

Reusability Katalis Heterogen Daun Pepaya Dan Tulang Hewan Untuk Produksi Biodiesel dari Minyak Kedelai

Lizio Monteiro Da Costa¹, Akhmad Faruq Alhikami²

¹Fakultas Teknik, Universitas Islam Malang, Jl. Mayjen Haryono No. 193, Kota Malang 65144 e-mail : aldisyah1011@gmail.com

²Fakultas Teknik, Universitas Islam Malang, Jl. Mayjen Haryono No. 193, Kota Malang 65144 e-mail : alhikami@unisma.ac.id

ABSTRAK

Katalis homogen dalam produksi biodiesel memiliki berbagai keterbatasan, seperti bersifat korosif, tidak dapat digunakan kembali, dan menimbulkan limbah tambahan. Oleh karena itu, penelitian ini mengevaluasi reuseability katalis heterogen berbasis daun pepaya dan tulang hewan dalam produksi biodiesel dari minyak kedelai. Proses transesterifikasi dilakukan selama 80 menit pada suhu 65°C, menggunakan rasio molar metanol terhadap minyak (MTOR) 12:1 dan konsentrasi katalis 6%, yang telah diketahui menghasilkan rendemen dan kualitas terbaik. Uji penggunaan ulang dilakukan hingga tiga siklus menggunakan katalis yang sama. Hasil menunjukkan bahwa meskipun rendemen tetap tinggi hingga pengulangan ketiga, kualitas biodiesel menurun, terutama pada viskositas yang tidak lagi memenuhi standar sejak pengulangan pertama. Densitas biodiesel masih sesuai dengan SNI 7182:2015 hingga siklus kedua. Penurunan kualitas diduga disebabkan oleh berkurangnya kebasaaan katalis setelah digunakan, yang menurunkan aktivitasnya dalam reaksi. Dengan demikian, katalis ini memiliki potensi sebagai alternatif ramah lingkungan pengganti katalis homogen, namun dengan batas efektivitas reuseability yang perlu diperhatikan.

Kata Kunci: Biodiesel, Reuseability, Katalis Heterogen, Daun Pepaya, Tulang Hewan, Minyak Kedelai

ABSTRACT

Homogeneous catalysts in biodiesel production are associated with several drawbacks, such as corrosiveness, non-reusability, and the generation of chemical waste. Therefore, this study investigates the reuseability of a heterogeneous catalyst derived from papaya leaves and animal bones in the transesterification of soybean oil into biodiesel. The transesterification process was conducted at 65°C for 80 minutes using a methanol-to-oil molar ratio (MTOR) of 12:1 and a catalyst loading of 6 wt%, previously identified as the optimal condition for yield and quality. Catalyst reuseability was evaluated over three successive cycles using the same catalyst. The results indicated that although the biodiesel yield remained high across all reuse cycles, the quality, particularly in terms of kinematic viscosity, declined significantly and failed to meet standard requirements starting from the first reuse. In contrast, the density of the biodiesel remained within the acceptable range of the Indonesian National Standard (SNI 7182:2015) until the second cycle. The quality deterioration is likely due to the decreased basicity of the catalyst after prior usage, leading to reduced catalytic reactivity with methanol and oil. In conclusion, the catalyst made from papaya leaves and animal bones demonstrates promising potential as an environmentally friendly alternative to conventional homogeneous catalysts. However, its reuseability is limited and must be considered in further applications and development. This process also holds potential for intellectual property registration.

Keywords: Biodiesel, Reuseability, Heterogeneous Catalyst, Papaya Leaves, Animal Bones, Soybean Oil

PENDAHULUAN

Peningkatan emisi gas rumah kaca dari penggunaan bahan bakar fosil seperti solar telah menjadi isu utama dalam krisis lingkungan global, karena berkontribusi terhadap pemanasan global dan berdampak buruk terhadap kesehatan manusia (Fatima et al., 2023). Oleh karena itu, pengembangan sumber energi alternatif yang ramah lingkungan, berkelanjutan, dan dapat diperbaharui menjadi solusi penting. Biodiesel menjadi salah satu alternatif bahan bakar terbarukan yang potensial untuk menggantikan bahan bakar fosil dalam jangka menengah dan panjang, karena bersifat biodegradable, memiliki emisi karbon yang rendah, dan kompatibel langsung dengan mesin diesel tanpa perlu modifikasi (Tariq et al., 2022; Lin et al., 2021).

