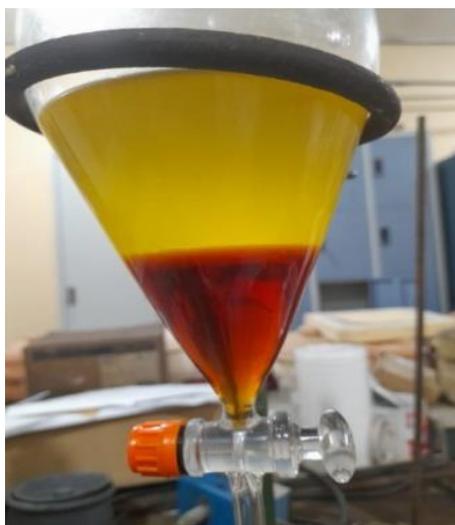
Berdasarkan data yang terlampir pada Tabel 1 dapat dilihat bahwa asam lemak bebas dalam minyak jelantah setelah pengolahan sebesar 0,768%. Nilai tersebut dapat membuktikan jika dapat dilakukan proses transesterifikasi secara langsung.

Transesterifikasi Minyak Jelantah menjadi Biodiesel

Pada reaksi transesterifikasi, trigliserida bereaksi dengan alkohol (metanol) dan reaksi dipercepat dengan penambahan katalis hingga menghasilkan metil ester. Berikut reaksi yang terjadi:



Trigliserida Metanol Gliserol Metil Ester (1)
Hasil transesterifikasi menghasilkan suatu campuran yang membentuk dua lapisan saat dipindahkan ke dalam corong pisah dan didiamkan selama 24 jam. Gambar 2 menunjukkan dua lapisan yang terbentuk.



Gambar 2. Dua lapisan yang Terbentuk

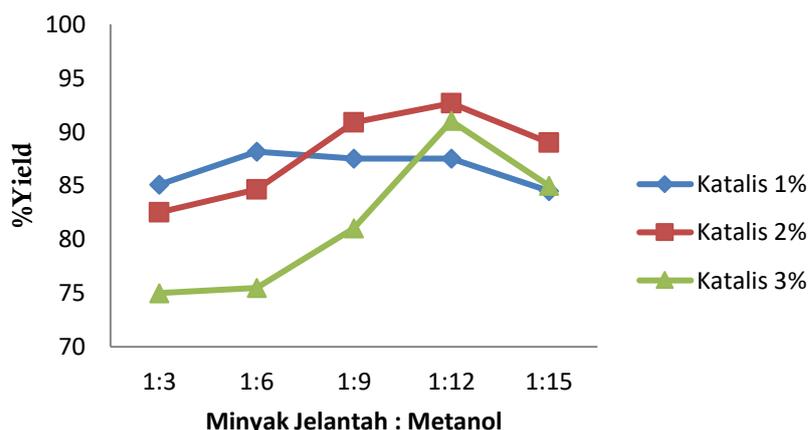
Lapisan atas pada Gambar 2 merupakan *biodiesel*, sedangkan lapisan bawah merupakan gliserol. Lapisan atas memiliki fisik berwarna kuning keruh dan lapisan bawah memiliki fisik berwarna kuning kecoklatan. Kedua lapisan tersebut dipisahkan kemudian dilakukan pencucian menggunakan aquadest yang telah dipanaskan untuk menghilangkan sisa-sisa pengotor yang masih belum terpisah dari produk. Selanjutnya produk dimurnikan dengan cara dipanaskan pada suhu 80°C untuk menguapkan sisa-sisa metanol dan mendapatkan *biodiesel* murni. Pada hasil produk *biodiesel* akhir, dimana produk memiliki struktur fisik berwarna kuning terang, berbau menyengat, dan tingkat kekentalan mendekati minyak goreng kelapa sawit. Gambar 3 menunjukkan produk *biodiesel*.



