

OPTIMASI TRANSESTERIFIKASI MINYAK NYAMPLUNG DENGAN KATALIS HETEROGEN: STUDI PENGARUH SUHU DAN WAKTU REAKSI

Lilla Puji Lestari¹, Yunita Nur Afifah², Sri Purwanto³, Ferdi Firmansyah⁴

^{1,2,3,4}Teknik Mesin, Fakultas Teknik
Universitas Maarif Hasyim Latif, Sidoarjo, Indonesia
e-mail : lilla_puji_lestari@dosen.umaha.ac.id, yunita@dosen.umaha.ac.id,
sri_purwanto@student.umaha.ac.id, ferdy_firmansyah@student.umaha.ac.id

ABSTRAK

Penggunaan bahan bakar fosil secara global telah menyebabkan masalah lingkungan dan ekonomi. Biodiesel sebagai sumber energi terbarukan tampak menjanjikan. Tanaman Nyamplung (*Calophyllum inophyllum*) memiliki kandungan minyak yang tinggi dan dapat tumbuh subur di tanah yang tandus, sehingga menjadi sumber biodiesel yang menjanjikan. Penelitian ini meneliti bagaimana perubahan suhu dan durasi reaksi mempengaruhi efisiensi transesterifikasi minyak Nyamplung berbasis katalis heterogen. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan cara untuk mengoptimalkan transesterifikasi dan meningkatkan produksi biodiesel. Biji nyamplung diekstraksi dengan pelarut untuk diambil minyaknya. Katalis heterogen digunakan untuk transesterifikasi pada suhu 60°C, 70°C, dan 80°C dengan waktu reaksi 30-90 menit. GC-MS standar ASTM dan uji karakteristik fisikokimia digunakan untuk menilai produksi dan kualitas biodiesel. Efisiensi transesterifikasi secara signifikan dipengaruhi oleh suhu dan lama reaksi. Hasil biodiesel terbaik adalah 85% pada suhu 70°C selama 60 menit. Meningkatkan suhu di atas 70°C atau periode reaksi lebih dari 60 menit tidak meningkatkan hasil biodiesel dan bahkan dapat menurunkannya. Mengoptimalkan lama reaksi dan suhu dapat meningkatkan efisiensi transesterifikasi minyak nyamplung dengan menggunakan katalis heterogen. Penelitian ini menawarkan landasan ilmiah yang kuat untuk mengembangkan metode pembuatan biodiesel minyak Nyamplung yang lebih efisien dan berkelanjutan, sehingga dapat meningkatkan upaya dunia untuk menemukan sumber energi terbarukan.

Kata kunci: Biodiesel, Katalis Heterogen, Minyak Nyamplung, Spektroskopi GC-MS, Transesterifikasi,

PENDAHULUAN

Meningkatnya masalah lingkungan dan ekonomi yang terkait dengan penggunaan bahan bakar fosil global telah mendorong pencarian sumber energi terbarukan. Di antara alternatif yang menjanjikan, biodiesel telah menarik perhatian yang signifikan karena potensinya untuk mengurangi emisi gas rumah kaca dan ketergantungan pada sumber daya tak terbarukan (Qadariah et al., 2018) Biodiesel, yang berasal dari berbagai bahan biologis, menawarkan solusi yang berkelanjutan dan ramah lingkungan terhadap krisis energi.

Penggunaan bahan bakar fosil secara global telah menyebabkan masalah lingkungan dan ekonomi yang signifikan, termasuk pemanasan global dan penurunan cadangan minyak bumi. Oleh karena itu, ada kebutuhan mendesak untuk menemukan sumber energi alternatif yang ramah lingkungan dan berkelanjutan. Biodiesel adalah salah satu alternatif yang menjanjikan karena dapat diproduksi dari sumber daya terbarukan seperti minyak nabati. Salah satu tanaman yang potensial sebagai sumber biodiesel adalah Tanaman nyamplung (*Calophyllum inophyllum*) memiliki

kandungan minyak yang tinggi dan dapat tumbuh subur di tanah tandus, menjadikannya sumber biodiesel yang potensial (Kurniati et al., 2018).

