

Sintesis Biodiesel dari Minyak Jelantah dengan Menggunakan Katalis Zeolit Alam Terimpregnasi KOH

Syarifuddin Oko*, Ibnu Eka Rahayu, Mustafa, Muh. Irwan, Alwathan,
Andri Kurniawan, Adi Susanto, Riska Lukas, Allvyano Gilberto Wisang

Jurusan Teknik Kimia, Politeknik Negeri Samarinda
Jl. Cipto Mangunkusumo, Samarinda, Kalimantan Timur 75131 Indonesia
Email: syarifuddinoko@polnes.ac.id

Abstrak

Biodiesel merupakan bahan bakar yang ramah terhadap lingkungan. biodiesel dapat disintesis dari minyak nabati salah satunya minyak jelantah. Minyak jelantah merupakan limbah yang dapat mencemari air akan tetapi dapat dimanfaatkan kembali menjadi produk yang bermanfaat misalnya biodiesel melalui reaksi esterifikasi dan transesterifikasi dipercepat menggunakan katalis. Salah satu katalis yang potensial untuk produksi biodiesel yaitu zeolit alam. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh konsentrasi katalis zeolit alam di impregnasi KOH pada sintesis biodiesel berdasarkan Standar Nasional Indonesia (SNI) 7182 : 2015. Metode yang digunakan adalah esterifikasi dan transesterifikasi secara konvensional dengan variasi konsentrasi zeolit/KOH (6%, 8%, 10% dan 12%) dengan perbandingan rasio minyak jelantah dan methanol 1:12. Dari hasil penelitian, diperoleh hasil terbaik pada variasi konsentrasi katalis zeolit 10%, dimana konsentrasi ini memiliki densitas 936.9 kg/m³, bilangan asam 1.4424 mgKOH/g, viskositas 8.50 cSt, kadar air 0.0369% dan yield 65.24%. Semua parameter biodiesel belum memenuhi standar SNI 7182 : 2015, kecuali untuk kadar air. Tingginya viskositas disebabkan karena tidak optimalnya fungsi katalis zeolit/KOH dalam reaksi transesterifikasi pada trigliserida dari minyak jelantah.

Kata kunci: Biodiesel, Zeolit Alam, Minyak Jelantah

Abstract

Synthesis Of Biodiesel from Waste Cooking Oil Using Natural Zeolite Catalyst Impregnated With KOH

Biodiesel is an environmentally friendly fuel. Biodiesel can be synthesized from vegetable oil, one of which is used cooking oil. Used cooking oil is waste that can pollute water but can be reused into useful products such as biodiesel through accelerated esterification and transesterification reactions using catalysts. One potential catalyst for biodiesel production is natural zeolite. The aim of this research is to determine the effects of zeolite/KOH catalyst concentration on synthetic biodiesel. This research was carried out for synthetic biodiesel according to Indonesian National Standard (SNI) 7182 : 2015. The method used is conventional esterification and transesterification with variations in zeolite/KOH concentration (6%, 8%, 10% and 12%) with a ratio of used cooking oil and methanol of 1:12. From the research results, the best result was obtained at varying zeolite catalyst concentrations of 10%, where this concentration had a density value of 936.9 kg/m³, acid number of 1.4424 mgKOH/g, viscosity of 8.50 cSt, water content of 0.0369% and yield of 65.24%. All biodiesel parameters do not meet SNI 7182 : 2015 standards, except for water content. The high viscosity is caused by the suboptimal function of the zeolite/KOH catalyst in the transesterification reaction of triglycerides from used cooking oil.

Keywords: Biodiesel, Natural Zeolite, Used Cooking Oil.

PENDAHULUAN

Berdasarkan data Kementrian Energi dan Sumber Daya Mineral (ESDM) tahun 2021 mencatat cadangan minyak Indonesia sebesar 3,95 miliar barrel. Cadangan minyak ini diperkirakan hanya akan bertahan hingga sekitar 8 tahun. Ini pun membuat ekspor minyak akan semakin besar jika Indonesia terus bertumpu pada minyak fosil. Beberapa sumber energi alternatif yang telah dikembangkan, salah satunya adalah biodiesel. pemanfaatan bahan bakar nabati jenis biodiesel pada 2023 telah menghasilkan penghematan devisa negara mencapai sebesar 7,9 miliar dolar AS atau setara Rp 120,54 triliun (Noor, 2024). Biodiesel dianggap sebagai sumber energi bahan bakar minyak bumi karena kemiripannya dengan bahan bakar mesin diesel. Secara kimia, biodiesel merupakan senyawa metil ester rantai panjang yang dapat diproduksi melalui proses transesterifikasi minyak nabati atau lemak hewan (Darmawan *et al.*, 2023). Biodiesel dapat diproduksi minyak nabati salah satunya minyak jelantah (Lovisia *et al.*, 2022).

