

PENGARUH KOMBINASI TULANG HEWAN DAN DAUN PEPAYA SEBAGAI KATALIS HETEROGEN TERHADAP KUALITAS BIODIESEL MINYAK KEDELAI

Zainul Arifin¹, Ena Marlina², Artono Raharjo³

¹Universitas Islam Malang
e-mail : 21901052098@unisma.ac.id

²Universitas Islam Malang
e-mail : ena.marlina@unisma.ac.id

³Universitas Islam Malang
e-mail : artonor@unisma.ac.id

ABSTRAK

Penggunaan bahan bakar fosil selama ini dapat menimbulkan efek rumah kaca serta mengganggu kesehatan manusia. Biodiesel berperan sebagai alternatif yang lebih ramah lingkungan dapat diproduksi menggunakan reaksi transesterifikasi. Tulang hewan dan daun pepaya memiliki kandungan CaO yang tinggi sehingga berpotensi menjadi katalis heterogen dalam reaksi transesterifikasi biodiesel alih-alih menggunakan katalis homogen yang bersifat korosif. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh penggunaan katalis dari campuran tulang hewan dan daun pepaya terhadap rendemen, densitas, dan viskositas kinematik hasil biodiesel serta apakah memenuhi standar biodiesel SNI 7182:2015. Tulang hewan dan daun pepaya dibersihkan kemudian dipanaskan selama tiga jam menggunakan oven, kemudian dipanaskan di dalam furnace hingga 800°C selama tiga jam untuk mendapatkan senyawa CaO. Bahan yang digunakan untuk produksi biodiesel adalah minyak kedelai murni yang diproses terlebih dahulu menggunakan reaksi esterifikasi. Minyak kedelai dipanaskan pada suhu 60°C bersama metanol dengan Methanol to Oil Ratio (MTOR) 3:1 dalam satuan molar dan katalis asam sulfat sebanyak tiga persen massa minyak kedelai selama 90 menit. Hasil dari esterifikasi dijadikan bahan baku proses transesterifikasi dengan cara direaksikan bersama metanol dengan MTOR 12:1 dan katalis CaO dari tulang hewan dan daun pepaya sebanyak 2 wt%, 4 wt%, dan 6 wt% dari massa minyak kedelai. Reaksi dilakukan menggunakan erlenmeyer tertutup dengan suhu terkontrol sebesar 65°C sambil diaduk selama dua jam di atas Hotplate Magnetic Stirrer. Hasil yang diperoleh menunjukkan rendemen mengalami peningkatan dari sampel dengan 2 wt% katalis sebesar 65,72% menuju 4 wt% katalis sebesar 70,36%, namun rendemen berkurang saat menggunakan 6 wt% katalis menjadi 68,88% akibat kejenuhan dalam reaksi. Berdasarkan data yang sudah didapatkan, rendemen terbaik diperoleh menggunakan 4 wt% katalis tulang hewan dan daun pepaya dengan nilai densitas dan viskositas kinematik biodiesel yang memenuhi SNI 7182:2015.

Keywords : Biodiesel, Katalis, Tulang hewan, Daun pepaya, Esterifikasi, Transesterifikasi

ABSTRACT

The use of fossil fuels so far can cause a greenhouse effect and disrupt human health. Biodiesel acts as a more environmentally friendly alternative that can be produced using a transesterification reaction. Animal bones and papaya leaves contain high CaO so they have the potential to be heterogeneous catalysts in the biodiesel transesterification reaction instead of using a homogeneous catalyst which is corrosive. This study aims to determine the effect of using a catalyst from a mixture of animal bones and papaya leaves on the yield, density, and kinematic viscosity of biodiesel products and whether they meet SNI 7182: 2015 biodiesel standards. Animal bones and papaya leaves are cleaned and then heated for three hours using an oven, then heated in a furnace up to 800°C for three hours to obtain CaO compounds. The material used for the production of biodiesel is pure soybean oil which is processed first using an esterification reaction. Soybean oil is heated at 60°C with methanol with a Methanol to Oil Ratio (MTOR) of 3:1 in molar units and a sulfuric acid catalyst of three percent by mass of soybean oil for 90 minutes. The result of esterification is used as raw material for the transesterification process by reacting with methanol with MTOR 12:1 and CaO catalyst from animal bones and papaya leaves as much as 2 wt%, 4 wt%, and 6 wt% of soybean oil mass. The reaction was carried out using a closed Erlenmeyer with a controlled temperature of 65°C while stirring for two hours on a Hotplate Magnetic Stirrer. The results obtained showed that the yield increased from the sample with 2 wt% catalyst of 65.72% to 4 wt% catalyst of 70.36%, but the yield decreased when using 6 wt% catalyst to 68.88% due to saturation in the reaction. Based

