



Pemanfaatan Cangkang Kerang Darah Sebagai Katalis dan Filter Rokok Sebagai Adsorben *Dry Washing* dalam Pembuatan Biodiesel Minyak Kesambi

Fira Rohmadini¹, Mesbahul Syarif¹, Abu Kadhafi², dan Yuana Susmiati^{1,*})

¹) Program Studi Teknik Energi Terbarukan, Jurusan Teknik, Politeknik Negeri Jember, 68121, Indonesia

²) Program Studi Teknik Rekayasa Pangan, Jurusan Teknologi Pertanian, Politeknik Negeri Jember, 68121, Indonesia

*) Penulis Korespondensi: yuana_susmiati@polije.ac.id

DOI: <https://doi.org/10.21776/ub.rbact.2024.008.01.02>

Abstract

Article History

Submitted:

September 8th, 2023

Accepted:

December 21st, 2023

Published:

May 31st, 2024

© 2024 Universitas

Brawijaya

Kesambi Oil, Blood Clam Shell Waste and Cigarette Filters are Materials That are Abundantly Available, Have Low Economic Value And Are Waste In Society. These three wastes can be used as raw materials for biodiesel in the transesterification and purification processes. The purpose of this study was to determine and analyze the variations of blood clam shell catalysts and cigarette butt adsorbents and to compare the most optimal quality of biodiesel (producing the highest yield) based on SNI 7182:2015. The method used in this research consists of FFA testing, degumming, esterification, transesterification and purification processes. In the transesterification process, a catalyst was added in the range of 2-6% m/v and 75% methanol, while in the refining process, active charcoal filter cigarette adsorbents were added in the range of 5-10% m/v. The data obtained was subjected to statistical analysis using the Response Surface Methodology (RSM) Central Composite Design (CCD) method. Based on statistical analysis, a linear model equation was obtained and there were no optimum and minimum points. This research also obtained the highest biodiesel yield of 73.33% at a catalyst concentration of 6% m/v and adsorbent of 5% m/v. Some of the quality characteristics of the biodiesel produced are in accordance with SNI standards.

Keywords: *adsorbent, biodiesel, blood clam shell, catalyst, cigarette filters*

Abstrak

Minyak kesambi, limbah cangkang kerang darah dan filter rokok adalah bahan yang ketersediaannya cukup melimpah, bernilai ekonomi rendah dan sebagai limbah di masyarakat. Ketiga limbah tersebut dapat dijadikan sebagai bahan baku biodiesel pada proses Transesterifikasi dan pemurnian. Tujuan dari penelitian ini adalah menentukan dan menganalisis variasi katalis cangkang kerang darah dan adsorben puntung rokok serta, membandingkan kualitas biodiesel yang paling optimal (menghasilkan rendemen tertinggi) berdasarkan SNI 7182:2015. Metode yang digunakan pada penelitian ini terdiri atas pengujian FFA, proses *degumming*, esterifikasi, transesterifikasi dan pemurnian. Pada proses Transesterifikasi dilakukan penambahan katalis dengan rentang 2-6% m/v dan 75% metanol sedangkan, pada proses pemurnian ditambahkan adsorben arang aktif filter rokok pada rentang 5-10% m/v. Data yang didapatkan dilakukan analisis statistik metode *Response Surface Methodology* (RSM) *Central Composite Design* (CCD). Berdasarkan analisis statistik didapatkan persamaan model linear dan tidak terdapat titik optimum dan minimum. Pada penelitian ini juga memperoleh rendemen biodiesel tertinggi sebesar 73,33% pada konsentrasi katalis 6% m/v dan adsorben 5% m/v. Karakteristik kualitas biodiesel yang dihasilkan beberapa sudah sesuai dengan standar SNI.



Kata kunci: adsorben, biodiesel, cangkang kerang darah, filter rokok, katalis

PENDAHULUAN

Meningkatnya jumlah kendaraan pada tahun 2021 mencapai 141.992.573 unit mengakibatkan kebutuhan energi terus bertambah [1]. Kondisi tersebut menyebabkan cadangan minyak bumi semakin berkurang dan diperkirakan bertahan 9,5 tahun ke depan [2]. Solusi pemerintah mengatasi hal ini yaitu dengan membuat target bauran energi Indonesia sebesar 23% tahun 2025 dan 31% 2050 salah satunya B30 (biodiesel). Biodiesel adalah alkyl ester yang berasal dari minyak nabati dan hewani yang melalui proses esterifikasi dan transesterifikasi. Biodiesel memiliki kelebihan dibandingkan dengan bahan bakar fosil seperti ramah lingkungan, *biodegradable*, tidak mengandung SO_x dan NO_x serta tidak beracun [3].

Minyak nabati yang dapat dijadikan biodiesel adalah minyak biji kesambi. Minyak kesambi memiliki nilai guna dan ekonomi rendah. Harga jual minyak kesambi khususnya di Kabupaten Situbondo adalah 5000 rupiah per liter. Minyak tersebut digunakan sebagai minyak pijat tradisional. Menurut Adewuyi, (2020) [3] minyak kesambi tidak dapat dikonsumsi karena mengandung sianida (HCN) oleh sebab itu, minyak ini berpotensi untuk dijadikan sebagai bahan baku biodiesel yang mampu berdampak bagi ekonomi masyarakat dan lingkungan.