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, 1 liter minyak jelantah dapat mencemari hingga 1.000 liter air bersih, menyebabkan pencemaran lingkungan dan risiko banjir akibat drainase yang tersumbat. (Amaliah *et al.*, 2024; Damayanti & Supriyatin, 2021; Mulyaningsih & Hermawati, 2023) Oleh karena itu, minyak jelantah dapat dimanfaatkan kembali menjadi produk yang bermanfaat salah satunya adalah biodiesel. Minyak jelantah memiliki potensi yang cukup besar untuk dikembangkan menjadi bahan bakar biodiesel karena memiliki asam lemak yang tinggi (Oko *et al.*, 2021).

Biodiesel diproduksi melalui reaksi esterifikasi dan transesterifikasi dipercepat menggunakan katalis. Jenis katalis yang umum digunakan adalah katalis homogen baik itu asam ataupun basa. Jenis katalis homogen asam antara lain HCl, H₂SO₄ yang sangat diminati karena sifatnya higroskopisnya, CH₃COOH. Katalis homogen basa yaitu KOH, CaOH, dan NaOH yang lebih diminati karena kereaktifannya yang lebih

tinggi dari senyawa basa lainnya. Produksi biodiesel menggunakan katalis homogen memiliki kelemahan, seperti pembentukan sabun, pemisahan biodiesel dari katalis sangat kompleks. Untuk mengatasi kerugian, pemanfaatan katalis heterogen dalam produksi biodiesel dikembangkan. Katalis heterogen sangat mudah dipisahkan dari biodiesel dan dapat digunakan kembali. Selain itu, produksi biodiesel dengan katalis heterogen tidak menemukan pembentukan sabun (Kurniasih, 2019).

Salah satu katalis yang potensial untuk produksi biodiesel yaitu zeolit alam. Zeolit alam memiliki kelebihan yaitu mudah didapat karena keberadaannya di alam dan biaya yang digunakan untuk mendapatkan zeolit alam tidak terlalu mahal, tetapi memiliki kelemahan yaitu adanya pengotor. Sehingga perlu dilakukan proses aktivasi untuk meningkatkan sifat khusus zeolit dan di impregnasi untuk menghilangkan unsur pengotornya (Herlina *et al.*, 2022). Dengan cara mereaksikan zeolit dengan larutan basa seperti KOH ataupun NaOH (Zamhari *et al.*, 2021).

Penelitian yang dilakukan (Herlina *et al.*, 2022) tentang pembuatan biodiesel berbahan baku fraksi minyak CPO (Crude Palm Oil) parit terkatalisis zeolite alam Lampung. Penelitian ini menggunakan katalisis terimpregnasi dengan KOH dan asam sulfat. Pembuatan katalis dimulai dengan pengayakan zeolit, setelah itu dilakukan aktivasi zeolit secara fisika dilanjutkan proses impregnasi basah dan asam menggunakan variasi larutan KOH 0,5; 1; 1,5; 2 M dan asam sulfat 1,5 M kemudian dikalsinasi pada suhu 450oC selama 4 jam. Uji aktivasi katalis. Uji aktivitas katalitik H-ZAL dilakukan pada esterifikasi asam lemak bebas CPO Parit dan OH-ZAL pada reaksi transesterifikasi untuk menghasilkan biodiesel. Reaksi esterifikasi dan transesterifikasi menggunakan refluks pada suhu 60°C selama 2 jam dengan perbandingan mol minyak dengan metanol sebesar 1:12 dan persen berat katalis terhadap berat minyak sebesar 3 %. Hasil FTIR menunjukkan semakin tinggi konsentrasi KOH maka vibrasi pada gugus fungsi O- H juga meningkat namun vibrasi pada gugus fungsi T-O menjadi menurun. Biodiesel dengan yield tertinggi diperoleh pada katalis OH-ZAL 2 M yaitu 20,25% dengan kandungan metil ester oktadekanoat 38,59%, pentadekanoat 25,26%, linoleat 9,22%, dan metil ester lainnya