Biodiesel umumnya diproduksi melalui proses transesterifikasi antara trigliserida dari minyak nabati atau lemak hewan dengan alkohol, seperti metanol, menggunakan katalis. Katalis homogen seperti NaOH dan KOH banyak digunakan karena aktivitasnya tinggi dan mudah diperoleh (Atabani et al., 2022). Namun, penggunaan katalis homogen memiliki kelemahan, yaitu bersifat korosif, menghasilkan air yang tinggi, membentuk sabun, dan sulit dipisahkan dari produk akhir, sehingga tidak ramah lingkungan dan tidak dapat digunakan ulang (Mazaheri et al., 2021).

Sebagai alternatif, katalis heterogen berbasis biomassa mulai dikembangkan karena sifatnya yang lebih ramah lingkungan, dapat dipisahkan dengan mudah, serta dapat digunakan kembali (*reusable*) setelah beberapa siklus reaksi (Cheng et al., 2023). Berbagai limbah organik, seperti abu daun, tulang hewan, dan limbah pertanian lainnya telah dimanfaatkan sebagai katalis heterogen padat yang efektif dalam proses transesterifikasi. Abu daun pepaya (*Carica papaya*), misalnya, mengandung senyawa aktif seperti K_2O , CaO , dan MgO yang memiliki sifat basa kuat dan mampu mempercepat reaksi transesterifikasi secara efisien (Tetteh et al., 2023). Sementara itu, tulang hewan kaya akan kalsium fosfat dan hidroksiapatit yang juga menunjukkan aktivitas katalitik yang tinggi terhadap konversi minyak nabati menjadi biodiesel (Yunus et al., 2022). Hartato et al. (2023), dalam penelitiannya yang diterbitkan pada *Jurnal Sains dan Teknologi Teknik Mesin Universitas Islam Malang*, menunjukkan bahwa abu daun pepaya yang telah dikalsinasi pada suhu $800^\circ C$ selama tiga jam dapat berfungsi sebagai katalis heterogen dalam proses transesterifikasi minyak kedelai. Penelitian tersebut mengevaluasi pengaruh variasi konsentrasi katalis sebesar 2 wt%, 4 wt%, dan 6 wt% terhadap kejernihan dan rendemen biodiesel, di mana konsentrasi 2 wt% menghasilkan rendemen tertinggi. Namun, pada konsentrasi yang

lebih tinggi, aktivitas katalitik justru menurun akibat ketidakseimbangan antara jumlah katalis dan efisiensi pencampuran metanol dengan minyak, yang menyebabkan peningkatan kadar gliserol dalam produk akhir (Hartato et al., 2023).

Berdasarkan latar belakang tersebut, penelitian ini bertujuan untuk mengkaji potensi kombinasi katalis dari abu daun pepaya dan tulang hewan terhadap konversi minyak kedelai menjadi biodiesel melalui proses transesterifikasi. Selain itu, akan diuji pula stabilitas dan kemampuan penggunaan ulang (*reusability*) katalis dalam beberapa siklus reaksi. Evaluasi kualitas biodiesel dilakukan mengacu pada standar mutu biodiesel SNI 7182:2015.

METODE

Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui dampak dari variasi rasio molar metanol terhadap minyak (Methanol to Oil Ratio/MTOR) serta konsentrasi katalis terhadap densitas biodiesel yang dihasilkan. Seluruh rangkaian eksperimen dilaksanakan selama lima bulan di Laboratorium Terpadu dan Halal Center Universitas Islam Malang.