on the data that has been obtained, the best yield is obtained using 4 wt% catalyst of animal bones and papaya leaves with the density and kinematic viscosity values of biodiesel that meet SNI 7182:2015.

Keywords: Biodiesel; Animal bones; Papaya leaves; Esterification; Transesterification

PENDAHULUAN

Penggunaan bahan bakar fosil selama ini dapat menimbulkan efek rumah kaca serta mengganggu kesehatan manusia [1]. Sumber energi alternatif dibutuhkan sebagai pengganti fosil yang bersih dan berkelanjutan. Biodiesel merupakan alternatif jangka panjang pengganti bahan bakar petroleum seperti solar. Penelitian sebelumnya telah membuktikan bahwa biodiesel memiliki banyak keunggulan antara lain *flash point* dan angka setana yang tinggi, hasil CO₂ rendah, dan bebas kandungan sulfur [2, 3]. Biodiesel dapat langsung digunakan pada mesin diesel tanpa perlu memodifikasi mesin aslinya [4] sehingga biodiesel dapat dijadikan alternatif pengganti solar yang bersumber dari fosil.

Reaksi transesterifikasi adalah suatu proses yang digunakan untuk memproduksi biodiesel dari lemak hewan atau minyak nabati dan alkohol/metanol. Reaksi dapat dipercepat dan dioptimalkan menggunakan katalis agar hasil perubahan minyak nabati ke biodiesel mendapatkan hasil rendemen yang lebih besar. Katalis yang sering digunakan adalah katalis homogen dikarenakan aktifitasnya yang tinggi, harga terjangkau, dan mudah didapatkan seperti NaOH dan KOH [2, 5]. Kelemahan transesterifikasi menggunakan katalis homogen adalah menghasilkan kadar air yang tinggi sehingga menurunkan hasil rendemen biodiesel, bersifat korosif, serta berpotensi menjadi sampah tambahan karena tidak dapat digunakan kembali. Alternatif yang dapat digunakan adalah katalis heterogen berbasis sampah organik seperti tulang hewan [6], daun kelor dan cangkang telur [7].

Kandungan daun pepaya terdapat mikro nutrisi yaitu kalsium yang lebih besar (1086.53 mg/100g)[8] dibandingkan dengan daun kelor (350 mg/100g) [9]. Sehingga daun pepaya mungkin memiliki potensi yang lebih besar sebagai katalis heterogen untuk mendapatkan hasil rendemen biodiesel serta katalis *reuseability* yang tinggi. Keterbaruan dalam penelitian ini adalah kombinasi material komposit dari sampah tulang hewan dan daun pepaya sebagai katalis heterogen untuk meningkatkan kualitas dan rendemen biodiesel yang dihasilkan.

METODE

Penelitian ini menggunakan *experimental research method*, yaitu pengamatan secara nyata terhadap beberapa variasi sampel penelitian

sehingga bisa ditarik kesimpulan yang berhubungan satu dengan yang lain. Variasi yang dibuat berupa kadar katalis sebesar 2%, 4%, dan 6% terhadap massa minyak kedelai.



Gambar 1. Instalasi Penelitian

1. Sintesis Katalis

Tulang hewan dan daun pepaya dicuci dengan air hingga bersih, dipanaskan dengan oven selama 3 jam untuk mengurangi kadar airnya, kemudian dihaluskan menggunakan mortar dan alu. Kedua bahan tersebut kemudian ditakkan pada wadah *stainless*, lalu dikalsinasi di dalam *furnace* mencapai 800°C selama 3 jam untuk membakar semua unsur *carbon* sehingga menyisakan senyawa CaO. Hasil dari kalsinasi didiamkan hingga mencapai suhu ruang kemudian dimasukkan ke dalam toples kaca kedap udara untuk melindunginya dari kelembaban udara.