Salah satu bahan baku yang menjanjikan untuk produksi biodiesel adalah tanaman Nyamplung (*Calophyllum inophyllum*). Minyak nyamplung kaya akan asam lemak dan mampu tumbuh subur di lahan marginal, sehingga menjadi kandidat yang menarik untuk produksi biodiesel. Hasil minyak yang tinggi dan kemampuan beradaptasi terhadap berbagai kondisi lingkungan menjadikan tanaman ini sebagai pilihan yang tepat untuk produksi energi yang berkelanjutan (Budianto & Sumari, 2018)

Minyak Nyamplung telah dipelajari secara intensif sebagai bahan baku biodiesel karena kandungan minyaknya yang tinggi, mencapai sekitar 71.4% berat biji, serta komposisi asam lemak yang sesuai untuk produksi biodiesel berkualitas tinggi (Malabadi et al., 2023). Proses transesterifikasi minyak Nyamplung menggunakan katalis heterogen menunjukkan efisiensi yang signifikan dalam menghasilkan biodiesel dengan kualitas yang memenuhi standar internasional (Ramdhani & Trisunaryanti, 2023).

Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji pengaruh variasi suhu dan waktu reaksi terhadap efisiensi transesterifikasi minyak tanaman Nyamplung menggunakan katalis heterogen. Hasil penelitian diharapkan dapat memberikan cara untuk mengoptimalkan proses transesterifikasi dan meningkatkan produksi biodiesel dari minyak Nyamplung. Dengan mengidentifikasi kondisi operasi yang optimal, Penelitian ini dapat memberikan dasar ilmiah untuk meningkatkan produksi biodiesel yang lebih efisien dan berkelanjutan, sehingga berkontribusi pada upaya global untuk mengurangi ketergantungan pada bahan bakar fosil dan mengatasi perubahan iklim (Andrifar et al., 2022).

Dengan mengeksplorasi kondisi reaksi yang berbeda, penelitian ini berusaha untuk mengidentifikasi parameter optimal untuk memaksimalkan hasil biodiesel dan meningkatkan sifat fisikokimia. Temuan dari penelitian ini diharapkan dapat berkontribusi terhadap pengembangan metode produksi biodiesel yang lebih efisien dan berkelanjutan, mendukung upaya global untuk mengurangi ketergantungan pada bahan bakar fosil dan mengatasi perubahan iklim, serta mendukung upaya global dalam beralih ke sumber energi terbarukan.

Minyak nyamplung diperoleh melalui beberapa tahapan proses sebagaimana dijelaskan oleh Gunawan et al. (2020). Tahap pertama adalah pengupasan biji dari kulit kerasnya. Setelah itu, biji dirajang menjadi irisan tipis dan dijemur di bawah sinar matahari selama dua hari. Biji yang sudah kering kemudian ditumbuk dan dikukus selama dua jam. Dari 2,5 kg biji nyamplung kering tanpa kulit, peneliti memperoleh sekitar 1 liter minyak nyamplung. Pada tahap terakhir, peneliti menghilangkan residu dan kotoran dari minyak menggunakan larutan asam fosfat dengan konsentrasi 1%.

Biodiesel dapat dihasilkan dari minyak nabati maupun hewani. Menurut Sisca & Jamarun (2020), minyak nabati terdiri dari trigliserida, yang merupakan ester asam lemak yang terikat pada gliserol, sedangkan Biodiesel adalah monoester asam lemak yang diproduksi dengan metanol. Perbedaan dalam struktur molekul ini memiliki beberapa konsekuensi penting dalam menilai kedua bahan bakar tersebut untuk penggunaan diesel. Minyak nabati, yang memiliki berat molekul lebih tinggi, lebih rentan mengalami pemecahan menjadi molekul kecil ketika dipanaskan tanpa kehadiran udara.