Gambar 3. Produk *Biodiesel*

Pengaruh Massa Katalis Alkali dan Rasio Bahan Baku terhadap Persen *Yield* dari *Biodiesel*

Peningkatan rasio minyak jelantah dan metanol serta katalis yang digunakan dapat mempengaruhi persen *yield* yang dihasilkan dari *biodiesel*. Hasil perhitungan *yield biodiesel* yang diperoleh pada penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 4.



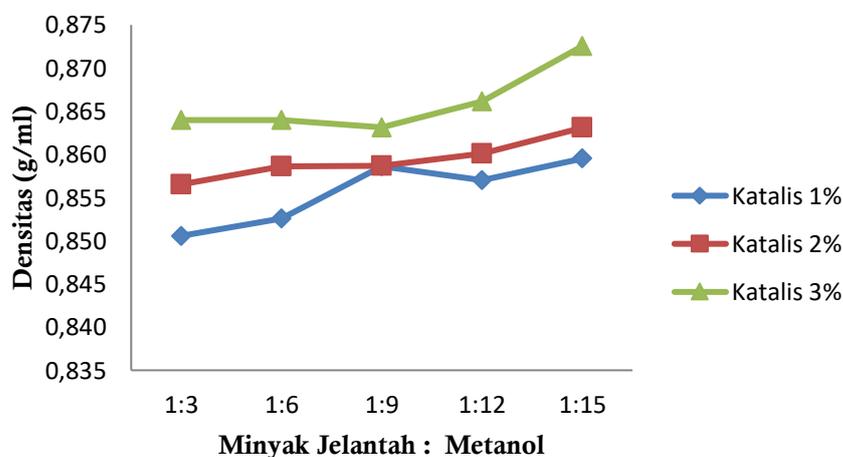
Gambar 4. Pengaruh Massa Katalis Alkali dan Rasio Bahan Baku terhadap Persen *Yield Biodiesel*

Berdasarkan Gambar 4, dapat dilihat bahwa semakin tinggi konsentrasi katalis yang digunakan maka persen *yield* produk *biodiesel* yang dihasilkan semakin besar. Hal ini menunjukkan bahwa katalis mempengaruhi reaksi transesterifikasi minyak jelantah menjadi *biodiesel*. Pada konsentrasi 1%, *yield* produk yang dihasilkan mengalami penurunan dikarenakan jumlah katalis yang belum optimum sehingga tidak dapat mendorong reaktan ke arah produk. Penurunan juga terjadi pada konsentrasi 3% dikarenakan jumlah katalis yang berlebih. Katalis yang berlebih menyebabkan kejenuhan yang mengakibatkan terjadinya penurunan jumlah produk dan menghasilkan gliserol yang lebih kental hingga mendorong reaksi terbentuknya sabun (Prihanto & Irawan, 2018). Adapun pada grafik yang disajikan dapat dilihat bahwa kecenderungan terjadi pada penggunaan katalis KOH 2% yang menghasilkan *yield biodiesel* tertinggi yaitu sebesar 92,65%. Hal ini dikarenakan pada penggunaan katalis 2% merupakan kondisi optimum untuk proses transesterifikasi pada penelitian ini.

Pada Gambar 4 juga menunjukkan jika rasio minyak:metanol 1:3 dan 1:6 mengalami kondisi optimum pada konsentrasi katalis 1% sedangkan rasio 1:9; 1:12; dan 1:15 mengalami kondisi optimum pada konsentrasi katalis 2%. Menurut Kholishah *et al.* 2021, apabila kondisi optimum telah tercapai, maka *yield biodiesel* akan menurun. Berdasarkan grafik, rasio 1:12 adalah yang memiliki *yield* tertinggi. Peningkatan ini dikarenakan meningkatnya jumlah metanol dalam minyak jelantah yang diimbangi dengan jumlah katalis KOH yang diberikan sehingga membuat reaksi bergeser ke arah produk.

