

EFEK VARIASI KONSENTRASI KATALIS DAUN PEPAYA DAN TULANG HEWAN TERHADAP KUALITAS ANGKA ASAM BIODIESEL MINYAK KEDELAI

Bregas Istha Sasangka Aji Nagari¹, Akhmad Faruq Alhikami²

¹Fakultas Teknik, Universitas Islam Malang, Jl. Mayjen Haryono No. 193, Kota Malang
65144 e-mail : bregasistasasangkaajinagari23@gmail.com

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

ABSTRACT

Dampak negatif dari bahan bakar fosil terhadap kesehatan dan lingkungan, serta sifat korosif dari katalis homogen dalam produksi biodiesel, mendorong pencarian alternatif yang lebih ramah lingkungan. Penelitian ini bertujuan menghasilkan biodiesel dari minyak jelantah dengan memanfaatkan katalis heterogen berbahan dasar organik, yaitu tulang hewan dan daun pepaya, yang kaya akan kandungan kalsium untuk mempercepat reaksi kimia. Proses produksi melibatkan tahap esterifikasi menggunakan asam sulfat 98% selama 90 menit pada suhu 60°C guna menurunkan kadar asam lemak bebas, dilanjutkan dengan tahap transesterifikasi menggunakan rasio molar metanol terhadap minyak (MTOR) 5:1, 9:1, dan 12:1 serta massa katalis sebesar 2%, 4%, dan 6%. Hasil optimal diperoleh pada MTOR 12:1 dengan 6% katalis, menghasilkan rendemen 97,1%, densitas 0,865 g/mL, viskositas kinematik 2,58 cSt, angka asam 0,352 mg NaOH/g, dan kadar FFA 0,24%, sesuai dengan standar SNI 7182:2015. Uji titik nyala menunjukkan nilai di atas 100°C, memenuhi persyaratan keamanan. Katalis yang digunakan juga terbukti dapat dipakai ulang hingga tiga kali dengan rendemen tetap melebihi 80%. Temuan ini menunjukkan potensi besar penggunaan katalis berbasis limbah organik sebagai solusi alternatif dalam produksi biodiesel berkelanjutan.

Kata kunci: biodiesel, katalis berbasis limbah, minyak jelantah, tulang hewan, daun pepaya, MTOR, SNI 7182:2015

PENDAHULUAN

Kebutuhan energi global yang terus meningkat telah menyebabkan ketergantungan yang tinggi terhadap bahan bakar fosil, yang tidak hanya terbatas ketersediaannya, tetapi juga berdampak buruk terhadap lingkungan dan kesehatan manusia. Emisi karbon dioksida (CO₂), sulfur dioksida (SO₂), dan senyawa berbahaya lainnya dari pembakaran bahan bakar fosil menjadi salah satu penyumbang utama pemanasan global serta pencemaran udara. Oleh karena itu, pengembangan energi terbarukan yang ramah lingkungan menjadi prioritas utama dalam energi dan keberlanjutan. Emisi karbon dioksida (CO₂)

dari pembakaran bahan bakar fosil menjadi penyumbang utama pemanasan global dan krisis iklim (Zhou et al., 2021). Oleh sebab itu, pengembangan energi alternatif yang ramah lingkungan dan berkelanjutan, seperti biodiesel.

Biodiesel merupakan salah satu alternatif energi terbarukan yang dapat diproduksi dari berbagai sumber minyak nabati maupun limbah minyak, seperti minyak jelantah. Penggunaan minyak jelantah sebagai bahan baku biodiesel memiliki dua keuntungan sekaligus, yaitu mengurangi limbah rumah tangga dan memproduksi energi alternatif

yang berkelanjutan. Namun, dalam proses produksinya, biodiesel umumnya (Putri et al., 2020). menggunakan katalis homogen seperti NaOH atau KOH yang bersifat korosif, sulit dipisahkan dari produk akhir, serta tidak dapat digunakan kembali. Hal ini mendorong pengembangan katalis heterogen sebagai solusi yang lebih ekonomis dan ramah lingkungan. (Rahmawati et al., 2021).

Dalam penelitian ini, digunakan katalis heterogen berbasis organik yang berasal dari limbah tulang hewan dan daun pepaya. Kedua bahan ini dipilih karena mengandung kalsium karbonat (CaCO_3) yang tinggi, yang dapat diubah menjadi kalsium oksida (CaO) melalui proses kalsinasi. Kalsium oksida diketahui memiliki aktivitas tinggi dalam mempercepat reaksi transesterifikasi (Nugroho et al., 2022). dalam produksi biodiesel. Selain itu, pemanfaatan limbah organik sebagai bahan baku katalis juga mendukung prinsip ekonomi dan pengelolaan limbah berkelanjutan.

Penelitian ini bertujuan untuk memproduksi biodiesel dari minyak jelantah menggunakan katalis heterogen dari tulang hewan dan daun pepaya, serta mengevaluasi performa katalis melalui parameter seperti rendemen, densitas, viskositas kinematik, angka asam, kadar asam lemak bebas (FFA), titik nyala, dan uji penggunaan ulang katalis. Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi dalam pengembangan teknologi biodiesel.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan dalam dua tahap yaitu proses esterifikasi dan transesterifikasi terhadap minyak jelantah, dengan menggunakan katalis heterogen yang berasal dari daun pepaya dan tulang hewan.