Pada pembuatan biodiesel terdapat beberapa proses seperti degumming (penghilangan getah pada minyak), esterifikasi, transesterifikasi, pencucian dan pemurnian. transesterifikasi adalah proses penambahan metanol untuk mengkonversi minyak menjadi metil ester. Proses ini memerlukan katalis untuk mempercepat reaksi. Katalis yang umum digunakan adalah katalis homogen dan heterogen. Katalis homogen memiliki kekurangan diantaranya sulit dipisahkan, menimbulkan korosi pada mesin, mencemari lingkungan dan tidak ekonomis. Kondisi tersebut menyebabkan adanya peralihan pada katalis heterogen yang lebih ramah lingkungan. Salah satu katalis yang berasal dari limbah dan jarang digunakan adalah cangkang kerang darah (*Anadara granosa*). Cangkang kerang darah memiliki konsentrasi CaO 66,70% berat [4]. Sedangkan,

cangkang kerang darah yang telah dilakukan kalsinasi pada suhu 900°C dapat menghasilkan CaO sebesar 97,57 wt.% [5]. Selain konsentrasi CaO yang tinggi, ketersediaan cangkang kerang darah di Indonesia juga melimpah yang mencapai 48,99 ton [6]. Berdasarkan potensi tersebut cangkang kerang darah dapat dijadikan sebagai katalis dalam pembuatan biodiesel. Menurut Nugroho dkk. (2019) [7] katalis cangkang kerang darah dapat mengkonversi minyak nabati menjadi biodiesel sebesar 98,54% dengan perbandingan CaO 0:1 (%) 0 adalah katalis tambahan dan 1 katalis CaO murni. Oleh sebab itu, untuk menghasilkan CaO dengan konsentrasi tinggi diperlukan proses kalsinasi pada suhu 900°C selama 3 jam [8].

Selain limbah cangkang kerang darah yang dihasilkan cukup besar, menurut Meyrena dan Rizki [9] Indonesia merupakan negara kedua penyumbang sampah laut setelah China dengan total 1,3 miliar ton. Faktanya dari jumlah sampah laut tersebut puntung rokok menjadi sampah terbanyak dibandingkan dengan plastik. Sebagai gambaran, produksi total rokok di Indonesia pada tahun 2023 mencapai 15,6 miliar batang [10] atau sekitar 296,8 juta rokok per menit. Bila volume setiap 20 buah puntung rokok 10 ml maka volume total untuk 15,6 miliar puntung rokok adalah 593.000.000 liter. Filter rokok terbuat dari selulosa asetat atau sejenis plastik yang membutuhkan satu dekade untuk terbiodegradasi [11].

Kandungan terbesar dalam puntung rokok adalah nikotin seberat 17 mg/batang, dilanjutkan kandungan tar 24-45 mg/batang. Kandungan nikotin dan tar pada filter rokok mampu membunuh makhluk hidup di air dan mencemari lingkungan [12]. Menurut Koochaki dkk. (2019) [13] puntung rokok mengandung unsur kimia *Obtained Activated Carbon* (OAC) yang dapat dijadikan sebagai adsorben biodiesel dalam proses pencucian dan pemurnian dry washing. Metode pencucian *dry washing* (tanpa air) adalah metode yang memanfaatkan adsorben dari karbon aktif, arang aktif, dan selulosa. *Dry washing* memiliki beberapa kelebihan diantaranya mengurangi waktu produksi,

menurunkan biaya produksi biodiesel, dan tidak terjadi saponifikasi (sabun) [14], [15].

Berdasarkan penelitian terdahulu dapat diketahui bahwa cangkang kerang berpotensi digunakan sebagai katalisator dan puntung rokok sebagai adsorben, maka kedua bahan tersebut akan diterapkan pada proses pembuatan biodiesel minyak kesambi. Akan tetapi, belum ada penelitian yang membahas mengenai penerapan cangkang kerang darah sebagai katalis dan puntung rokok sebagai adsorben biodiesel sehingga pada penelitian ini akan dilakukan analisis variasi katalis cangkang kerang darah dan adsorben puntung rokok untuk menghasilkan rendemen biodiesel minyak kesambi tertinggi berdasarkan SNI 7182:2015.

Dengan adanya penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat kepada pemerintah, masyarakat dan mahasiswa. Salah satu manfaatnya yaitu mendukung program transisi Indonesia dan ketahanan energi nasional guna mewujudkan Indonesia *clean energy* dan *net zero emission*, mengurangi sampah filter rokok dan cangkang kerang darah di masyarakat, meningkatkan nilai guna puntung rokok, cangkang kerang darah dan minyak kesambi serta dapat dijadikan bahan referensi untuk penelitian selanjutnya.

MATERIAL DAN METODE

Bahan

Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah cangkang kerang darah, filter rokok, minyak kesambi, asam fosfat (H_3PO_4) P.A 1 M dan 85%, etanol 97% P.A, indikator phenolphthalein (PP) P.A, Natrium Hidroksida (NaOH) padat P.A, aquadest, asam sulfat (H_2SO_4) 98% P.A dan metanol 99,9% P.A.

Alat

Alat yang digunakan pada penelitian ini adalah corong pemisah, statif, erlenmeyer, gelas beker, hot plate, desikator, oven, furnace, *sieve shaker* 60 dan 100 mesh, chopper, labu ukur, gelas ukur, aluminium foil, plastik *wrapping*, *funnel*, loyang, cawan kursibel, satu set alat titrasi, kertas saring halus, neraca analitik, termometer, labu leher tiga, spatula kaca dan besi, botol plastik kimia, pH universal dan pipet tetes.

Aktivasi Cangkang Kerang Darah

Preparasi cangkang kerang darah diawali dengan tahap pembersihan cangkang kerang dan pengovenan selama 24 jam pada suhu $110^\circ C$.