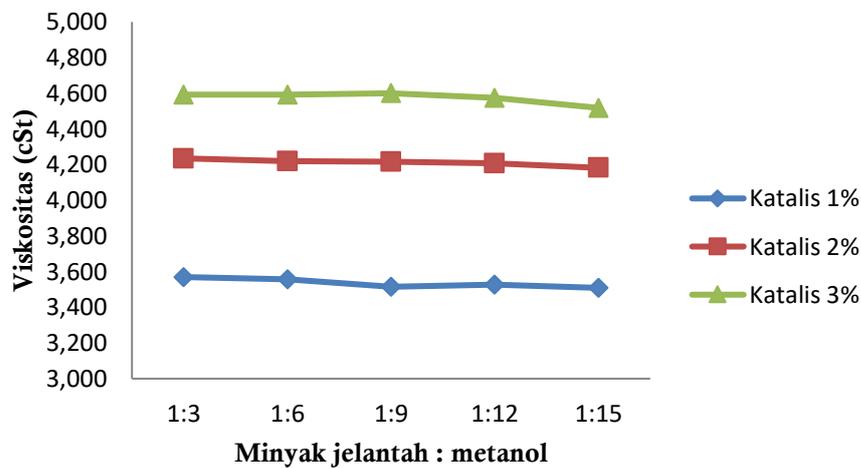
Pengaruh Massa Katalis Alkali dan Rasio Bahan Baku terhadap Kualitas *Biodiesel*

Parameter uji mutu *biodiesel* yang digunakan meliputi densitas, viskositas, bilangan asam, titik nyala, dan angka setana.



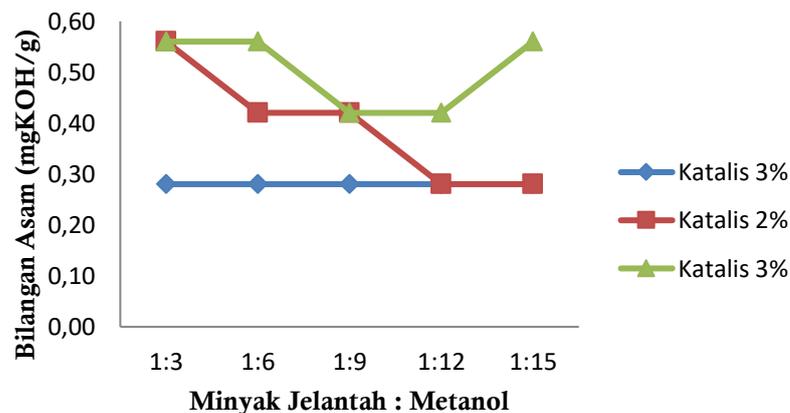
Gambar 5. Densitas *Biodiesel* yang dihasilkan dari Proses Transesterifikasi Minyak Jelantah Berdasarkan Variasi Konsentrasi Katalis dan Massa Minyak Jelantah terhadap Metanol

Gambar 5 merupakan grafik densitas produk *biodiesel* yang dihasilkan. Densitas merupakan sifat yang tidak bergantung pada banyaknya bahan baku tetapi dapat dipengaruhi oleh jumlah katalis yang digunakan. Nilai densitas yang rendah disebabkan meningkatnya intensitas perengkahan pada gugus lemak sehingga menghasilkan fraksi ringan (*biodiesel*) dan fraksi berat (gliserol). Penggunaan katalis yang berlebih dapat mempengaruhi gliserol yang dihasilkan dan mempengaruhi proses pemurnian dari *biodiesel*. Menurut Hartono et al. 2023, nilai densitas dipengaruhi oleh tahap pemurnian dari *biodiesel* yang kurang maksimal yang nantinya menyebabkan semakin tinggi nilai kalor dari *biodiesel*. Pada penelitian ini hasil uji densitas menunjukkan nilai densitas dari produk *biodiesel* berada pada range 0,852-0,879 g/cm³. Nilai tersebut telah memenuhi standar persyaratan SNI 7182:2015. Berdasarkan standar persyaratan SNI 7182:2015 untuk parameter densitas *biodiesel* sebesar 0,85-0,89 g/cm³.