dengan persentase kecil. Viskositas biodiesel sebesar $0,95 \text{ mm}^2/\text{s}$ pada 40°C . Sintesis Biodiesel dengan Katalis Zeolit dan Bentonit yang Telah Teraktivasi. Sebanyak 3 gram katalis teraktivasi dimasukkan ke serangkaian alat refluks, dilanjutkan dengan penambahan 200 mL metanol. Pemanasan dilakukan dengan suhu 60°C dengan kecepatan pengadukan sebesar 500 rpm. Minyak goreng komersial sebanyak 100 mL ditambahkan ke dalam labu reaksi sebagai bagian dari reaksi transesterifikasi selama 3 jam. Rendemen hasil sintesis biodiesel melalui penggunaan katalis bentonit dan zeolit berturut-turut adalah 91,75% dan 86,05%. Berdasarkan data persen rendemen hasil sintesis biodiesel, maka penggunaan katalis bentonit lebih baik di bandingkan dengan katalis zeolit. Kualitas biodiesel yang dihasilkan memenuhi persyaratan Standar Nasional Indonesia (SNI) 04-7182-2006. Massa jenis biodiesel yang diproduksi menggunakan zeolit dan bentonit sebesar $868,54 \text{ kg/m}^3$. sementara itu, viskositas biodiesel yang dihasilkan menggunakan zeolit dan bentonit berturut-turut sebesar $2,92 \text{ mm}^2/\text{s}$ dan $2,58 \text{ mm}^2/\text{s}$ (Berghuis *et al.*, 2022)

Penelitian lainnya dilakukan oleh (Darmawan *et al.*, 2023) tentang pemanfaatan zeolit alam sebagai katalis untuk sintesis biodiesel. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui variasi suhu dan waktu katalis. Sintesis biodiesel diawal dengan pembuatan katalis zeolit melalui proses kalsinasi zeolit pada suhu 800°C , 900°C , 950°C dan waktu kalsinasi 3 jam, 3,5 jam dan 4 jam. Kemudian dilakukan perendaman dengan larutan KOH 1:1 dalam 100 mL pelarut air. Kemudian dilanjutkan proses pengeringan selama kurang lebih 1 jam pada suhu 110°C dan kalsinasi pada suhu 800°C , 900°C dan 950°C Perbandingan volume minyak dan methanol sebesar 1:19 dengan katalis 2% dari berat minyak. Bahwa kondisi terbaik untuk pembuatan biodiesel dengan menggunakan zeolit sebagai katalis didapat pada suhu kalsinasi 800°C dan waktu kalsinasi 4 jam dan konsentrasi zeolit 2%. Yield biodiesel yang dihasilkan pada kondisi terbaik sebesar 72,5%. Biodiesel yang dihasilkan telah memenuhi beberapa parameter SNI 7182:2015, dimana katalis terbaik menghasilkan mutu biodiesel dengan densitas sebesar $0,86 \text{ gr/mL}$, viskositas $2,26 \text{ mm}^2/\text{s}$, titik nyala 115°C . Penelitian tentang produksi biodiesel dari minyak

jelantah ini dengan memodifikasi variasi KOH dengan berat 25gr, 80gr, 110gr dan zeolit alam 10gr, 25gr yang akan digunakan sebagai katalis, proses pembuatan biodiesel dilakukan melalui proses reaksi transesterifikasi. hasil uji viskositas nilai viskositas tertinggi yaitu pada variasi A_1Z_2 (25 g KOH dan 25 g Zeolit) yaitu 3,64 cSt, sedangkan untuk hasil uji bilangan asam yaitu 1,08 mg/NaOH dan hasil pada uji nyala biodiesel yang dihasilkan menyala (Khofifah *et al.*, 2024). pembuatan biodiesel dari minyak jelantah menggunakan katalis bentonit Bojong Manik Lebak Banten yang di impregnasi NaOH. Metode sintesis biodiesel yang digunakan adalah transesterifikasi basa. Bentonit sebagai katalis dipreparasi dengan proses impregnasi pada variasi %KOH yaitu 20, 26, 31, dan 35 % (b/b). Reaksi biodiesel dilakukan pada temperatur 60°C dan waktu reaksi selama 3 jam dengan menggunakan katalis 3% terhadap jumlah minyak jelantah. Hasil penelitian diperoleh pada kondisi optimum pada katalis 26 %KOH (b/b) dengan yield biodiesel sebesar 91,2%, densitas $0,870 \text{ g/mL}$, viskositas 4,1 cSt, titik nyala 129°C dan kandungan metil ester sebesar 97,48%. (Hartono *et al.*, 2022).