Setelah itu, cangkang kerang darah ditumbuk dan diayak menggunakan *sieve shaker* 100 mesh dan dikalsinasi selama 3 jam pada suhu $900^\circ C$.

Aktivasi Arang Filter Rokok

Pembuatan karbon aktif terdiri atas enam tahapan, yaitu tahap preparasi filter rokok, tahap karbonisasi, aktivasi, netralisasi, penyaringan dan pengovenan. Filter rokok yang telah terkumpul dilakukan proses pemisahan dan karbonisasi. Karbonisasi dilakukan dengan cara di *furnace* selama 2 jam pada suhu $350-400^\circ C$.

Arang aktif yang dihasilkan dari karbonisasi dilakukan aktivasi kimia menggunakan H_3PO_4 1 M. Perbandingan yang digunakan pada proses penambahan H_3PO_4 dan arang aktif adalah 1:3, 1 masa filter rokok 3 H_3PO_4 1 M. Kedua campuran dipanaskan pada suhu $45-65^\circ C$ dan diaduk menggunakan magnetic stirrer selama 20 menit. Setelah proses selesai, campuran tersebut didiamkan selama 24 jam dan dinetralkan sampai pH 6-7. Setelah netral karbon aktif disaring dan dioven selama 5 jam pada suhu $110^\circ C$. Karbon aktif yang telah dioven disimpan di desikator dan siap untuk digunakan.

Pengujian *Free Fatty Acid* (FFA) Awal (Sebelum *Degumming*) dan Proses *Degumming*

Minyak kesambi perlu dilakukan pengujian FFA awal untuk mengetahui tingkat kerusakan minyak akibat oksidasi. Pengujian FFA menggunakan metode SNI 01-3555-1998. Uji FFA memerlukan minyak kesambi sebanyak 3 ml dan etanol 97% P.A 9 ml. Kedua bahan tersebut dicampurkan ke dalam erlenmeyer 50 ml dan dipanaskan pada suhu $60^\circ C$. Tunggu campuran tersebut mencapai suhu ruang kemudian, tambahkan indikator PP sebanyak 5 tetes. Lakukan titrasi dengan NaOH 0,1 N sampai berubah warna menjadi merah jambu bertahan 15 detik. Hitung kadar FFA menggunakan persamaan 1.

$$FFA = \frac{Volume\ NaOH\ x\ N\ x\ 288,0158}{10\ x\ Masa\ Sampel\ Minyak} \quad (1)$$

Minyak kesambi yang telah dilakukan pengujian FFA dilanjutkan ketahap *degumming* (penghilangan getah). Tahap *degumming* membutuhkan minyak sebanyak 250 ml yang dimasukkan kedalam labu leher tiga. Minyak tersebut diaduk sampai homogen tanpa pemanasan menggunakan *magnetic stirrer* dan *hot plate* selama 5 menit dengan kecepatan 800 rpm. Minyak yang telah homogen dilakukan pemanasan dan pengadukan pada suhu $70^\circ C$. Setelah suhu tercapai tambahkan H_3PO_4 85% sebanyak 1% v/v

minyak. Lakukan pengadukan selama 30 menit dengan suhu dipertahankan 70°C. Pada saat proses pengadukan wadah harus tertutup dengan aluminium foil supaya tidak menguap. Minyak hasil degumming diendapkan di corong pemisah selama 12 jam sampai terbentuk dua lapisan yaitu getah dan minyak. Minyak hasil separasi disaring dan dilakukan pengujian FFA ke dua. Metode pengujian FFA ke dua sama seperti pengujian FFA awal.

Proses Esterifikasi

Minyak hasil degumming dilanjutkan ke proses esterifikasi dengan cara dipanaskan pada suhu 60°C dan ditambahkan larutan metoksida asam (5% v/v H₂SO₄ + metanol 20% v/v). Campuran tersebut diaduk selama 1 jam dengan kecepatan 800 rpm dan suhu dipertahankan 60°C. Minyak hasil esterifikasi disepari selama 12 jam kemudian, dilanjutkan dengan pengujian FFA ke tiga. Apabila FFA hasil esterifikasi kurang dari 2% dapat dilanjutkan ke proses transesterifikasi akan tetapi, jika FFA lebih dari 2% perlu dilakukan proses esterifikasi ke dua.

Proses Transesterifikasi

Minyak hasil esterifikasi yang memiliki FFA kurang dari 2% dilanjutkan ke proses transesterifikasi dengan cara dipanaskan pada suhu 60°C dan ditambahkan larutan metoksida basa (variasi katalis CaO cangkang kerang darah + 75% v/v metanol). Sampel dilakukan pengadukan dengan kecepatan 800 rpm selama 2 jam pada suhu konstan 60°C. Setelah proses selesai, minyak disaring dan siap untuk dimurnikan dengan karbon aktif filter rokok.

Proses Pencucian dan Pemurnian

Penambahan arang aktif filter rokok pada riset ini berada pada *range* (5-10% m/v). Arang aktif filter rokok dicampur dengan biodiesel hasil transesterifikasi yang disertai dengan proses pemanasan pada suhu konstan 65°C dan pengadukan dengan kecepatan 800 rpm selama 20 menit. Minyak pemurnian disaring dan didinginkan sampai suhu ruang. Minyak hasil penyaringan dimurnikan dengan dipanaskan menggunakan hot plate pada suhu 100-110°C selama 30 menit. Biodiesel murni siap untuk diuji kualitasnya.

Pengujian Kualitas Biodiesel

Pengujian kualitas biodiesel minyak kesambi dengan variasi katalis cangkang kerang darah dan variasi adsorben puntung rokok terdiri atas uji massa jenis 40°C, viskositas 40°C, *flash point*, nilai kalor, *cloud*

point, *Coradson Carbon Residu* (CCR), angka setana, bilangan iodin, bilangan penyabunan, angka asam dan kadar *Free Acid Methil Ester* (FAME).