Esterifikasi adalah proses yang mengubah asam lemak bebas menjadi ester. Dalam proses ini, minyak lemak bereaksi dengan alkohol

menggunakan katalis yang memiliki karakter asam kuat. Contoh katalis yang umum digunakan dalam praktik industri termasuk asam sulfat, asam sulfonat organik, dan resin penukar kation asam kuat (Zheng et al., 2024).

Transesterifikasi, juga dikenal sebagai alkoholisis, mengubah trigliserida (minyak nabati) menjadi alkil ester melalui reaksi dengan alkohol, dengan gliserol sebagai produk sampingan. Di antara alkohol monohidrik yang dapat digunakan sebagai pemasok gugus alkil, metanol paling sering dipilih karena murah dan memiliki reaktivitas tinggi, sehingga proses ini juga disebut metanolisis. Oleh karena itu, biodiesel identik dengan ester metil asam lemak (Zheng et al., 2024).

Transesterifikasi memerlukan katalis dalam tahap reaksinya, meskipun keberadaan katalis dapat menghasilkan konversi maksimum, proses reaksinya cenderung lambat. Katalis basa umumnya digunakan dalam reaksi transesterifikasi karena dapat mempercepat proses tersebut. Produk yang dihasilkan dari reaksi transesterifikasi adalah metil ester asam lemak.

Penelitian yang dilakukan oleh (Juwono et al., 2017), penggunaan katalis heterogen dalam proses transesterifikasi minyak Nyamplung. Penelitian ini menunjukkan bahwa penggunaan katalis basa heterogen seperti KOH dan CH_3COONa dengan bantuan microwave dapat meningkatkan efisiensi produksi biodiesel. Hasil terbaik yang diperoleh adalah 96% yield biodiesel dengan KOH sebagai katalis pada kondisi operasi optimum. Penelitian berikutnya dilakukan oleh (Shahabi Mohammadabadi et al., 2022), pengaruh suhu dan waktu reaksi terhadap efisiensi produksi biodiesel menggunakan metode induksi elektromagnetik. Penelitian ini menemukan bahwa suhu dan durasi reaksi memiliki pengaruh signifikan terhadap yield biodiesel, dengan kondisi optimum ditemukan pada suhu 70°C dan waktu reaksi 60 menit. Penelitian ini juga menunjukkan bahwa metode induksi elektromagnetik dapat meningkatkan efisiensi transesterifikasi minyak Nyamplung. Percobaan pembuatan biodiesel dari minyak nyamplung telah dilakukan oleh (Gaurav et al., 2021), penggunaan katalis heterogen berbasis kalsium oksida yang didoping dengan kalium. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan katalis CaO-K meningkatkan konversi minyak Nyamplung menjadi biodiesel secara signifikan dengan yield mencapai 93%. Penelitian ini juga mengidentifikasi kondisi operasi optimum pada suhu 65°C dan waktu reaksi 50 menit. Penelitian oleh (Kurniati & Syam, 2024), penelitian ini mengukur berbagai parameter seperti viskositas, densitas, angka asam, dan kandungan metil ester. Hasil penelitian

menunjukkan bahwa biodiesel yang diproduksi dari minyak Nyamplung memenuhi standar internasional untuk bahan bakar biodiesel.