Berdasarkan Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh (Mukminin *et al.*, 2023) tentang pengaruh waktu reaksi pembuatan biodiesel dari minyak jekantah dengan bantuan katalis basa NaOH terhadap sifat fisika dan kimia produk biodiesel. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh waktu reaksi pembentukan biodiesel. Reaksi transesterifikasi dengan menggunakan katalis basa homogen NaOH. Dengan ratio metanol dan minyak jelantah 1:5. Dimana variasi waktu reaksi transesterifikasi adalah 35 menit, 40 menit dan 45 menit. Waktu reaksi dalam pembuatan biodiesel melalui reaksi transesterifikasi minyak jelantah dan metanol 1:5 massa suhu 60°C dengan bantuan katalis basa NaOH 0,6% massa memberikan hasil bervariasi. Rendemen sebanyak 80% didapatkan pada waktu reaksi 40 menit. Sedangkan waktu 30 menit dan 45 menit memberikan sebesar 79% dan 65%. Parameter kimia masuk SNI kecuali kadar air. Parameter fisika belum memenuhi SNI karena hasil didapatkan untuk waktu reaksi 30 menit, 40 menit dan 45 menit adalah 828 kg/m^3 , 833 kg/m^3 , dan 836 kg/m^3 . Oleh karena itu pada penelitian ini akan dilakukan pengembangan untuk mengetahui pengaruh konsentrasi katalis zeolit/KOH pada

sintesis biodiesel berdasarkan SNI 7182 : 2015.

METODOLOGI

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah zeolit alam, minyak jelantah, aquadest, HCL, metanol, KOH, H₂SO₄, indikator PP, asam oksalat, alumunium foil. Peralatan yang digunakan adalah labu leher 3, statif dan klem, kondensor, gelas ukur, thermometer, Erlenmeyer, neraca analitik, oven, gelas kimia, pipet volume, pipet ukur, kertas saring, corong pemisah, furnace, ayakan 100 mesh, desikator, mortar.

Aktivasi Zeolit

Tumbuk zeolit ke ukuran yang lebih kecil. Di ayak zeolit dengan ayakan ukuran 100 mesh. Direndam 100 gram zeolit dengan 200 mL HCL 6 N selama 2 jam (Kusuma *et al.*, 2013).

Impregnasi Zeolit dengan KOH

Timbang 20 gram KOH dan dilarutkan didalam 100 mL aquadest. Rendam zeolit yang telah diaktivasi dengan larutan KOH pada suhu 90°C selama 2 jam. Disaring zeolit dengan kertas saring kemudian dikeringkan didalam oven pada suhu 110 °C selama 2 jam. Mengkalsinasi zeolit menggunakan furnace pada suhu 800°C selama 4 jam (Kusuma *et al.*, 2013).

Reaksi Esterifikasi pada Minyak Jelantah

Timbang 100 gram minyak jelantah dan dimasukkan ke dalam labu leher tiga. Ditambahkan 52 gram metanol dan 1 gram H₂SO₄ ke dalam labu leher tiga. Merefluks selama 1 jam pada suhu 60°C. memasukkan hasil esterifikasi kedalam corong pisah dan mendinginkan selama 1 jam, selanjutnya lapisan bawah untuk proses esterifikas.

Reaksi Transesterifikasi pada Minyak Jelantah

Menimbang katalis zeolit alam sebanyak 6% dari berat relative terhadap minyak jelantah dan memasukkan kedalam labu leher tiga. Menambahkan metanol dengan perbandingan ratio 1:12 dari total minyak jelantah. Mencampurkan campuran tersebut dan merefluks pada suhu 60°C dan diaduk menggunakan stirrer selama 4 jam. Mendinginkan dan mendinginkan selama 24 jam sehingga terbentuk 3 lapisan,

lapisan atas mengandung metanol, lapisan tengah mengandung crude biodiesel dan lapisan bawah adalah katalis. Mengambil lapisan tengah dan dicuci dengan menggunakan aquadest pada suhu 80°C hingga pencucian sama dengan pH aquadest. Biodiesel yang diperoleh dipanaskan pada suhu 105°C selama 1 jam. Melakukan pengulangan dengan variasi katalis 8%, 10% 12%. Kemudian menghitung yield, densitas, bilangan asam, viskositas, dan kadar air.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini sintesis biodiesel dari minyak jelantah dengan variasi konsentrasi katalis zeolit alam dan waktu transesterifikasi. Tahap awal minyak jelantah dianalisa dengan parameter yaitu : densitas 40°C, bilangan asam, kadar air dan viskositas kinematik pada 40°C. Analisis tersebut bertujuan mengetahui kondisi minyak jelantah sebelum digunakan sebagai bahan baku serta untuk menentukan tahap reaksi yang digunakan dalam pembuatan biodiesel.