3.1 Bahan dan Alat

Bahan-Bahan:

Bahan-Bahan yang digunakan dalam penelitian ini meliputi:

- (a) Tulang hewan dan daun pepaya kering yang diperoleh dari limbah rumah tangga dan dimanfaatkan sebagai bahan dasar pembuatan katalis;
- (b) Metanol, etanol, air suling, serta asam sulfat (H_2SO_4) yang diperoleh dari toko bahan kimia lokal untuk mendukung proses reaksi;
- (c) Minyak goreng bekas yang dikumpulkan dari sisa pemakaian rumah tangga sebagai bahan baku utama produksi biodiesel.

Peralatan:

Peralatan yang digunakan dalam penelitian antara lain:

- (a) Hotplate magnetic stirrer, yaitu alat pemanas sekaligus pengaduk otomatis yang berfungsi dalam proses esterifikasi dan transesterifikasi;
- (b) Furnace dan oven, masing-masing digunakan untuk proses kalsinasi dan pengeringan, dengan furnace memiliki kapasitas suhu yang lebih tinggi dibandingkan oven;
- (c) Corong pisah, digunakan untuk memisahkan fase metil ester dan katalis pasca-reaksi;
- (d) Sentrifus, dimanfaatkan untuk memisahkan biodiesel, katalis, dan gliserol melalui mekanisme pemutaran berkecepatan 3500 rpm;
- (e) Desikator, berfungsi sebagai tempat penyimpanan katalis agar tetap kering dan tidak bereaksi dengan kelembaban udara;

(f) Alat uji titik nyala (flash point tester), digunakan untuk mengetahui suhu titik nyala dari biodiesel yang dihasilkan;

(g) Peralatan laboratorium pendukung lainnya seperti neraca analitik, labu Erlenmeyer, termometer, gelas ukur, gelas beaker, corong, spatula, kertas saring, pipet tetes, mangkuk stainless steel, viskometer Ostwald, pipet bola, serta lumpang dan alu.

3.2 Variabel Penelitian

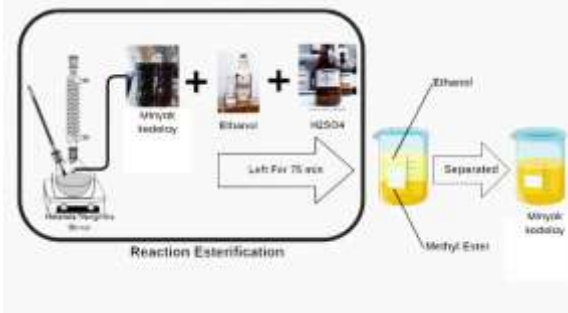
Penelitian ini melibatkan beberapa jenis variabel. Variabel bebas terdiri atas rasio molar metanol terhadap minyak (Methanol to Oil Ratio/MTOR), yaitu 5:1, 9:1, dan 12:1, serta konsentrasi katalis sebesar 2 wt%, 4 wt%, dan 6 wt%. Variabel terikat meliputi rendemen biodiesel, karakteristik kualitas biodiesel yang dihasilkan, serta kemampuan penggunaan ulang (reusabilitas) katalis. Sementara itu, variabel terkontrol dalam eksperimen ini adalah suhu reaksi dan waktu reaksi, yang dijaga tetap konstan selama proses berlangsung.

3.3 Prosedur Pembuatan Katalis

1. Daun pepaya dan tulang hewan terlebih dahulu dicuci hingga bersih, kemudian dikeringkan menggunakan oven pada suhu 100°C, masing-masing selama 2 jam untuk daun pepaya dan 3 jam untuk tulang hewan.
2. Setelah kering, bahan ditumbuk hingga halus.
3. Bubuk diklasinasi menggunakan furnace dengan suhu 800°C selama 3 jam untuk menghasilkan katalis berbasis klasium.