Penelitian ini menawarkan kontribusi baru dan unik dalam beberapa aspek berikut yaitu Eksplorasi variasi suhu dan waktu reaksi. Penelitian ini akan menjadi salah satu studi pertama yang secara sistematis mengeksplorasi pengaruh variasi suhu (60°C, 70°C, dan 80°C) dan durasi reaksi (30 menit, 60 menit, dan 90 menit) terhadap efisiensi transesterifikasi minyak Nyamplung menggunakan katalis heterogen CaO (Khurram et al., 2022). Dengan demikian, penelitian ini dapat mengisi kesenjangan dalam literatur yang ada dan menyediakan data empiris yang lebih komprehensif. Penggunaan katalis heterogen CaO (Calcium Oksida) sebagai katalis heterogen sudah dikenal, penelitian ini akan mengkombinasikannya dengan analisis variasi suhu dan waktu reaksi secara rinci untuk pertama kalinya. Hal ini diharapkan dapat memberikan wawasan baru mengenai optimasi proses transesterifikasi dan efisiensi produksi biodiesel. Analisis komprehensif kualitas biodiesel tidak hanya berfokus pada hasil produksi biodiesel tetapi juga melakukan analisis karakteristik fisikokimia yang mendalam menggunakan teknik GC-MS sesuai standar ASTM. Parameter yang diukur meliputi yield biodiesel, kandungan metil ester, viskositas, densitas, dan angka asam. Pendekatan ini memberikan gambaran menyeluruh mengenai kualitas dan potensi biodiesel yang dihasilkan dari minyak Nyamplung.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini dirancang untuk mengkaji pengaruh variasi suhu dan waktu reaksi terhadap efisiensi proses transesterifikasi minyak Nyamplung dengan menggunakan katalis basa KOH. Metode penelitian ini meliputi beberapa tahapan utama yang bertujuan untuk memastikan bahwa setiap variabel yang berpengaruh dapat diidentifikasi dan dianalisis secara mendetail. Tahapan penelitian diawali dengan persiapan katalis dan bahan baku, diikuti dengan proses ekstraksi minyak dari biji Nyamplung. Setiap tahap dirancang untuk mengoptimalkan kondisi reaksi dan memaksimalkan hasil biodiesel yang diperoleh. Penelitian ini menggunakan pendekatan eksperimental dengan variasi suhu dan waktu reaksi untuk menentukan kondisi optimal transesterifikasi. Hasil yang diperoleh dari setiap kondisi reaksi kemudian dianalisis untuk mengukur efisiensi konversi dan karakteristik biodiesel yang dihasilkan.

Penelitian ini menggunakan bahan utama berupa buah nyamplung yang diperoleh dari Kawasan Taman Nasional Baluran, Kabupaten Situbondo. Reagen yang digunakan meliputi n-heksana. Katalis heterogen yang digunakan meliputi CaO, larutan natrium hidroksida, HCl dengan konsentrasi 33%, dan metanol Merck dengan konsentrasi 99,9 %.

Tahapan penelitian terdiri dari beberapa langkah utama. Pertama, katalis dipersiapkan dengan memproses bahan-bahan yang diperlukan. Kedua, biji nyamplung diekstraksi menggunakan pelarut n-heksana untuk mendapatkan minyak nyamplung, yang kemudian dianalisis untuk mengetahui karakteristiknya. Ketiga, peneliti melakukan proses esterifikasi untuk mengurangi kandungan asam lemak bebas dalam minyak nyamplung. Keempat, peneliti melaksanakan transesterifikasi untuk memproduksi biodiesel. Setelah itu, peneliti menghitung hasil biodiesel yang dihasilkan.

Persiapan Katalis Heterogen

Katalis heterogen yang digunakan dalam proses transesterifikasi adalah kalsium oksida (CaO) Berikut adalah langkah-langkah persiapan katalis heterogen CaO yang dilakukan dalam penelitian ini adalah pemilihan bahan baku adalah cangkang telur atau kulit kerang yang kaya akan kalsium karbonat (CaCO₃). Selanjutnya adalah proses kalsinasi, CaCO₃ yang diperoleh dari sumber alami atau bahan baku lain harus dikalsinasi untuk mengubahnya menjadi CaO. Proses kalsinasi dilakukan dengan memanaskan CaCO₃ pada suhu tinggi. Bahan CaCO₃ ditempatkan dalam tanur (furnace) dan dipanaskan pada suhu 800°C hingga 900°C selama 2-3 jam. Proses ini akan menguraikan CaCO₃ menjadi CaO dan melepaskan gas karbon dioksida (CO₂). Proses berikutnya adalah pendinginan dan penyimpanan, setelah proses kalsinasi selesai CaO yang terbentuk dibiarkan dingin pada suhu kamar. Katalis CaO yang telah didinginkan kemudian disimpan dalam desikator untuk mencegah penyerapan kelembaban dari udara, karena CaO bersifat higroskopis dan mudah bereaksi dengan air untuk membentuk kalsium hidroksida (Ca(OH)₂). Aktivasi katalis yaitu sebelum digunakan dalam reaksi transesterifikasi, CaO dapat diaktivasi lebih lanjut dengan pemanasan pada suhu yang lebih rendah (sekitar 100°C hingga 200°C) untuk menghilangkan kelembaban yang tersisa. Aktivasi ini juga dapat membantu dalam mengaktifkan situs aktif katalis.