2. Esterifikasi

Kadar *free fatty acid* (FFA) dalam minyak kedelai perlu diturunkan lebih dulu menggunakan reaksi esterifikasi. Minyak kedelai 200 gram dalam *erlenmeyer* dipanaskan mencapai 60°C sambil diaduk menggunakan *hotplate magnetic stirrer*. Metanol dengan MTOR 3:1 dan asam sulfat sebanyak 3% dari massa minyak ditambahkan ke dalam minyak kedelai untuk memulai reaksi. Mulut *erlenmeyer* ditutup dengan tutup karet serta dipasang termometer untuk mengontrol suhu selama reaksi. Esterifikasi dilakukan selama 90 menit dengan suhu tetap sebesar 60°C [10, 11]. Hasil esterifikasi diendapkan di dalam corong pemisah selama 2 jam kemudian lapisan bawah berupa campuran metanol, asam sulfat, dan air dibuang sehingga menyisakan lapisan atas. Lapisan minyak yang sudah dipisahkan kemudian dipanaskan menggunakan oven dengan suhu 110°C selama 1 jam untuk menghilangkan kandungan airnya.

3. Transesterifikasi

Proses ini menggunakan minyak kedelai yang

telah melalui proses esterifikasi. Minyak kedelai 25 gram dalam *erlenmeyer* dipanaskan mencapai 65°C sambil diaduk menggunakan *hotplate magnetic stirrer*. Metanol dengan MTOR 12:1 dan katalis yang telah disintetis sebanyak 2% dari massa minyak ditambahkan ke dalam minyak kedelai untuk memulai reaksi. Mulut *erlenmeyer* ditutup dengan tutup karet serta dipasang termometer untuk mengontrol suhu selama reaksi. Transesterifikasi dilakukan selama 2 jam dengan suhu tetap sebesar 65°C. Hasil transesterifikasi disaring menggunakan kertas filter untuk memisahkannya dari sisa katalis, kemudian diendapkan di dalam corong pemisah selama 24 jam. Lapisan bawah berupa *glicerol* dibuang sehingga menyisakan lapisan atas berupa biodiesel. Biodiesel kemudian dicuci dengan cara dicampur dengan aquades bersuhu 80°C untuk menghilangkan sisa metanol, katalis, dan *glicerol* yang masih tersisa. Lapisan air kemudian dibuang sehingga menyisakan biodiesel. Hasil biodiesel kemudian dipanaskan menggunakan oven dengan suhu 110°C selama 1 jam untuk menghilangkan sisa-sisa air di dalamnya [12-14].

4. Pengambilan Data

Data penelitian diambil dengan cara menimbang massa biodiesel menggunakan timbangan analitik agar diperoleh ketelitian massa yang tinggi. Massa biodiesel dibagi dengan massa awal minyak sehingga diperoleh rendemen. Volume biodiesel diukur menggunakan gelas ukur, sedangkan waktu alir biodiesel dihitung menggunakan viskometer *ostwald* dan *stopwatch*. Pengukuran densitas dan viskositas kinematik dilakukan pada suhu 40°C.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian yang dilakukan menghasilkan beberapa data rendemen yang beragam dan visualisasi biodiesel.

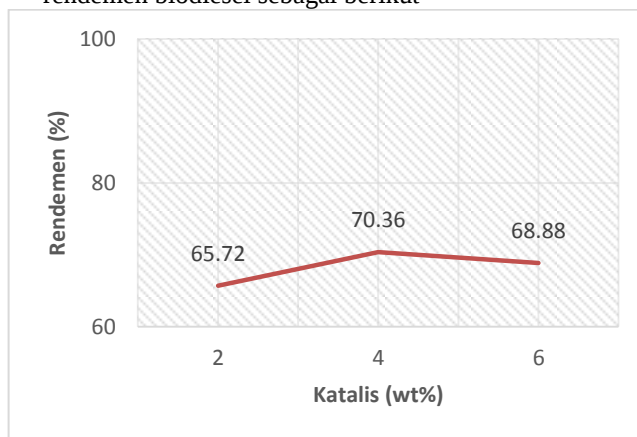
1. Rendemen

Pengukuran massa biodiesel dilakukan dengan timbangan analitik dan didapatkan data sebagai berikut