Gambar 6. Viskositas *Biodiesel* yang dihasilkan dari Proses Transesterifikasi Minyak Jelantah Berdasarkan Variasi Konsentrasi Katalis dan Massa Minyak Jelantah terhadap Metanol

Gambar 6 merupakan grafik viskositas produk *biodiesel* yang dihasilkan. Pada Gambar 6 menunjukkan nilai viskositas yang didapat tidak mengalami perbedaan yang signifikan tetapi menunjukkan jika semakin tinggi massa katalis dan rasio bahan baku, maka viskositas *biodiesel* yang dihasilkan semakin tinggi begitupun sebaliknya. Hal ini disebabkan karena penambahan massa katalis dan metanol yang dapat mempengaruhi produk samping (gliserol) hingga mempengaruhi nilai viskositas dari *biodiesel*. Menurut Hartono et al. 2023, gliserol merupakan salah satu senyawa yang dapat meningkatkan nilai viskositas. Walaupun demikian, hasil uji viskositas menunjukkan nilai viskositas dari produk *biodiesel* berada pada range 3,469-4,547 cSt. Nilai tersebut telah memenuhi standar persyaratan SNI 7182:2015. Berdasarkan standar persyaratan SNI 7182:2015 untuk parameter viskositas sebesar 2,3-6 cSt.



Gambar 7. Bilangan Asam *Biodiesel* yang dihasilkan dari Proses Transesterifikasi Minyak Jelantah Berdasarkan Variasi Konsentrasi Katalis dan Massa Minyak Jelantah terhadap Metanol

Pada Gambar 7 menunjukkan nilai bilangan asam produk mengalami peningkatan seiring dengan penambahan jumlah katalis yang digunakan. Pada massa katalis 3% dan rasio minyak:metanol 1:15, terjadi kenaikan nilai bilangan asam padahal pada rasio sebelumnya terjadi penurunan nilai bilangan asam. Hal tersebut dapat terjadi dikarenakan asam lemak bebas yang tidak terkonversi secara sempurna dan menyebabkan terjadinya blocking, yaitu metanol yang seharusnya bereaksi dengan trigliserida terhalang oleh reaksi saponifikasi (Sari & Kembaren 2019). Dalam hal ini Ishaq *et al.* 2021 juga mengatakan bahwa bilangan asam yang tidak tinggi menunjukkan bahwa asam lemak bebas yang terkandung pada bahan baku minyak jelantah tidak tinggi dan terkonversi sempurna. Sebaliknya, nilai bilangan asam yang tinggi, dipengaruhi jumlah kandungan asam lemaknya lebih tinggi dan tidak terkonversi sempurna.

Pada penelitian ini didapatkan bilangan asam berada pada *range* 0,28-0,56 mgKOH/g. Nilai tersebut telah memenuhi standar persyaratan SNI 7182:2015. Berdasarkan standar persyaratan SNI 7182:2015 untuk parameter bilangan asam sebesar 0,8 mg KOH/g.

Tabel 2. Hasil Analisa Titik Nyala dan Angka Setana

No	Sampel	Parameter Uji	Metode Uji	Hasil Analisa	
				Titik Nyala (°C)	Angka Setana
1	1:3 ; 1%	Uji Titik Nyala dan Angka Cetana	Flash Point Kohler ; GB/T3536-2008 & ASTM D92 dan Labtron	201,9	-
2	1:6 ; 1%			191,4	-
3	1:9 ; 2%			186,6	-
4	1:12 ; 2%			176,3	68,2
5	1:15 ; 2%			181,8	-