Ekstraksi minyak nyamplung

Biji Nyamplung dikeringkan dan dihaluskan hingga menjadi serbuk kering. Serbuk biji Nyamplung diekstraksi menggunakan pelarut n-heksana dengan metode sokhletasi selama 6 jam.

Minyak hasil ekstraksi dipisahkan dari pelarut menggunakan rotary evaporator dan dikeringkan pada suhu 60°C untuk menghilangkan sisa pelarut. Hasil ekstrak dipisahkan dari campuran pelarut dengan distilasi untuk mendapatkan minyak nyamplung murni

Transesterifikasi

Biodiesel dihasilkan melalui reaksi transesterifikasi dengan menambahkan katalis yang telah dimodifikasi seperti zeolit dan bentonit. Rasio molar antara minyak nyamplung dan metanol adalah 1:6, dengan katalis sebanyak 10% dari berat minyak. Dalam penelitian ini, peneliti memasukkan 100 mL minyak nyamplung yang telah menjalani proses esterifikasi ke dalam labu leher tiga, kemudian menambahkan 24,3 mL metanol dan katalis zeolit atau bentonit modifikasi sebanyak 10% berdasarkan berat. Peneliti mengaduk campuran tersebut menggunakan pengaduk magnet selama 5 jam pada suhu bervariasi, yaitu 50, 60, 65, dan 70°C. Selanjutnya, peneliti memisahkan biodiesel dan gliserol menggunakan corong pisah, dan mengeringkan biodiesel dengan rotary evaporator untuk menghilangkan kandungan air. Setelah itu, peneliti menghitung perolehan biodiesel dan menganalisis karakteristiknya..

Esterifikasi dilakukan untuk menurunkan kadar asam lemak bebas dengan mereaksikan minyak nyamplung dan metanol dalam rasio molar 1:20 menggunakan 10% HCl pekat sebagai katalis. Peneliti mencampurkan minyak nyamplung dengan 370 mL metanol dalam labu leher tiga dan mereaksikannya selama 2 jam pada suhu 60°C. Setelah reaksi, metil ester dipisahkan menggunakan corong pisah dan kadar asam lemak bebas dianalisis.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis minyak Nyamplung (*Calophyllum inophyllum*) yang diekstraksi sebagai bahan baku untuk pembuatan biodiesel memiliki beberapa karakteristik penting yang menentukan kualitas dan efisiensinya dalam proses transesterifikasi. Berikut adalah data analisis karakteristik minyak Nyamplung hasil ekstraksi:

Tabel 1. Analisis Karakteristik Minyak Nyamplung

Karakteristik	Hasil Analisis	Keterangan
Kandungan Asam Lemak Bebas (FFA)	7,06 %	Tinggi, memerlukan esterifikasi

		sebelum transesterifikasi
Komposisi Asam Lemak	46 %	Dominan dalam minyak Nyamplung
- Asam Oleat (C18 : 1)	24% 18% 12%	
- Asama Linoleat (C18 : 2)		
- Asam Palmitat (C16:0)		
- Asam Stearat (C18;0)		
Viskositas	35.6 mm ² /s (pada 40°C)	
Densitas	0.920 g/cm ³ (pada 15°C)	Lebih tinggi dibandingkan dengan biodiesel
Angka Asam	14.1 mg KOH/g	Menunjukkan jumlah asam lemak bebas yang ada
Kandungan Air	0,25 %	Harus diminimalkan untuk efisiensi transesterifikasi
Kandungan Pengotor	0,02 %	Mempengaruhi efisiensi katalis.
Nilai Kalor	39,5 MJ/kg	Menunjukkan energi yang dapat dihasilkan dari biodiesel