Kadar asam lemak bebas pada minyak jelantah sebesar 2.1%, dimana jika minyak jelantah memiliki FFA di bawah 2% sudah memenuhi syarat untuk proses transesterifikasi. Apabila kadar FFA yang terlalu besar dapat mengakibatkan reaksi saponifikasi dengan katalis (Prihanto & Irawan, 2018).

Proses pencucian biodiesel juga berpengaruh terhadap jumlah biodiesel yang dihasilkan, karena semakin banyak aquadest yang tercampur pada biodiesel maka emulsi semakin banyak dan mempengaruhi kualitas biodiesel (Efendi *et al.*, 2018).

Pengaruh Konsentrasi Katalis Terhadap Yield

Gambar 1 menunjukkan konsentrasi katalis yang berpengaruh terhadap yield biodiesel. Pada konsentrasi katalis 12% menghasilkan yield tertinggi sebesar 66.26%, sementara konsentrasi katalis 8% menghasilkan yield terendah 65.14%. Semakin banyak konsentrasi katalis yang ditambahkan ke dalam reaksi maka semakin besar rendemen yang dihasilkan. Namun, rendemen biodiesel akan menurun apabila penambahan konsentrasi katalis telah mencapai batas minimum. Karena fungsi katalis untuk menurunkan energi aktivasi sehingga kecepatan

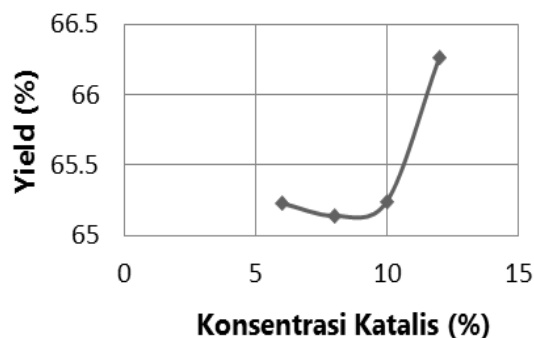
reaksi menjadi lebih tinggi pada suatu kondisi tertentu. Semakin banyak katalis maka energi aktivasi suatu reaksi akan semakin kecil, akibatnya produk akan semakin cepat terbentuk (Prihanto & Irawan, 2018). Penggunaan katalis yang berlebihan dapat mengurangi yield, karena Sebagian minyak jelantah akan berubah menjadi sabun padat yang akan terpisah pada proses penyaringan (Andalia & Pratiwi, 2018). Perbedaan hasil yield dari penelitian yang dilakukan oleh (Darmawan *et al.*, 2023) dan (Mukminin *et al.*, 2023) masing – masing sebesar 72,5 % dan 80%, hal ini disebabkan pada penelitian yang dilakukan oleh (Darmawan *et al.*, 2023) katalis yang digunakan sebesar 2% hal ini menunjukkan bahwa penggunaan katalis dengan konsentrasi lebih kecil cenderung meningkatkan yield dari biodiesel. Sedangkan pada penelitian yang dilakukan oleh (Mukminin *et al.*, 2023) menggunakan katalis homogen yaitu NaOH dimana jenis katalis ini memang aktivitas katalitiknya lebih tinggi di bandingkan katalis heterogen dalam sintesis biodiesel.

Pengaruh Konsentrasi Katalis Terhadap Viskositas

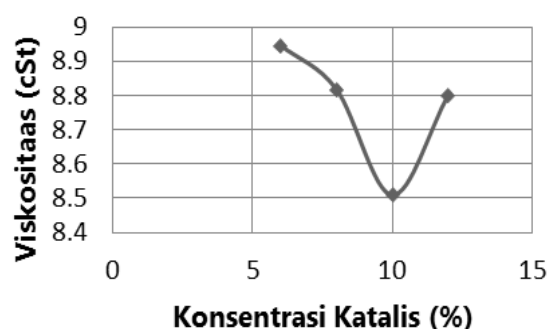
Pada Gambar 2 menunjukkan konsentrasi katalis terhadap viskositas. Pada konsentrasi 6% menghasilkan viskositas tertinggi sebesar 8.9463 cSt, sementara konsentrasi 10% menghasilkan viskositas terendah sebesar 8.5093 cSt. Nilai viskositas yang dihasilkan belum memenuhi standar SNI 7182 : 2015 tentang biodiesel. Semakin kecil angka viskositas maka semakin cair larutan tersebut dan semakin tinggi cairan akan semakin kental (Yunsari, Husaini dan Rusdianasari, 2019). Viskositas yang tinggi disebabkan minyak jelantah tidak dilakukan proses pemurnian dimana semakin tinggi viskositasnya, semakin kental dan semakin sukar bahan tersebut mengalir (Wahyuni, 2015).