Hasil analisis titik nyala dan angka setana disajikan dalam Tabel 2. Pada pengujian titik nyala, dipilih beberapa sampel untuk dilakukan pengujian berdasarkan persen *yield* terbaik pada masing-masing rasio bahan baku. Kholishah *et al.* 2021 menjelaskan apabila kondisi optimum telah tercapai, maka *yield biodiesel* akan menurun. Persen *yield biodiesel* meningkat pada konsentrasi katalis 1% sampai 2% dan pada konsentrasi 3% persen *yield* mengalami penurunan sehingga tidak dilakukan pengujian titik nyala. Pada *biodiesel*, agar tidak mudah menyala saat di ruang terbuka, maka dibutuhkan titik nyala yang tinggi. Berdasarkan standar persyaratan SNI 7182:2015 untuk parameter titik nyala minimal sebesar 100°C. Tabel 2 menunjukkan penurunan titik nyala dari sampel yang dilakukan pengujian mengalami penurunan. Penurunan dapat terjadi dikarenakan masih didapati pengotor seperti sisa katalis dan gliserol pada *biodiesel* (Rezeika *et al.*, 2018). Walaupun demikian, nilai tersebut telah memenuhi standar persyaratan SNI 7182:2015.

Angka setana adalah ukuran kemampuan bahan bakar untuk menyala dengan sendirinya dalam ruang bakar mesin diesel. Tingginya angka setana pada *biodiesel*, maka semakin cepat pembakaran dan kinerjanya. Hasil analisis angka setana pada salah satu sampel disajikan dalam Tabel 2 dan menunjukkan angka 68,2. Nilai tersebut telah memenuhi standar persyaratan SNI 7182:2015 (minimal 51).

Uji GCMS (*Gas Chromatography and Mass Spectroscopy*)

Untuk mengetahui komposisi kimia dari *biodiesel*, dilakukan analisa GCMS (*Gas Chromatography and Mass Spectroscopy*) pada variasi katalis 2% dan rasio mol 1:12. GC-MS merupakan penggabungan antara alat kromatografi gas dan spektroskopi massa. Alat kromatografi gas memiliki fungsi untuk memisahkan komponen-komponen senyawa kimia yang dianalisis sedangkan spektroskopi massa digunakan untuk mendeteksi dari masing-masing senyawa kimia yang telah dipisahkan oleh alat kromatografi gas (Oko & Syahrir, 2019).

Berdasarkan hasil analisa GCMS, terdapat 9 *peak* yang teridentifikasi. Data GCMS menunjukkan bahwa hasil transesterifikasi pada penelitian ini adalah senyawa *biodiesel* dengan komponen utama metil heksadekanat; metil 9,12-oktadekanat; metil 9-oktadekanat. Senyawa yang dominan ini memiliki kesamaan dengan penelitian terdahulu (Adhani *et al.*, 2016). Kandungan senyawa dalam *biodiesel* yang teridentifikasi disajikan dalam Tabel 3.

Tabel 3. Hasil Analisa Kandungan Senyawa dalam *Biodiesel*

Peak	Luas Area (%)	Waktu retensi (menit)	Nama Senyawa	Rumus Molekul
8	0,30	11.988	Metil tetradekanoat	C ₁₅ H ₃₀ O ₂
11	3,11	13.384	Metil heksadekanoat	C ₁₇ H ₃₄ O ₂
12	2,16	13.416	Metil heksadekanoat	C ₁₇ H ₃₄ O ₂
15	0,09	14.043	Metil 14-heksadekanoat	C ₁₈ H ₃₆ O ₂
16	3,00	14.500	Metil 9,12-oktadekanoat	C ₁₉ H ₃₄ O ₂
17	4,26	14.528	Metil 9,12-oktadekanoat	C ₁₉ H ₃₄ O ₂
18	3,65	14.584	Metil 9-oktadekanoat	C ₁₉ H ₃₆ O ₂
19	4,40	14.668	Metil oktadekanoat	C ₁₉ H ₃₈ O ₂
33	2,74	15.846	Metil eikosenoat	C ₂₁ H ₄₂ O ₂