1. Proses Esterifikasi

Tahap awal berupa esterifikasi bertujuan untuk menurunkan kadar asam lemak bebas (FFA) dalam minyak jelantah. Sebanyak **200**

gram minyak jelantah dipanaskan pada suhu **60°C** dan direaksikan menggunakan **katalis asam sulfat (H_2SO_4) 98%** selama **90 menit**. Tujuan dari tahap ini adalah agar kandungan FFA turun hingga di bawah 2%, sehingga layak untuk proses transesterifikasi.

2. Proses Transesterifikasi

Setelah esterifikasi, dilakukan transesterifikasi terhadap **50 gram hasil minyak esterifikasi**. Reaksi dilakukan pada suhu **65°C** selama **80 menit**. Variabel yang digunakan dalam proses ini terdiri dari:

- **Rasio molar metanol terhadap minyak (MTOR):** 5:1, 9:1, dan 12:1
- **Variasi massa katalis:** 2%, 4%, dan 6% dari massa minyak

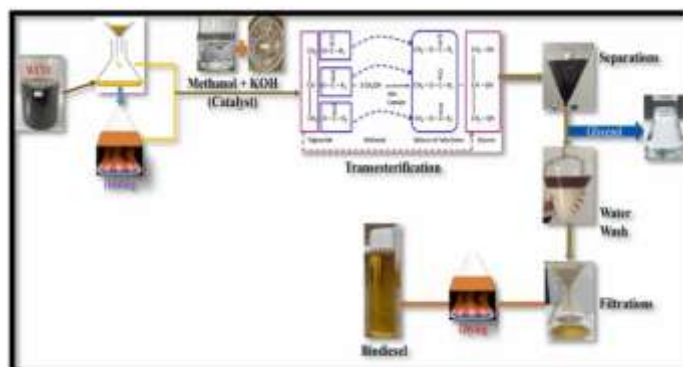
Katalis heterogen yang digunakan berupa campuran serbuk tulang hewan dan daun pepaya, yang telah melalui proses kalsinasi sebelumnya.

3. Pengujian Karakteristik Biodiesel

Produk biodiesel yang dihasilkan kemudian diuji berdasarkan parameter berikut:

- Rendemen
- Densitas
- Viskositas kinematik
- Angka asam
- Asam lemak bebas (FFA)
- Titik nyala (Flash Point)
- Karakterisasi permukaan katalis dengan SEM-EDX
- Uji angka setana

Setiap sampel hasil transesterifikasi dibandingkan dengan standar kualitas biodiesel menurut **SNI 7182:2015** untuk



menentukan kualitas dan kelayakannya sebagai bahan bakar alternatif.

Gambar.1 proses esteifikasi pada pembuatan biodiesel

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Analisis Angka Asam

Pengukuran angka asam bertujuan untuk mengetahui seberapa besar kandungan asam bebas dalam biodiesel. Nilai ini penting karena kadar keasaman yang tinggi dapat mempercepat proses korosi pada mesin jika biodiesel digunakan secara langsung.

Berdasarkan hasil pengujian terhadap berbagai variasi rasio molar metanol terhadap minyak jelantah (MTOR) dan konsentrasi katalis, diperoleh bahwa kombinasi MTOR 12:1 dengan 6% katalis menunjukkan angka asam terbaik sebesar 0,352 mgNaOH/g, mendekati batas maksimum SNI 7182:2015 sebesar 0,357 mgNaOH/g.

Sementara itu, angka asam terendah secara absolut dicapai pada MTOR 12:1 katalis 2% dengan nilai 0,224 mgNaOH/g. Namun, ketidakaturan dalam tren hasil kemungkinan disebabkan oleh keterbatasan akurasi alat atau inkonsistensi prosedur pengujian.

Kesimpulan: Katalis berbasis tulang hewan dan daun pepaya terbukti efektif dalam menurunkan angka asam karena sifat basa alami yang dikandungnya, dan beberapa variasi telah sesuai dengan standar nasional.

2. Uji Asam Lemak Bebas (Free Fatty Acid/FFA)

Asam lemak bebas merupakan parameter penting untuk mengetahui kualitas minyak sebelum diubah menjadi biodiesel. Kadar FFA tinggi dapat menyebabkan pembentukan sabun dalam proses transesterifikasi yang akan menurunkan efisiensi konversi biodiesel.

Seluruh sampel menunjukkan kadar FFA di bawah ambang batas <2%, sehingga secara

umum layak dijadikan bahan baku biodiesel. Nilai FFA terbaik tercatat pada MTOR 12:1 katalis 2%, yaitu 0,16%, sementara yang tertinggi adalah 0,31% pada MTOR 5:1 katalis 4%. Proses esterifikasi telah berhasil secara signifikan. Pada uji FFA

3. Pengujian Flash Point

Titik nyala menunjukkan suhu minimum ketika uap dari biodiesel dapat terbakar jika terkena sumber api. Parameter ini menentukan keamanan penyimpanan dan transportasi bahan bakar.