Katalis	Massa Total (g)	Massa Awal Minyak (g)
2wt%	16,429	25
4wt%	17,589	25
6wt%	17,221	25

Tabel 1. Data massa biodiesel variasi kadar katalis

Berdasarkan data pada Tabel 1 maka dapat dibuat grafik hubungan kadar katalis terhadap persentase rendemen biodiesel sebagai berikut



Gambar 2. Grafik Pengaruh Kadar Katalis terhadap Rendemen Biodiesel

Berdasarkan Gambar 2 diketahui rendemen terkecil diperoleh dengan penggunaan katalis sebesar 2 wt%. Rendemen meningkat pada penggunaan katalis sebesar 4 wt% sekaligus menjadi yang paling tinggi di antara ketiga sampel, sedangkan pada penggunaan katalis sebesar 6 wt% rendemen mengalami penurunan. Peningkatan rendemen dapat terjadi karena tingkat kebasahan bertambah seiring bertambahnya kadar katalis sehingga reaksi semakin maksimal. Penurunan rendemen pada 6 wt% katalis dapat disebabkan oleh kekeruhan larutan dan viskositas yang tinggi sehingga menghambat perpindahan massa, hal ini menjadikan reaksi membutuhkan energi yang lebih besar dan waktu yang lebih lama agar lebih optimal. Kadar katalis yang tinggi juga bisa menyebabkan aglomerasi dan emulsifikasi katalis sehingga menghambat kontak dengan metanol dan minyak kedelai [7]. Selain rendemen, densitas dan viskositas kinematik yang didapat telah memenuhi SNI 7182:2015.

Senyawa CaO dari tulang hewan dan daun pepaya bersifat alkali atau basa dan berperan sebagai donor elektron terhadap reaksi transesterifikasi. Semakin banyak elektron yang diterima oleh minyak kedelai dalam reaksi maka semakin tinggi mobilitas elektronnya. Semakin tinggi mobilitas elektron akan membuat jarak antar molekul semakin besar. Semakin besar jarak antar molekul maka gaya antar molekul juga akan berkurang sehingga densitas dan viskositas kinematik biodiesel semakin kecil [15-20]. Nilai densitas pada sampel dengan 4 wt% sebesar 0,870 g/mL dan nilai viskositas kinematik sebesar 5,483 cSt menandakan bahwa kedua parameter tersebut memenuhi standar biodiesel SNI 7182:2015.

2. Visualisasi Biodiesel

Secara visual hampir tidak ada perbedaan antara ketiga jenis sampel bahkan jika dibandingkan dengan minyak kedelai murni. Minyak kedelai murni dan biodiesel sama-sama berwarna kuning cerah dan bening, namun biodiesel tampak sedikit kecoklatan. Ketiga sampel biodiesel memiliki visualisasi yang relatif sama.