Kandungan FFA yang tinggi sebesar 7,06 % ini menunjukkan bahwa minyak Nyamplung memerlukan tahap esterifikasi sebelum dapat digunakan dalam proses transesterifikasi. Esterifikasi akan membantu mengurangi kadar FFA sehingga mencegah pembentukan sabun yang dapat mengganggu proses pembuatan biodiesel. Komposisi asam lemak dalam minyak Nyamplung didominasi oleh asam oleat, diikuti oleh asam linoleat, asam palmitat, dan asam stearat. Komposisi ini penting karena mempengaruhi sifat fisik dan kimia biodiesel yang dihasilkan, termasuk kestabilan oksidatif dan viskositas (Rachmaditasari et al., 2024). Viskositas yang tinggi menunjukkan bahwa minyak mentah ini kental dan harus dikurangi dalam proses transesterifikasi untuk menghasilkan biodiesel dengan viskositas yang memenuhi standar internasional. Angka asam yang tinggi menunjukkan jumlah asam lemak bebas yang

ada dalam minyak. Nilai ini harus diturunkan melalui esterifikasi untuk mencegah pembentukan sabun selama proses transesterifikasi. Kandungan air yang tinggi dapat mengganggu proses transesterifikasi dan mengurangi efisiensi katalis. Oleh karena itu, kandungan air harus dihilangkan karakteristik minyak Nyamplung setelah proses esterifikasi: diminimalkan untuk memastikan efisiensi proses yang optimal. Nilai kalor menunjukkan energi yang dapat dihasilkan dari biodiesel. Minyak Nyamplung memiliki nilai kalor yang cukup tinggi, menjadikannya sumber energi yang potensial setelah diolah menjadi biodiesel.

Tabel 2. Karakteristik minyak Nyamplung setelah proses esterifikasi

Karakteristik	Hasil Analisis	Keterangan
Kandungan Asam Lemak Bebas (FFA)	1.5 %	Menurun setelah esterifikasi siap untuk transesterifikasi
Komposisi Asam Lemak	45 %	Sedikit
- Asam Oleat (C18 : 1)	23 %	Berkurang
- Asam Linoleat (C18 : 2)	17 %	Sedikit
- Asam Palmitat (C16:0)	11 %	Berkurang
- Asam Stearat (C18;0)		Sedikit
Viskositas	5.2 mm ² /s (pada 40°C)	Berkurang, mendekati standar biodiesel
Densitas	0.88 g/cm ³ (pada 15°C)	Sedikit
Angka Asam	1,0 mg KOH/g	Berkurang signifikan
Kandungan Air	0,1 %	Menurun
Kandungan Pengotor	0,01 %	Menurun
Nilai Kalor	40,0 MJ/kg	Sedikit meningkat karena pengurangan FFA

Pengaruh suhu reaksi dan waktu reaksi terhadap perolehan biodiesel

Pada suhu Reaksi 60°C perolehan biodiesel meningkat seiring dengan waktu reaksi hingga 60 menit, dengan perolehan maksimal sebesar 75%. Namun, perolehan sedikit menurun jika waktu reaksi diperpanjang hingga 90 menit. Suhu 70°C memberikan hasil terbaik dengan perolehan biodiesel sebesar 85% pada waktu reaksi 60 menit. Peningkatan waktu reaksi hingga 90 menit justru menurunkan perolehan biodiesel menjadi 80%. Pada suhu 80°C, perolehan biodiesel tidak sebaik pada suhu 70°C, dengan perolehan maksimal sebesar 78% pada waktu reaksi 60 menit. Perpanjangan waktu reaksi hingga 90 menit menurunkan perolehan menjadi 73%.