Simpulan

Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa minyak jelantah yang telah melalui proses *pretreatment* menggunakan karbon aktif dari limbah lumpur aktif dapat diaplikasikan menjadi bahan baku *biodiesel*. Kualitas *biodiesel* yang dihasilkan dari variasi antara minyak:metanol 1:3; 1:6; 1:9; 1:12; dan 1:15 serta katalis 1%, 2%, dan 3% telah memenuhi standar persyaratan SNI 7182:2015 berdasarkan parameter densitas, viskositas, bilangan asam, dan titik nyala. Dimana nilai densitas 0,852-0,879 g/ml, viskositas 3,469-4,547 cSt, bilangan asam 0,28-0,56 mgKOH/g, dan titik nyala 176,3-201,9 °C. Perbedaan nilai terjadi dapat dipengaruhi oleh kurang maksimalnya proses *pretreatment* serta jumlah katalis dan metanol yang belum optimum ataupun berlebih. Kondisi optimum yang didapatkan pada penelitian ini adalah pada variasi minyak jelantah:metanol 1:12 dan katalis KOH 2% yang menghasilkan %*yield biodiesel* sebesar 92,65%. Hasil analisis GCMS mengidentifikasi 9 puncak dengan komponen utama berupa senyawa metil heksadekanoat; metil 9,12-oktadekanoat; metil 9-oktadekanoat.

Daftar Pustaka

- Adhani, L., Aziz, I., Nurbayti, S., & Oktaviana, O. C. (2016). Pembuatan produk biodiesel dari Minyak Goreng Bekas dengan Cara Esterifikasi dan Transesterifikasi. *Jurnal Kimia VALENSI*, 2(3), 71–80. <https://doi.org/10.15408/jkv.v2i3.115>
- Badan Standarisasi Nasional. (2015). Standar Nasional Indonesia 7182:2015 Biodiesel. *Badan Standarisasi Nasional*, 1, 1–88.
- Binti Mohd Alias, N. S., Veny, H., Hamzah, F., & Aziz, N. (2019). Effect of free fatty acid pretreatment to yield, composition and activation energy in chemical synthesis of fatty acid methyl ester. *Indonesian Journal of Chemistry*, 19(3), 592–598. <https://doi.org/10.22146/ijc.34492>
- Djomdi, Leku, M. T., Djoulde, D., Delattre, C., & Michaud, P. (2020). Purification and valorization of waste cotton seed oil as an alternative feedstock for biodiesel production. *Bioengineering*, 7(2), 1–9. <https://doi.org/10.3390/bioengineering7020041>
- EBTKE. (2019). *Program Mandatori Biodiesel 30% (B30)*. Direktorat Jenderal Energi Baru Terbarukan Dan Konservasi Energi. <https://ebtke.esdm.go.id/post/2019/12/19/2434/faq.program.mandatori.biodiesel.30.b30>
- Hartono, R., Rama Denny, Y., Ramdhani, D. S., Assaat, L. D., Wildha Priakbar, A., & Ribawa, W. H. (2023). Pembuatan Biodiesel Dengan Reaktor Bersirkulasi Sederhana Menggunakan Katalis Koh. *Jurnal Teknologi*, 15(1), 123–132. <https://dx.doi.org/10.24853/jurtek.15.1.123-132>
- Inamuddin., Ahamed, I. M., Boddula, R., & Rezakazemi, M. (2021). *Biodiesel Technology and Applications*. Scrivener Publishing.
- Ishaq, M., Ridwan, & Gazali, A. (2021). Pengaruh Katalis KOH Terhadap Kualitas Sintesis Biodiesel Minyak Jelantah. *Saintis*, 2(2), 65–71.