Pengaruh Konsentrasi Katalis Terhadap Densitas

Pada Gambar 3 menunjukkan konsentrasi katalis terhadap berat jenis. Pada konsentrasi 6% menghasilkan berat jenis tertinggi sebesar 951.4 kg/m³, sementara konsentrasi 10% menghasilkan berat jenis terendah sebesar 936.9 kg/m³. Nilai berat jenis yang dihasilkan belum memenuhi



Gambar 1. Analisa Yield



Gambar 2. Analisa Viskositas

standar SNI 7182 : 2015 tentang biodiesel. Faktor yang mempengaruhi berat jenis adalah penggunaan katalis. Jika penggunaan katalis basa berlebih maka akan menyebabkan reaksi penyabunan (Syamsidar, 2013). Faktor gliserol yang terdapat dalam metil ester akan mempengaruhi berat jenis (Andalia & Pratiwi, 2018). Proses pencucian dan pemurnian kurang sempurna akan menyebabkan semakin besar kadar berat jenis. Semakin besar angkat berat jenis akan berpengaruh terhadap peningkatan konsumsi bahan bakar. Hal ini disebabkan karena dibutuhkan lebih banyak bahan bakar untuk di injeksikan kedalam ruang pembakaran untuk mendapatkan tenaga mesin yang sama (Setiawati & Edwar, 2012).

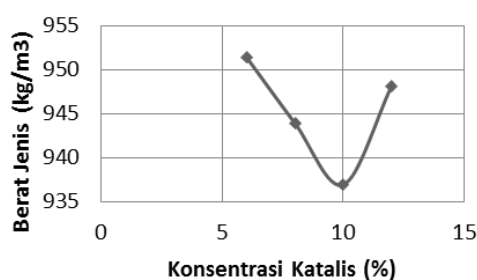
Pengaruh Konsentrasi Katalis Terhadap Bilangan Asam

Pada Konsentrasi 12% menghasilkan bilangan asam tertinggi sebesar 1.7852 mgKOH/g, sementara konsentrasi 10% menghasilkan bilangan asam terendah sebesar 1.4424 mgKOH/g (Gambar 4). Nilai bilangan asam tersebut belum memenuhi standar SNI 7182 : 2015 tentang biodiesel. Tingginya bilangan asam pada biodiesel

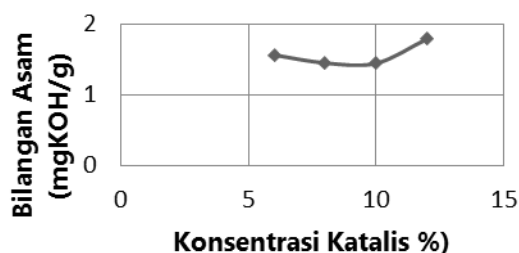
menunjukkan adanya asam lemak bebas yang tersisa (Zamhari *et al.*, 2021). Bilangan asam yang tinggi dapat menyebabkan korosi pada tangka bahan bakar mesin diesel (Efendi *et al.*, 2018).

Pengaruh Konsentrasi Katalis Terhadap Kadar Air

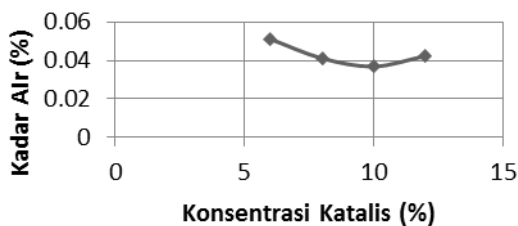
Gambar 5 menunjukkan konsentrasi katalis terhadap bilangan kadar air. Pada konsentrasi 6% menghasilkan kadar air tertinggi sebesar 0.05%, sementara konsentrasi 10% menghasilkan kadar air terendah sebesar 0.03%. Kadar Air tersebut semua sudah memenuhi standar SNI 7182:2015. Kadar air yang tinggi dapat disebabkan oleh proses penguapan yang belum sempurna (Isnaini, 2018; Umam, 2018). Air yang terkandung di dalam produk disebabkan oleh sisa air dari hasil pemurnian produk sehingga akan membuat penyaluran bahan bakar ke piston menjadi terhambat.