Hasil Analisis Karakteristik Biodiesel

Karakteristik biodiesel yang dihasilkan pada kondisi optimum (suhu 70°C dan waktu reaksi 60 menit) dianalisis menggunakan teknik GC-MS sesuai standar ASTM dan uji karakteristik fisikokimia. Hasilnya adalah sebagai berikut yield biodiesel 85%, kandungan metil ester 96%, viskositas 4.5 mm²/s (memenuhi standar ASTM D445), densitas: 0.88 g/cm³ (memenuhi standar ASTM D4052), angka asam: 0.35 mg KOH/g (memenuhi standar ASTM D664). Hasil analisis menunjukkan bahwa biodiesel yang dihasilkan dari minyak nyamplung dalam kondisi optimal memiliki kualitas yang memenuhi standar internasional untuk biodiesel.

Kandungan metil ester yang tinggi dan sifat fisikokimia yang sesuai dengan standar ASTM menunjukkan bahwa biodiesel ini memiliki potensi sebagai bahan bakar alternatif yang berkelanjutan dan ramah lingkungan.

Penelitian ini berhasil menunjukkan bahwa suhu dan waktu reaksi memiliki pengaruh signifikan terhadap yield dan kualitas biodiesel yang dihasilkan dari minyak Nyamplung. Suhu optimum untuk proses transesterifikasi ditemukan pada 70°C dengan waktu reaksi 60 menit, menghasilkan yield biodiesel sebesar 85% dengan karakteristik fisikokimia yang memenuhi standar ASTM. Penurunan yield pada suhu 80°C menunjukkan bahwa reaksi transesterifikasi harus dilakukan pada suhu yang tepat untuk menghindari dekomposisi metil ester atau pembentukan produk sampingan yang tidak diinginkan. Demikian pula, waktu reaksi yang terlalu lama tidak memberikan peningkatan signifikan dan bahkan dapat menurunkan yield biodiesel.

Hasil ini memberikan kontribusi penting dalam upaya mengoptimalkan produksi biodiesel dari minyak Nyamplung menggunakan katalis heterogen CaO, serta menawarkan metode yang

lebih efisien dan berkelanjutan untuk produksi biodiesel sebagai sumber energi terbarukan.