1.4 Proses Esterifikasi

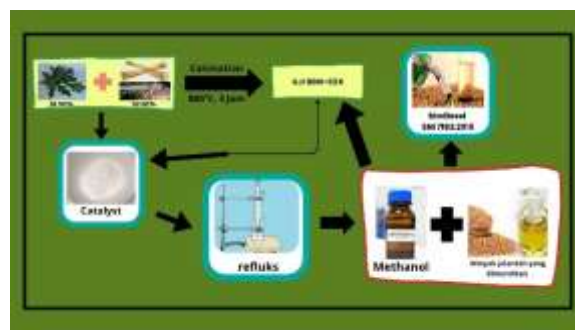
1. Sebanyak 200gr minyak jelantah dipanaskan dalam Erlenmeyer hingga suhu mencapai 60°C.
2. Setelah mencapai suhu yang ditentukan, ditambahkan 6gr asam sulfat (H_2SO_4) dan 32,5 mL metanol ke dalam minyak.
3. Campuran tersebut kemudian diaduk secara merata menggunakan magnetic stirrer selama 90 menit.
4. Setelah proses pengadukan selesai, larutan didinginkan dan didiamkan selama 24 jam agar terbentuk dua fase.
5. Fase bagian bawah dipisahkan dan dibuang, sedangkan lapisan atas dipanaskan kembali untuk menghilangkan kandungan air yang masih tersisa.



Gambar 1. Prosedur reaksi esterifikasi untuk pemurnian minyak kedelai

3.5 Proses Transterifikasi

1. Sebanyak 50 gram minyak hasil proses esterifikasi dicampurkan dengan metanol berdasarkan variasi rasio molar metanol terhadap minyak (MTOR), yaitu 5:1, 9:1, dan 12:1, serta ditambahkan katalis sebanyak 2%, 4%, atau 6% dari massa minyak.
2. Campuran tersebut kemudian dipanaskan hingga mencapai suhu 65°C sambil diaduk selama 80 menit.
3. Setelah proses reaksi selesai, campuran disaring untuk memisahkan katalis padat, lalu diproses lebih lanjut menggunakan centrifuge guna untuk memisahkan fasa gliserol dari biodiesel.
4. Biodiesel yang dihasilkan selanjutnya dikeringkan di dalam oven pada suhu 110°C selama 20 menit.



Gambar 2. Prosedur kalsinasi dan transesterifikasi untuk menghasilkan biodiesel

3.6 Pengukuran Densitas

1. Piknometer berkapasitas 10 mL ditimbang terlebih dahulu dalam kondisi kosong untuk memperoleh massa awal.
2. Biodiesel yang telah dipanaskan hingga mencapai suhu 40°C kemudian dimasukkan ke dalam piknometer hingga terisi penuh, lalu dilakukan penimbangan ulang.
3. Proses pengukuran ini dilakukan pada seluruh sampel biodiesel guna memperoleh data perbandingan densitas yang akurat.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Tingkat	Rendemen	Tingkat	Densitas (g/ml)
Reusability pertama	85,4%	Reusability pertama	0,889
Reusability kedua	86,6%	Reusability kedua	0,890
Reusability ketiga	90,7%	Reusability ketiga	0,907

Tingkat	Viskositas Kinematik (cSt)
Reusability pertama	7,19
Reusability kedua	7,23
Reusability ketiga	7,77



Berdasarkan data pada tabel, proses transesterifikasi yang diulang hingga tiga kali menggunakan katalis bekas dari sampel dengan konsentrasi katalis 6% masih mampu menghasilkan rendemen biodiesel yang tinggi.

Namun kualitas biodiesel menunjukkan penurunan seiring dengan jumlah pengulangan. Nilai densitas biodiesel masih berada dalam batas standar hingga pengulangan kedua, sementara viskositas kinematik mulai tidak memenuhi standar sejak pengulangan pertama. Penurunan ini kemungkinan besar disebabkan oleh berkurangnya tingkat kebasaaan pada katalis setelah digunakan dalam reaksi sebelumnya, yang berdampak pada penurunan aktivitas katalis dalam berinteraksi dengan metanol dan minyak nabati.