Gambar 3. Analisis Densitas



Gambar 4. Grafik Analisa Bilangan Asam



Gambar 5. Analisis Kadar Air

KESIMPULAN

Berdasarkan Penelitian sintesis biodiesel dari minyak jelantah dengan menggunakan katalis zeolite alam dengan konsentrasi katalis dengan hasil terbaik pada konsentrasi katalis 10% yang menghasilkan yield sebesar 65.24%. Hasil uji kuliatas biodiesel yang dihasilkan berat jenis 936.9 kg/m³, bilangan asam 1.4424 mgKOH/g, viskositas 8.50 cSt, kadar air 0.0369%. Semua parameter belum memenuhi standar SNI 7182:2015, kecuali parameter kadar air.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada P3M Politeknik Negeri Samarinda yang telah memberi dukungan financial terhadap penelitian DIPA Politeknik Negeri Samarinda Nomor 023.18.2.677612/2024 Tgl. 24 November Tahun 2023.

DAFTAR PUSTAKA

- Amaliah, S., Solikha, D. F., & Marfiana, P. 2024. Efektifitas Edukasi Lingkungan Tentang Dampak Negatif Minyak Jelantah Dan Solusi Ramah Lingkungan Untuk Siswa Dan Siswi Smp Al-Urwatul Wutsqo Indramayu. *Jurnal Education And Development*, 12(2): 332–336. DOI: 10.33086/jead.v12i2.332
- Andalia, W., & Pratiwi, I. 2018. Kinerja Katalis NaOH dan KOH ditinjau dari Kualitas Produk Biodiesel yang dihasilkan dari Minyak Goreng Bekas. *Jurnal Tekno Global*, 7(2): 1–10. DOI: 10.33387/jtg.v7i2.1234
- Berghuis, N. T., Mutaqqin, M., Hidayat, F. I., Sugianto, S., Pratama, H., Kirana, A., Rifaldi, D. A., Jesica, A., Maulana, P., & Thufail, A. 2022. Perbandingan Penggunaan Katalis Alam (Zeolit dan Bentonit) dalam Sintesis Biodiesel dari Minyak Goreng Komersil. *Alchemy*, 18(2): 174–182. DOI: 10.20961/alchemy.18.2.174
- Damayanti, F., & Supriyatin, T. 2021. Pemanfaatan limbah minyak jelantah sebagai upaya peningkatan kepedulian masyarakat terhadap lingkungan. *Dinamisia: Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat*, 5(1): 1–10. DOI: 10.31849/dinamisia.v5i1.6789