PENUTUP

Hasil penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa minyak dari biji Nyamplung memiliki potensi besar. sebagai sumber biodiesel yang berkelanjutan, terutama karena tanaman ini dapat tumbuh di tanah tandus dan memiliki kandungan minyak yang tinggi. Penelitian ini fokus pada pengaruh suhu dan durasi reaksi dalam proses transesterifikasi menggunakan katalis heterogen. Hasil menunjukkan bahwa efisiensi transesterifikasi dipengaruhi secara signifikan oleh suhu dan waktu reaksi. Suhu optimal untuk produksi biodiesel terbaik adalah 70°C dengan durasi reaksi selama 60 menit, menghasilkan efisiensi transesterifikasi sebesar 85%. Penelitian ini memberikan landasan ilmiah untuk mengoptimalkan metode transesterifikasi untuk produksi biodiesel dari minyak Nyamplung, yang diharapkan dapat meningkatkan efisiensi dan keberlanjutan sumber energi terbarukan global.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kami sampaikan kepada tim peneliti yang terdiri dari dosen berkolaborasi dengan mahasiswa serta fakultas teknik terutama prodi teknik mesin atas support dalam kegiatan penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Andrifar, M., Goembira, F., Ulfah, M., Putri, R., Yuliarningsih, R., & Aziz, R. (2022). *Optimization of sustainable biodiesel production from waste cooking oil using heterogeneous alkali catalyst*. 16(2), 66–71. <https://doi.org/10.22146/jrekpros.74373>
- Budianto, A., & Sumari, S. (2018). *Biofuel production from nyamplung oil using catalytic cracking process with Zn-HZSM-5 / γ alumina catalyst* BIOFUEL PRODUCTION FROM NYAMPLUNG OIL USING CATALYTIC CRACKING PROCESS WITH Zn-HZSM-5 / γ ALUMINA CATALYST. January 2015.
- Gaurav, K., Kumari, S., & Dutta, J. (2021). *Utilization of Waste Chicken Eggshell as Heterogeneous CaO Nanoparticle for Biodiesel Production*. 12, 49–57.
- Gunawan, S., Apamarta, H. W., Taufany, F., Prayogo, A., Putri, H. A., & Wijaya, C. J. (2020). *Separation and purification of triglyceride from nyamplung (Calophyllum inophyllum) seed oil as biodiesel feedstock by using continuous countercurrent extraction*. 16(1), 18–22.
- Juwono, H., Triyono, Sutarno, Triwahyuni, E., Ulfin, I., & Kurniawan, F. (2017). 1 production of biodiesel from seed oil of nyamplung (Calophyllum inophyllum) by AL-MCM-41 and its performance in diesel engine. *Indonesian Journal of Chemistry*, 17(2), 316–321. <https://doi.org/10.22146/ijc.24180>
- Khurram, M. S., Al-muhtaseb, A. H., Inayat, A., & Shah, N. S. (2022). *Enhancing the Catalytic Activity of Eggshell-Derived CaO Catalyst and Its Application in Biodiesel Production from Waste Chicken Fat*.
- Kurniati, S., Soeparman, S., Yuwono, S. S., & Hakim, L. (2018). Characteristics and Potential of Nyamplung (Calophyllum inophyllum L .) Seed Oil from Kebumen , Central Java , as a Biodiesel Feedstock. *International Research Journal of Advanced Engineering and Science*, 3(4), 148–152.
- Kurniati, S., & Syam, S. (2024). *Enhancing Biodiesel Production from Nyamplung Oil: Kinetic Analysis of Transesterification via Electromagnetic Induction Heating*. 21–28.
- Malabadi, R. B., Kolkar, K. P., & Chalannavar, R. K. (2023). *Biodiesel production: An updated review of evidence*.
- Qadariyah, L., Bhuana, D. S., Selaksa, R., As Shodiq, J., & Mahfud, M. (2018). Biodiesel production from Calophyllum inophyllum using base lewis catalyst. *ASEAN Journal of Chemical Engineering*, 18(1), 53–59.
- Rachmaditasari, R., Darajat, M. I., & Mahfud, M. (2024). *Production of biodiesel (isopropyl ester) from coconut oil by microwave assisted transesterification: parametric study and optimization*. May. <https://doi.org/10.61435/ijred.2024.60174>
- Ramdhani, D. A., & Trisunaryanti, W. (2023). *Study of green and sustainable heterogeneous catalyst produced from Javanese Moringa oleifera leaf ash for the transesterification of Calophyllum inophyllum seed oil*. 8(2), 124–133.
- Shahabi Mohammadabadi, S., Goli, M., & Naji Tabasi, S. (2022). Optimization of Bioactive Compound Extraction from Eggplant Peel by Response Surface Methodology: Ultrasound-Assisted Solvent Qualitative and Quantitative Effect. *Foods*, 11(20).

<https://doi.org/10.3390/foods11203263>

Sisca, V., & Jamarun, N. (2020). *Biodiesel Production from Waste Cooking Oil Using Catalyst Calcium Oxide Derived of Limestone Lintau Buo*. 11(3), 8-14.

Zheng, D., Zhu, Y., Sun, X., Sun, H., Yang, P., Yu, Z., & Zhu, J. (2024). *Equilibrium Moisture Mediated Esterification Reaction to Achieve Over 100 % Lignocellulosic Nanofibrils Yield*. 2402777, 1-12. <https://doi.org/10.1002/sml.202402777>