Analisis Data

Analisis data pada riset ini menggunakan *Response Surface Methodology* (RSM) *Central Composite Design* (CCD) dengan *software design expert-13*. Data rendemen yang didapatkan dari hasil riset diinputkan ke *software* untuk menentukan titik optimum. Faktor yang digunakan pada riset ini adalah 2 faktor 1 respon yaitu variasi konsentrasi katalis sebagai faktor 1 dan variasi adsorben filter rokok faktor 2. Respon yang diamati adalah rendemen biodiesel. Variasi katalis berada pada rentang 2-6% m/v sedangkan, variasi adsorben 5-10% m/v. Pada riset ini akan dipilih biodiesel dengan rendemen tertinggi untuk dianalisis kualitasnya serta dibandingkan dengan standar SNI 7182:2015.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Presenting the Results

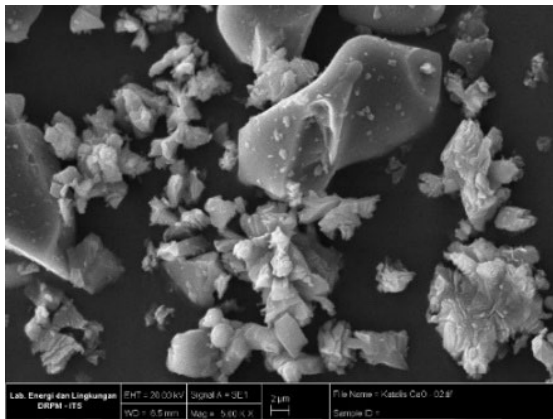
Hasil Uji Morfologi Katalis CaO Cangkang Kerang Darah

Pengujian morfologi katalis dilakukan dengan instrumen *Scanning Electron Microscopy* (SEM). Hasil SEM katalis cangkang kerang darah perbesaran 5.000x dan 10.000x ditunjukkan pada **Gambar 1**.

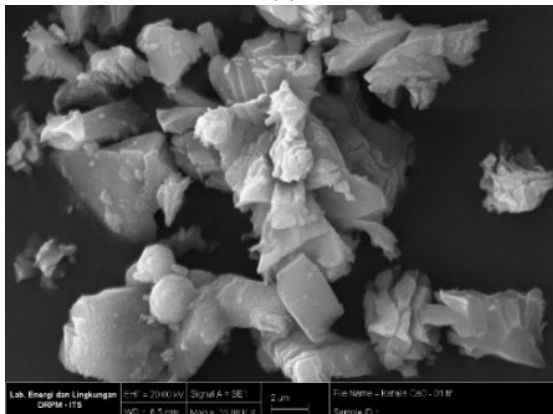
Kalsinasi cangkang kerang darah bertujuan untuk mensintesi nanomaterial agar dapat meningkatkan kemampuan katalisator menselektivitas katalitik dan stabilitas katalis. **Gambar 1** menunjukkan permukaan katalis cangkang kerang darah memiliki bentuk yang tidak beraturan. Beberapa diantaranya membentuk agregat besar dan terikat bersama-sama. Hal tersebut disebabkan *mesh* yang digunakan pada proses preparasi cangkang kerang darah menjadi katalis CaO dibawah 100 *mesh* sehingga, proses konversi kurang maksimal. Sifat permukaan tersebut memberikan pengaruh terhadap aplikasi dari material yang dihasilkan, terutama pada proses transesterifikasi. Semakin baik kristalinitas dari struktur material maka, semakin baik sifat permukaan dari material tersebut [16].

Hasil uji SEM katalis mengisyaratkan bahwa katalisator yang dihasilkan masih kurang optimum sehingga, pada saat proses transesterifikasi fasa aktif katalis, minyak dan alkohol kurang bereaksi dengan sempurna dan tidak dapat mengkonversi metil ester dengan baik. Oleh sebab itu, rendemen dan kualitas

biodiesel yang akan dihasilkan pada riset ini diprediksi kurang baik.



(a)



(b)

Gambar 1. Hasil Pengujian SEM Katalis Cangkang Kerang Darah Dengan Perbesaran (a) 5.000X dan (b) 10.000X

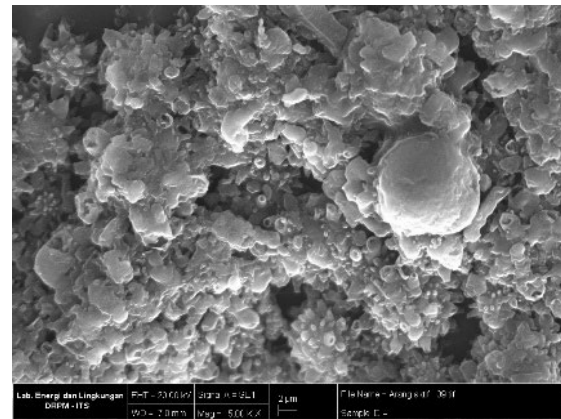
Hasil Uji Morfologi Arang Aktif Filter Rokok

Pada **Gambar 2** terdapat morfologi adsorben filter rokok yang diuji menggunakan SEM. Proses pengujian dilakukan setelah adsorben diaktivasi menggunakan H_3PO_4 1 M. Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui keadaan permukaan pori adsorben sebelum digunakan pada proses pemurnian biodiesel.