Secara keseluruhan, hasil penelitian ini menunjukkan bahwa kombinasi katalis dari daun pepaya dan tulang hewan memiliki potensi sebagai katalis heterogen yang ramah lingkungan dengan efektivitas tinggi untuk menggantikan katalis homogen. Biodiesel yang dihasilkan juga menunjukkan karakteristik yang memungkinkan penggunaannya langsung pada mesin diesel, karena telah memenuhi beberapa parameter dalam standar SNI 7182:2015. Selain itu, metode yang digunakan dalam penelitian ini memiliki prospek untuk

dikembangkan lebih lanjut dan berpotensi diajukan sebagai Hak Kekayaan Intelektual (HKI).

KESIMPULAN

Penelitian ini membuktikan bahwa kombinasi katalis heterogen berbasis daun pepaya dan tulang hewan memiliki efektivitas yang tinggi dalam proses produksi biodiesel dari minyak kedelai melalui reaksi esterifikasi dan transesterifikasi. Variasi rasio molar metanol terhadap minyak (MTOR) dan konsentrasi katalis memberikan pengaruh signifikan terhadap rendemen dan kualitas biodiesel. Hasil terbaik diperoleh pada kombinasi MTOR 12:1 dan konsentrasi katalis 6%, dengan rendemen mencapai 97,1%, densitas 0,865 g/mL, serta nilai viskositas yang memenuhi sebagian besar parameter dalam SNI 7182:2015.

Uji penggunaan ulang katalis menunjukkan bahwa meskipun rendemen masih tinggi hingga pengulangan ketiga, terjadi penurunan kualitas biodiesel, terutama pada viskositas yang tidak lagi memenuhi standar sejak pengulangan pertama. Hal ini diduga akibat menurunnya kebasaaan katalis setelah penggunaan berulang. Secara keseluruhan, katalis ini berpotensi sebagai alternatif ramah lingkungan pengganti katalis homogen, dengan peluang pengembangan lebih lanjut menuju perlindungan Hak Kekayaan Intelektual (HKI).

REFERENCES

- Atabani, A. E., Silitonga, A. S., Badruddin, I., Mahlia, T. M. I., Masjuki, H. H., & Mekhilef, S. (2012). *A comprehensive review on biodiesel as an alternative energy resource and its characteristics*. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 16(4), 2070–2093. =
- Tariq, M., Ahmad, Z., & Lee, K. T. (2022). *Reuseability of heterogeneous catalysts in biodiesel production: A review*. Renewable Energy Conversion, 58, 120–135.
- Lin, X., Wang, Y., & Zhang, H. (2021). *Application of biodiesel in compression ignition engines without modification: A state-of-the-art review*. Journal of Environmental Chemical Engineering, 9(6), 105–115.
- Cheng, Y., Zhao, J., & Liu, S. (2023). *Biomass-derived catalysts for biodiesel: performance and reusability*. Fuel, 341, 127–136.
- Tetteh, E. K., Mensah, E. B., & Armah, F. A. (2023). *Utilization of papaya leaf ash as solid base catalyst for esterification and transesterification*. Biomass Conversion and Biorefinery, 13, 987–998.
- Yunus, M., Hasim, H. B. S., & Ismail, N. (2022). *Hydroxyapatite catalysts from animal bone for*

- biodiesel production from soybean oil*. Journal of Cleaner Production, 352, 1315–1324.
- Mazaheri, H., Khosravi, C., & Ghaderian, A. (2021). *Challenges of homogeneous catalyst in biodiesel synthesis: waste generation and environmental impacts*. Energy Conversion and Management, 244, 114–122.
- Fatima, S., Khan, J., & Ali, R. (2023). *Prospects of papaya leaf ash and bone waste catalysts in biodiesel production*. Green Energy Reviews, 28, 233–249.
- Hartato, C. Y., Marlina, E., & Robbi, N. (2023). Penambahan persentase daun pepaya sebagai katalis heterogen terhadap kualitas biodiesel minyak kedelai dengan metode transesterifikasi. *Jurnal Sains dan Teknologi Teknik Mesin (JTS-TM)*, 4(2), 89–95. Universitas Islam Malang.