- Jazuli, M., & Wibowo, A. A. (2020). Biodiesel Sebagai Sumber Energi Terbarukan: Proses Dan Teknologi Terkini. *Distilat: Jurnal Teknologi Separasi*, 6(2), 445–450. <https://doi.org/10.33795/distilat.v6i2.154>
- Kholishah, N., Mulyaningsih, S., & Firyanto, R. (2021). Pembuatan Biodiesel Dari Ampas Kelapa Dengan Metode Transesterifikasi in-Situ Dan Katalis Kalium Hidroksida (Koh). *CHEMTAG Journal of Chemical Engineering*, 2(2), 44. <https://doi.org/10.56444/cjce.v2i2.1842>
- Mawarni, D. I., & Suryanto, H. (2018). Pengaruh Suhu Pengadukan Terhadap Yield Biodiesel Dari Minyak Jelantah. *Simetris: Jurnal Teknik Mesin, Elektro Dan Ilmu Komputer*, 9(1), 49–54. <https://doi.org/10.24176/simet.v9i1.1665>
- Miskah, S., Aprianti, T., Agustien, M., Utama, Y., & Said, M. (2019). Purification of Used Cooking Oil Using Activated Carbon Adsorbent from Durian Peel. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 396(1), 0–6. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/396/1/012003>
- Nuraeni, N., Yun, Y. F., & Agustini, D. M. (2019). Pembuatan Biodiesel dari Minyak Jelantah Menggunakan Adsorben Karbon Aktif dan Pembuatan Triasetin dengan Katalis Asam Nitrat. *Jurnal Kartika Kimia*, 2(1), 17–22. <https://doi.org/10.26874/jkk.v2i1.26>
- Oko, S., & Syahrir, I. (2018). Sintesis Biodiesel dari Minyak Sawit Menggunakan Katalis CaO Superbasa dari Pemanfaatan Limbah Cangkang Telur Ayam. *Jurnal Teknologi*, 10(2i), 113–121. <https://jurnal.umj.ac.id/index.php/jurtek/article/view/1782>
- Ola, P. D., & Taus, E. (2020). Use of Adsorption with Activated Natural Zeolite and Activated Charcoal as Adsorbent to Improve The Quality of Waste Cooking Oil. *Chemistry Department Nusa Cendana University*. 1(2), 11–20.
- Prihanto, A., & Irawan, T. A. B. (2018). Pengaruh Temperatur, Konsentrasi Katalis Dan Rasio Molar Metanol-Minyak Terhadap Yield Biodiesel Dari Minyak Goreng Bekas Melalui Proses Netralisasi-Transesterifikasi. *Metana*, 13(1), 30. <https://doi.org/10.14710/metana.v13i1.11340>
- Rahadiani, S. E., Yerizam., & Martha. (2018). Biodiesel production from waste cooking oil: A review. *Recycled Cooking Oil: Processing and Uses*, October, 89–109. <https://doi.org/10.24845/ijfac.v3.i3.77>
- Ramos, M., Dias, A. P. S., Puna, J. F., Gomes, J., & Bordado, J. C. (2020). Biodiesel production processes and sustainable raw materials. *Energies*, 12(23). <https://doi.org/10.3390/en12234408>
- Rezeika, S. H., Ulfan, I., & Ni'mah, Y. L. (2018). Sintesis Biodiesel dari Minyak Jelantah dengan Katalis NaOH dengan Variasi Waktu Reaksi Transesterifikasi dan Uji Performanya dengan Mesin Diesel. *Akta Kimia Indonesia*, 3(2), 175. <https://doi.org/10.12962/j25493736.v3i2.3098>
- Sari, R. M., & Kembaren, A. (2019). Pemanfaatan Karbon Aktif Ampas Tebu dalam Mereduksi Asam Lemak Bebas (Free Fatty Acid) untuk Pemurnian Minyak Jelantah sebagai Biodiesel. *Talenta Conference Series: Science and Technology (ST)*, 2(1), 293–296. <https://doi.org/10.32734/st.v2i1.361>