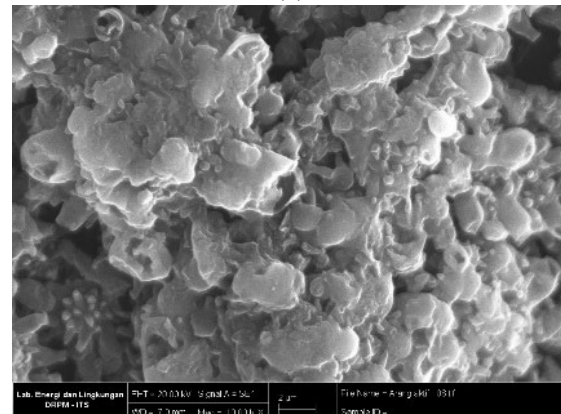
Kemampuan adsorben untuk mengadsorpsi bergantung pada bentuk permukaan pori [17].

Gambar 2 menunjukkan morfologi filter rokok yang teraktivasi H_3PO_4 1 M memiliki pori yang lebih besar. Proses aktivasi H_3PO_4 1 M dapat membuka struktur pori yang tertutup oleh hidrogen, abu, air, nitrogen dan sulfur. Menurut Verayana dkk (2018) [17] pori-pori yang luas pada permukaan arang aktif dapat meningkatkan kemampuannya untuk mengadsorpsi adsorbat. Dapat diasumsikan hasil aktivasi filter rokok dengan H_3PO_4 1 M berhasil serta

diharapkan dapat menyerap pengotor pada *crude* biodiesel hasil transesterifikasi.



(a)



(b)

Gambar 2. Hasil Pengujian SEM Arang Aktif Filter Rokok Dengan Perbesaran (a) 5.000X dan (b) 10.000X.

Analisis Rendemen Biodiesel dengan Metode CCD

Rendemen biodiesel tertinggi yang dihasilkan adalah 73,33% pada sampel A6. Analisis variabel independen (katalis dan adsorben) dilakukan dengan uji determinan (R^2). Nilai R^2 yang dihasilkan dari *software design expert-13* adalah 0,5385 pada tingkat kepercayaan 95%. $R^2 = 0,5385$ artinya 53,85% rendemen biodiesel dipengaruhi oleh faktor independen sedangkan sisanya 46,16% dipengaruhi faktor lain (dependen). Model matematis respon yang dihasilkan dari pengolahan data ditunjukkan pada **Tabel 1** dan **Tabel 2**. Estimasi koefisien menghasilkan model matematika persamaan linear. Persamaan linear tersebut mengindikasikan penelitian dapat dilanjutkan dengan konsentrasi katalis yang lebih tinggi maupun konsentrasi adsorben lebih rendah. Model persamaan linear yang dihasilkan sebagai berikut:

$$Y = +80,58801 - 1,04986X_1 - 1,73286X_2 \quad (2)$$

Keterangan: X_1 = Katalis dan X_2 = Adsorben

Tabel 1. Tabel Faktor dan Respon RSM CCD

Faktor1	Faktor 2	Respon 1	Keterangan
A:Katalis	B:Adsorben	Rendemen	
%	%	%	
4	7.5	63.38	A1
4	7.5	64.70	A2
2	10	60.49	A3
4	7.5	63.52	A4
2	5	71.42	A5
6	5	73.33	A6
6	10	60.86	A7
4	11.04	59.25	B1
4	7.5	62.50	B2
4	7.5	55.81	B3
4	3.96	67.21	B4
1.17	7.5	66.17	B5
4	7.5	66.17	B6
6.83	7.5	52.68	B7

Tabel 2. Persamaan Faktor Aktual (Persamaan Linear)

Rendemen Biodiesel	=
+80.58801	
-1.04986	Katalis
-1.73286	Adsorben

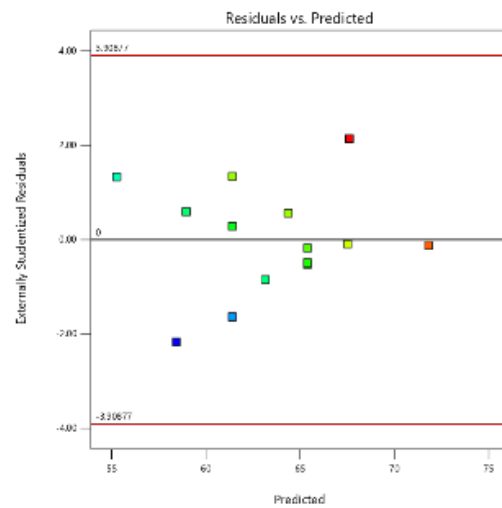
Pada persamaan 2 diperlukan pengujian model *Analysis of Variance* (ANOVA) untuk membuktikan persamaan tersebut dapat diterima atau tidak. Dari pengujian ANOVA diperoleh *p-Value* 0,0209 dan *F-Value* 5,83. Software *Design Expert-13* mengindikasikan nilai *p* yang kurang dari 0,05 mengindikasikan bahwa model persamaan linear dapat diterima. Berdasarkan analisis matematis metode regresi linear sederhana diperoleh persamaan sebagai berikut:

$$Y_1 = 63,79 - 0,085X_1 \quad (3)$$

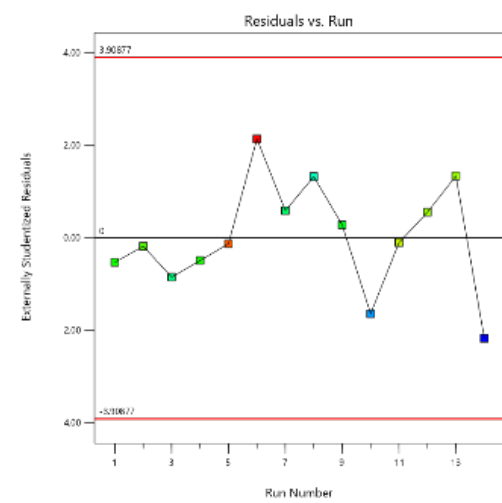
$$Y_2 = 76,36 - 1,73X_2 \quad (4)$$

Keterangan: X_1 = Katalis dan X_2 = Adsorben

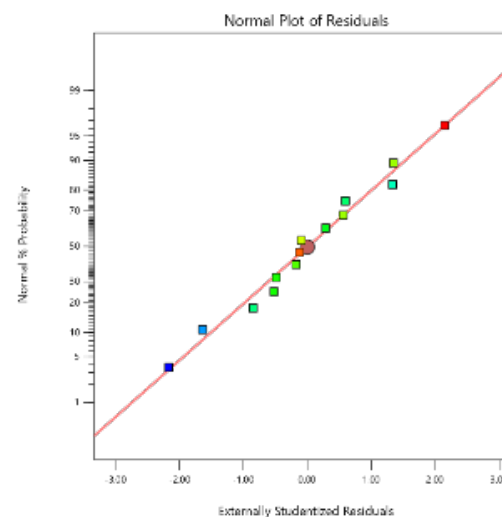
Persamaan 3 dan 4 mengindikasikan jika katalis dan adsorben bernilai nol, maka rendemen biodiesel sebesar 63,79 satuan dan 76,36 satuan. Apabila konsentrasi katalis dan adsorben mengalami penurunan sebesar 1 satuan, maka rendemen biodiesel akan mengalami peningkatan sebesar 0,085 satuan dan 1,73 satuan. Jika konsentrasi katalis dan adsorben mengalami peningkatan maka rendemen biodiesel akan mengalami penurunan sebesar 0,085 satuan dan 1,73 satuan.



(a)



(b)

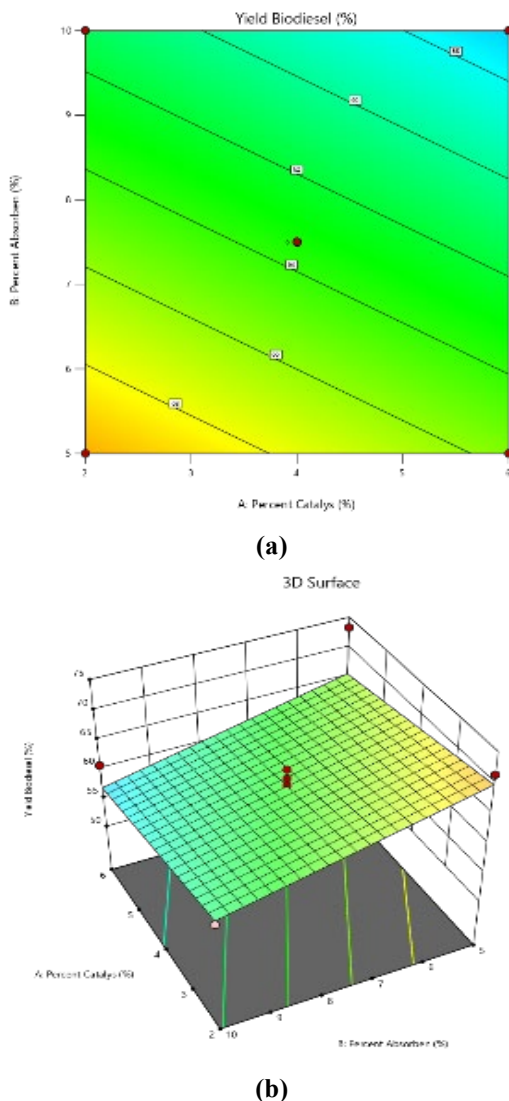


(c)

Gambar 3. (a) Residual Identik, (b) Residual Independen, (c) Residual Distribusi Normal Dapat Diamati Dengan Memperhatikan Titik-Titik Yang Tersebar Disepanjang Garis.

Nilai tersebut dilakukan pengujian asumsi residual Identik, Independen dan Distribusi Normal (IIDN). Pengujian dapat diamati dari grafik sebaran pola yang terbentuk antara residual dan respon. Sebaran tersebut disajikan pada **Gambar 3**.

Gambar 3a menunjukkan residual identik karena tidak membentuk pola tertentu dan relatif menyebar. **Gambar 3b** menjelaskan fungsi autokorelasi dengan rendemen biodiesel karena, nilai yang dihasilkan masih dalam satu interval. **Gambar 3c** residual distribusi normal dengan %probability tertinggi sebesar 96,4286. Berdasarkan hasil pengujian IIDN maka, persamaan 2 dapat disimpulkan dapat diterima. Hubungan variasi katalis dan adsorben terhadap rendemen biodiesel disajikan dalam bentuk plot diagram 3D surface dan kontur seperti pada **Gambar 4**.



Gambar 4. a) Kontur dan (b) 3D Surface Hubungan Variasi Katalis dan Adsorben Terhadap Rendemen

Gambar 4 menunjukkan hubungan katalis dan adsorben saling berbanding terbalik serta terbentuk persamaan linear. Dimana, semakin tinggi konsentrasi katalis dan semakin rendah adsorben, maka rendemen biodiesel yang dihasilkan semakin meningkat. 3D surface menunjukkan tidak terdapat titik optimum atau minimum sehingga, penelitian ini masih perlu dilanjutkan pada batas pengujian yang sesuai (titik terendah dan tertinggi konsentrasi katalis dan adsorben yang digunakan). Tidak hanya itu, rendemen biodiesel yang dihasilkan bersifat fluktuasi. Hal ini disebabkan oleh banyaknya sampel yang hilang pada proses degumming dan proses pemurnian biodiesel.