DAFTAR RUJUKAN

- [1] J. Lee, C. Sorensen, J. Lemery, C. Workman, H. Linstadt, and M. Bazilian, "Managing upstream oil and gas emissions: A public health oriented approach," *Journal of Environmental Management*, vol. 310, p. 114766, 2022.
- [2] R. Shan, L. Lu, Y. Shi, H. Yuan, and J. Shi, "Catalysts from renewable resources for biodiesel production," *Energy conversion and management*, vol. 178, pp. 277-289, 2018.
- [3] A. F. Alhikami, W. C. Wang, R. A. A. Nugroho, and H. C. Hsieh, "Experimental studies of soot formation for petro- and renewable diesels," *International Journal of Energy Research*, vol. 46, no. 13, pp. 19109-19122, 2022.
- [4] K. Thakkar, S. S. Kachhwaha, P. Kodgire, and S. Srinivasan, "Combustion investigation of ternary blend mixture of biodiesel/n-butanol/diesel: CI engine performance and emission control," *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 137, p. 110468, 2021.
- [5] H. Mazaheri *et al.*, "An overview of biodiesel production via calcium oxide based catalysts: Current state and perspective," *Energies*, vol. 14, no. 13, p. 3950, 2021.
- [6] F. Hussain *et al.*, "Waste animal bones as catalysts for biodiesel production; a mini review," *Catalysts*, vol. 11, no. 5, p. 630, 2021.
- [7] J. Aleman-Ramirez *et al.*, "Development of reusable composite eggshell-moringa leaf catalyst for biodiesel production," *Fuel*, vol. 324, p. 124601, 2022.
- [8] N. J. Ugo, A. R. Ade, and A. T. Joy, "Nutrient composition of Carica papaya leaves extracts," *Journal of Food Science and Nutrition Research*, vol. 2, no. 3, pp. 274-282, 2019.
- [9] J. Aleman-Ramirez, J. Moreira, S. Torres-Arellano, A. Longoria, P. U. Okoye, and P. Sebastian, "Preparation of a heterogeneous catalyst from moringa leaves as a sustainable precursor for biodiesel production," *Fuel*, vol. 284, p. 118983, 2021.
- [10] M. Y. Ritonga, D. H. Sihombing, and A. R. Sihotang, "Pemanfaatan abu kulit buah kelapa sebagai katalis pada reaksi transesterifikasi minyak sawit menjadi Metil Ester," *Jurnal Teknik Kimia USU*, vol. 2, no. 4, pp. 17-24, 2013.
- [11] S. Oko, M. Mustafa, A. Kurniawan, and D. Willain, "Sintesis Biodiesel Dari Minyak Kedelai Melalui Reaksi Transesterifikasi Dengan Katalis CaO/NaOH," *Jurnal Teknologi*, vol. 13, no. 1, pp. 1-6, 2021.
- [12] H. Hadrah, M. Kasman, and F. M. Sari, "Analisis minyak jelantah sebagai bahan bakar biodiesel dengan proses transesterifikasi," *Jurnal Daur Lingkungan*, vol. 1, no. 1, pp. 16-21, 2018.
- [13] A. F. Faputri and I. Agustiorini, "Optimalisasi Produksi Biodiesel Dari Minyak Kacang Tanah Bekas Pedagang Sate Menggunakan Proses Esterifikasi Dan Transesterifikasi Dengan Perbedaan Konsentrasi Katalis KOH," *Applicable Innovation of Engineering and Science Research (AVoER)*, pp. 528-534, 2019.
- [14] Z. Khan *et al.*, "Current developments in esterification reaction: A review on process and parameters," *Journal of Industrial and Engineering Chemistry*, vol. 103, pp. 80-101, 2021.

KESIMPULAN

Berdasarkan data-data yang diperoleh dari penelitian ini, dapat disimpulkan bahwa variasi terbaik yang bisa digunakan untuk memproduksi biodiesel dari minyak kedelai adalah dengan menggunakan 4 wt% katalis heterogen berupa kombinasi tulang hewan dan daun pepaya. Hasil biodiesel menunjukkan densitas dan viskositas kinematik yang memenuhi standar biodiesel SNI 7182:2015.

- 2021.
- [15] E. Marlina, W. Wijayanti, L. Yuliati, and I. Wardana, "The role of pole and molecular geometry of fatty acids in vegetable oils droplet on ignition and boiling characteristics," *Renewable Energy*, vol. 145, pp. 596-603, 2020.
 - [16] E. Marlina, M. Basjir, M. Ichiyanagi, T. Suzuki, and G. J. Gotama, "The role of eucalyptus oil in crude palm oil as biodiesel fuel," *Automotive Experiences*, vol. 3, no. 1, pp. 33-38, 2020.
 - [17] E. Marlina, W. Wijayanti, L. Yuliati, and I. Wardana, "The role of 1.8-cineole addition on the change in triglyceride geometry and combustion characteristics of vegetable oils droplets," *Fuel*, vol. 314, p. 122721, 2022.
 - [18] E. Marlina, M. Basjir, and R. D. Purwati, "The Response of Adding Nanocarbon to the Combustion Characteristic of Crude Coconut Oil (CCO) Droplets," *Automotive Experiences*, vol. 5, no. 1, pp. 68-74, 2022.
 - [19] E. Marlina, I. Wardana, L. Yuliati, and W. Wijayanti, "The effect of fatty acid polarity on the combustion characteristics of vegetable oils droplets," in *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 2019, vol. 494, no. 1: IOP Publishing, p. 012036.
 - [20] E. Marlina, H. Y. Nanlohy, I. G. K. Puja, and H. Riupassa, "Droplet combustion behavior of crude palm oil-carbon nanoparticles blends," in *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 2021, vol. 1034, no. 1: IOP Publishing, p. 012039.