- Darmawan, A. P., Zamhari, M., & Junaidi, R. 2023. Pemanfaatan Zeolite Alam Sebagai Katalis Untuk Sintesis Biodiesel. *Innovative: Journal Of Social Science Research*, 3(5): 5703–5714. DOI: 10.31004/innovative.v3i5.12345
- Efendi, R., Faiz, H. A. N., & Firdaus, E. R. 2018. Pembuatan Biodiesel Minyak Jelantah Menggunakan Metode Esterifikasitransesterifikasi Berdasarkan Jumlah Pemakaian Minyak Jelantah. *Prosiding Industrial Research Workshop and National Seminar*, 9: 402–409. DOI: 10.1234/prosiding.v9.402
- Hartono, R., Adiwibowo, M. T., Yulvianti, M., Rochmat, A., Faozin, A., Aziz, M. A., & Arbantini, S. 2022. Pengaruh Impregnasi Koh Pada Katalis Bentonit Bojong Manik Lebak Banten Dalam Sintesis Biodiesel Dari Minyak Jelantah. *Jurnal Integrasi Proses*, 11(1): 46–50. DOI: 10.28959/jip.v11i1.1234
- Herlina, I., Puspitarum, D. L., Al Qadri, L., & Safitra, E. R. 2022. Pembuatan Biodiesel Berbahan Baku Fraksi Minyak Cpo (Crude Palm Oil) Parit Terkatalisis Zeolit Alam Lampung. *Jurnal Inovasi Teknik Kimia*, 7(1): 1–8. DOI: 10.31284/j.itk.2022.v7i1.1234
- Isnaini, I. A. 2018. Analisis pengaruh suhu pemanasan pada transesterifikasi minyak jarak (*Ricinus communis*) menggunakan katalis heterogen KOH/zeolit dalam pembuatan biodiesel. Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim. (Tidak ada DOI tersedia; ini adalah tesis/skripsi.)
- Khofifah, F. K., Nalawati, A. N., & Setiawan, A. P. 2024. Pengaruh Penambahan KOH Dan Zeolit Alam Sebagai Katalisator Pembuatan Biodiesel Dari Minyak Jelantah. *National Multidisciplinary Sciences*, 3(3): 536–542. DOI: 10.56789/nms.v3i3.1234
- Kurniasih, E. 2019. Produksi Biodiesel Berbahan Baku Crude Palm Oil Off Grade: Komparasi Temperatur Pengembangan Zeolite/Kl. *Prosiding Seminar Nasional Politeknik Negeri Lhokseumawe*, 3(1): 295–305. DOI: 10.1234/prosiding.v3i1.295
- Kusuma, R. I., Hadinoto, J. P., Ayucitra, A., Soetaredjo, F. E., & Ismadji, S. 2013. Natural zeolite from Pacitan Indonesia, as catalyst support for transesterification of palm oil. *Applied Clay Science*, 74: 121–126. DOI: 10.1016/j.clay.2012.11.011
- Lovisia, E., Gumay, O. P. U., Amin, A., Ariani, T., & Arini, W. 2022. Sosialisasi Dan Pelatihan Pembuatan Biodiesel Dari minyak jelantah Di Desa Marga Tani Kecamatan Jayaloka. *Jurnal Abdimas Ilmiah Citra Bakti*, 3(2): 164–173. DOI: 10.56789/jab.v3i2.1234
- Mukminin, A., Megawati, E., Ariyani, D., Warsa, I. K., Monde, J., & Sapril, S. 2023. Pengaruh Waktu Reaksi Pembuatan Biodiesel dari Minyak Jelantah dengan Bantuan Katalis Bassa NaOH terhadap Sifat Fisika dan Kimia Produk Biodiesel. *Journal on Education*, 5(2): 3817–3825. DOI: 10.31004/joe.v5i2.1234
- Mulyaningsih, M., & Hermawati, H. 2023. Sosialisasi Dampak Limbah Minyak Jelantah Bahaya Bagi Kesehatan Dan Lingkungan. *Jurnal Penelitian Dan Pengabdian Kepada Masyarakat UNSIQ*, 10(1): 61–65. DOI: 10.56789/jppm.v10i1.1234
- Noor, A. F. 2024. Berkat Biodiesel, Indonesia Berhasil Hemat Devisa Rp. 120 T. *Republika*. <https://ekonomi.republika.co.id/berita/s7d931490/berkat-biodiesel-indonesia-berhasil-hemat-devisa-rp-120-triliun>
- Oko, S., Mustafa, M., Kurniawan, A., & Putri, K. N. E. 2021. Sintesis Biodiesel dari Minyak Jelantah Menggunakan Katalis NaOH/CaO/C dari Cangkang Telur. *Indonesian Journal of Industrial Research*, 6(1): 147–156. DOI: 10.56789/ijir.v6i1.1234
- Prihanto, A., & Irawan, T. A. B. 2018. Pengaruh Temperatur, Konsentrasi Katalis Dan Rasio Molar Metanol-Minyak Terhadap Yield Biodisel Dari Minyak Goreng Bekas Melalui Proses Netralisasi-Transesterifikasi. *Metana*, 13(1): 30–36. DOI: 10.1234/metana.v13i1.30
- Setiawati, E., & Edwar, F. 2012. Teknologi pengolahan biodiesel dari minyak goreng bekas dengan teknik mikrofiltrasi dan transesterifikasi sebagai alternatif bahan bakar mesin diesel. Indonesian Ministry of Industry.
- Syamsidar, H. S. 2013. Pembuatan dan uji kualitas biodiesel dari minyak jelantah. *Teknosains: Media Informasi Sains Dan Teknologi*, 7(2): 209–218. DOI: 10.56789/teknosains.v7i2.1234
- Umam, M. N. 2018. Variasi waktu reaksi transesterifikasi minyak jarak dengan menggunakan katalis KOH/Zeolit dalam pembuatan biodiesel. Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim.

Wahyuni, S. 2015. Pengaruh suhu proses dan lama pengendapan terhadap kualitas biodiesel dari minyak jelantah (The influence of process temperature and deposition time on biodiesel quality of cooking oil). *Pillar of Physics*, 6(2): 1–10. DOI: 10.1234/pillar.v6i2.1

Zamhari, M., Junaidi, R., Rachmatika, N., & Oktarina, A. 2021. Pembuatan Katalis Berbasis Karbon Aktif Dari Tempurung Kelapa (Cocos Nucifera) Diimpregnasi KOH Pada Reaksi Transesterifikasi Sintesis Biodiesel. *Kinetika*, 12(1): 23–31. DOI: 10.1234/kinetika.v12i1.23