Karakteristik Kualitas Biodiesel

Tabel 3. Karakteristik Kualitas Biodiesel

Parameter Uji	Hasil Uji Biodiesel	Standar SNI Biodiesel 7182:2015	Ket.	Metode Uji
Flash Point	178	Min 100 °C	Sesuai	ASTM D92
Viskositas Kinematis 40°C	31,59	2,3-6,0 mm ² /cSt	Tidak sesuai	ASTM D445
Nilai Kalor	2,366	-	Sesuai	IKA/LEL-ITS/BK
Angka Setana	<50	Min 51	Tidak sesuai	IKA/LEL-ITS/OA
Densitas 40°C	0,906	0,85-0,89 kg/m ³	Tidak sesuai	Piknometer
Angka Asam	2,44	Maks 0,5 mg KOH/gr	Tidak sesuai	SNI 7182:2015
Angka Iodium	54	%-massa (g-I ₂ /100 g)	Sesuai	AOCS Cd 1-25
Cloud Point	6	Maks 18 °C	Sesuai	ASTM D2500
Angka Penyabunan	198	mg KOH/gr	Sesuai	SNI 7431:2015
CCR	0,44	Maks 0,05 %-massa	Tidak sesuai	ASTM D189-97
Kadar FAME	7,28	Min 96,5 %-massa	Tidak sesuai	Persamaan Matematis

Rendemen biodiesel terbaik yang didapatkan dari penelitian dan analisis data statistik adalah sampel A6 dengan variasi katalis 6% m/v dan adsorben 5% m/v. Sampel tersebut diuji kualitasnya dan dibandingkan dengan standar SNI biodiesel 7182:2015. Mutu biodiesel minyak kesambi dengan katalis basa heterogen cangkang kerang darah dan filter rokok sebagai adsorben *dry washing* ditunjukkan pada **Tabel 3**.

Berdasarkan **Tabel 3** kualitas biodiesel minyak kesambi yang dihasilkan secara umum belum memenuhi standart SNI utamanya pada kualitas

biodiesel utama yaitu kadar FAME dan angka setana, meskipun ada beberapa yang lain sudah memenuhi standar SNI. Kualitas kadar FAME, angka setana, angka asam, viskositas dan densitas berpengaruh terhadap proses pembakaran biodiesel pada mesin diesel. Kualitas biodiesel dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti suhu, lama pengadukan, kecepatan pengadukan, jenis alkohol dan katalis [18]. Mutu biodiesel yang tidak memenuhi standar disebabkan oleh katalis dan lama waktu transesterifikasi. Katalis yang dihasilkan dari proses kalsinasi belum memenuhi standar. Hal tersebut dibuktikan dari bentuk morfologi katalis yang tidak beraturan dan tidak terbentuk pori. Tidak hanya itu, lama waktu dari proses transesterifikasi pada riset ini juga terlalu singkat (2 jam) yang menyebabkan alkohol dan minyak belum bereaksi dengan sempurna untuk mengkonversi menjadi metil ester. Berdasarkan hal tersebut biodiesel minyak kesambi yang dihasilkan pada riset ini tidak dapat diaplikasikan secara langsung terhadap transportasi karena, dipelukan penelitian lanjutan untuk mendapatkan biodiesel yang sesuai standar SNI.

KESIMPULAN

Produk biodiesel yang dihasilkan secara umum belum memenuhi standar SNI 7182:2015, karena kualitas utama yaitu kadar FAME dan angka setana belum memenuhi, hanya beberapa yang telah sesuai. Dengan SNI. Berdasarkan percobaan yang telah dilakukan rendemen tertinggi adalah 73,33% pada konsentrasi katalis 6% m/v dan adsorben 5% m/v. Penambahan katalis dan adsorben saling berbanding terbalik dimana, semakin tinggi penambahan katalis cangkang kerang darah dan semakin rendah adsorben arang filter rokok maka, rendemen biodiesel semakin meningkat. Sedangkan, berdasarkan analisis CCD belum didapatkan titik optimum dan minimum sehingga, penelitian terkait variasi penambahan katalis dan adsorben dapat dilanjutkan.

ACKNOWLEDGMENTS

DAFTAR PUSTAKA

- [1] B. P. Statistik, "Perkembangan Jumlah Kendaraan Bermotor Menurut Jenis (Unit), 2019-2021," *BPS - Statistics Indonesia*, 2021. <https://www.bps.go.id/indicator/17/57/1/jumlah-kendaraan-bermotor.html>. (accessed Nov. 24, 2023).
- [2] A. Priadi, "Menteri ESDM: Cadangan Minyak Indonesia Tersedia untuk 9,5 Tahun dan Cadangan Gas 19,9 Tahun," *esdm.go.id*, 2021. <https://www.esdm.go.id/id/media-center/arsip-berita/menteri-esdm-cadangan-minyak-indonesia-tersedia-untuk-95-tahun-dan-cadangan-gas-199-tahun>. (accessed Nov. 24, 2023).
- [3] A. Adewuyi, "Challenges and prospects of renewable energy in Nigeria: A case of bioethanol and biodiesel production," *Energy Reports*, vol. 6, pp. 77–88, 2020, doi: 10.1016/j.egy.2019.12.002.
- [4] G. C. C. Rohmana, H. P. Sudarminto, and S. E. Damayanti, "Studi Aktivasi Limbah Cangkang Kerang Sebagai Katalis Ramah Lingkungan Dalam Pembuatan Biodiesel," *DISTILAT J. Teknol. Separasi*, vol. 7, no. 2, pp. 592–600, 2021, doi: 10.33795/distilat.v7i2.288.
- [5] S. F. S. Mohamad, S. Mohamad, and Z. Jemaat, "Study of calcinations condition on decomposition of calcium carbonate in waste cockle shell to calcium oxide using thermal gravimetric analysis," *ARPJ. Eng. Appl. Sci.*, vol. 11, no. 16, pp. 9917–9921, 2016.
- [6] U. L. Azzahro and W. Broto, "Pemanfaatan Limbah Cangkang Kerang Dara Sebagai Katalis CAO pada Pembuatan Biodiesel Minyak Goreng Bekas," *J. Sos. Teknol.*, vol. 1, no. 6, pp. 499–507, 2021, doi: 10.59188/journalsostech.v1i6.110.
- [7] K. S. Nugroho, H. Retnaningtyas, and H. Hardjono, "Pengaruh Rasio Massa Katalis Cao Dan Suhu Pada Proses Transesterifikasi Minyak Randu Menjadi Biodiesel," *Distilat J. Teknol. Separasi*, vol. 5, no. 2, pp. 76–80, 2019, doi: 10.33795/distilat.v5i2.32.
- [8] P. P. Lestari, "Biodiesel Dari Sawit Dengan Katalis Kalsinasi Cangkang Kerang Darah," *Ready Star*, vol. 2, no. 1, pp. 37–43, 2019.
- [9] S. D. Meyrena and R. Amelia, "Analisis Pendayagunaan Limbah Plastik Menjadi Ecopaving Sebagai Upaya Pengurangan Sampah," *Indones. J. Conserv.*, vol. 9, no. 2, pp. 96–100, 2020, doi: 10.15294/ijc.v9i2.27549.
- [10] Maesaroh, "Harga Rokok Makin Mahal, Kantong Warga RI Jebol Juga," *CNBC Indonesia*, 2023. <https://www.cnbcindonesia.com/news/20230217140651-4-414746/harga-rokok-makin-mahal-kantong-warga-ri-jebol-juga> (accessed Nov. 24, 2023).
- [11] N. Syofa, L. Dalimunthe, L. Qadariyah, and M. Mahfud, "JFACHE Pra Desain Pabrik Selulosa Asetat dari Dissolving," *J. Fundam. Appl. Chem. Eng.*, vol. 3, no. 1, pp. 20–25, 2022, doi:

- 10.12962/j2964710X.v3i1.18881.
- [12] C. Freire Lima, M. Amaral dos Santos Pinto, R. Brasil Choueri, L. Buruaem Moreira, and Í. Braga Castro, "Occurrence, characterization, partition, and toxicity of cigarette butts in a highly urbanized coastal area," *Waste Manag.*, vol. 131, pp. 10–19, 2021, doi: 10.1016/j.wasman.2021.05.029.
- [13] C. B. Koochaki, R. Khajavi, A. Rashidi, N. Mansouri, and M. E. Yazdanshenas, "The effect of pre-swelling on the characteristics of obtained activated carbon from cigarette butts fibers," *Biomass Convers. Biorefinery*, vol. 10, no. 2, pp. 227–236, 2019, doi: 10.1007/s13399-019-00429-x.
- [14] M. Catarino, E. Ferreira, A. P. Soares Dias, and J. Gomes, "Dry washing biodiesel purification using fumed silica sorbent," *Chem. Eng. J.*, vol. 386, no. November 2019, pp. 1385–8947, 2020, doi: 10.1016/j.cej.2019.123930.
- [15] H. Oktavianty, "Sintesis Zeolit X dari Fly Ash Boiler Pabrik Kelapa Sawit sebagai Adsorben Pemurnian Biodiesel," *Sang Pencerah J. Ilm. Univ. Muhammadiyah But.*, vol. 8, no. 2, pp. 430–443, 2022, doi: 10.35326/pencerah.v8i2.1938.
- [16] A.- Ardiansah, H. H. Utami, S. Lutfi, and C. Firdharini, "Preparasi Katalis Nanomaterial dari Cangkang Kerang Darah (Anadara Granosa Linn) untuk Pembuatan Biodiesel dari Minyak Jelantah dengan Menggunakan Microwave," *J. Chem. Process Eng.*, vol. 7, no. 1, pp. 8–16, 2022, doi: 10.33536/jcpe.v7i1.1034.
- [17] Verayana, M. Paputungan, and H. Iyabu, "Pengaruh Aktivator HCl dan H₃PO₄ Terhadap Karakteristik (Morfologi Pori) Arang Aktif Tempurung Kelapa Serta Uji Adsorpsi Pada Logam Timbal (Pb)," *J. Entropi*, vol. 13, no. 1, pp. 67–75, 2018.
- [18] M. Busyairi, A. Z. Muttaqin, I. Meicahyanti, and S. Saryadi, "Potensi Minyak Jelantah Sebagai Biodiesel dan Pengaruh Katalis Serta Waktu Reaksi Terhadap Kualitas Biodiesel Melalui Proses Transesterifikasi," *J. Serambi Eng.*, vol. 5, no. 2, pp. 933–940, 2020, doi: 10.32672/jse.v5i2.1920.

AUTHOR'S DECLARATION

Authors' contributions and responsibilities

All authors contribute equally.

Funding

No funding.

Availability of data and materials

All data are available from the authors.

Competing interests

The authors declare no competing interest.

Additional information

No additional information from the authors.