Hanya sampel terbaik (MTOR 12:1 katalis 6%) yang diuji untuk flash point. Hasil menunjukkan bahwa titik nyala biodiesel tersebut melebihi 100°C, sesuai dengan standar SNI 7182:2015.

4. Penggunaan Ulang Katalis (Reusability)

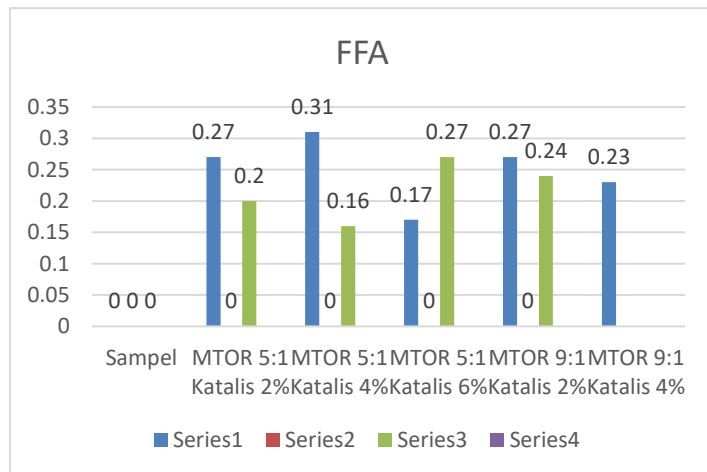
Salah satu keunggulan dari katalis heterogen adalah potensi penggunaannya secara berulang. Dalam penelitian ini, katalis dari tulang dan daun pepaya diuji hingga tiga kali penggunaan.

Hasil menunjukkan bahwa rendemen tetap di atas 80% pada setiap siklus, walaupun terdapat sedikit penurunan kualitas produk.

Katalis dari daun pepaya ini memiliki nilai ekonomis yang tinggi dan ramah lingkungan.

5. Pengujian SEM-EDX dan Cetane Number
Pengujian karakteristik morfologi katalis dengan SEM-EDX pengujian angka setana yang berfungsi untuk mengukur performa pembakaran biodiesel.

Grafik.1 uji FFA Proses pembuatan biodiesel



KESIMPULAN

Penelitian ini menyimpulkan bahwa katalis heterogen dari daun pepaya dan tulang hewan efektif dalam produksi biodiesel dari minyak jelantah. Kombinasi terbaik diperoleh pada MTOR 12:1 dengan katalis 6%, menghasilkan biodiesel yang memenuhi standar SNI 7182:2015 dengan rendemen tinggi dan kadar FFA rendah. Katalis juga dapat digunakan ulang hingga tiga kali dengan efisiensi yang masih baik. Hasil ini menunjukkan bahwa bahan limbah organik berpotensi menjadi katalis ramah lingkungan dan ekonomis untuk produksi biodiesel.

REFERENCES

- Putri, D. A., Fajri, A., & Rinaldi, R. (2020). Pemanfaatan minyak jelantah sebagai bahan baku biodiesel menggunakan katalis heterogen CaO. *Jurnal Rekayasa Kimia dan Lingkungan*, 15(3), 123–131.
- Rahmawati, E., Syamsiah, S., & Anjani, G. (2021). Perbandingan katalis homogen dan heterogen dalam produksi biodiesel dari minyak bekas. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Energi*, 11(1), 25–32.
- Zhou, Y., Wang, H., Liu, Y., & Zhang, X. (2021). Renewable energy development and carbon emissions reduction: A panel data analysis for 30 countries. *Journal of Cleaner Production*, 278, 123–137.
- Nugroho, A. H., Nurhadi, N., & Fadillah, R. A. (2022). Sintesis dan karakterisasi katalis CaO dari limbah tulang ayam untuk produksi biodiesel. *Jurnal Energi dan Teknologi Lingkungan*, 9(2), 45–53.
- Aleman-Ramirez, J., Moreira, J., Torres-Arellano, S., Longoria, A., Okoye, P. U., & Sebastian, P. (2021). Preparation of a heterogeneous catalyst from moringa leaves as a sustainable precursor for biodiesel production. *Fuel*, 284, 118983.
- Aleman-Ramirez, J., Okoye, P. U., Torres-Arellano, S., Paraguay-Delgado, F., Mejía-López, M., Moreira, J., & Sebastian, P. (2022). Development of reusable composite eggshell–moringa leaf catalyst for biodiesel production. *Fuel*, 324, 124601.
- Alhikami, A. F., Wang, W.-C., Nugroho, R. A. A., & Hsieh, H.-C. (2022). Experimental studies of soot formation for petro- and renewable diesels. *International Journal of Energy Research*, 46, 19109–19122.
- Alismaeel, Z. T., Al-Jadir, T. M., Albayati, T. M., Abbas, A. S., & Doyle, A. M. (2022). Modification of FAU zeolite as an active heterogeneous catalyst for biodiesel production and theoretical considerations for kinetic modeling. *Advanced Powder Technology*, 33, 103646.

9. Amenaghawon, A. N., Obahiagbon, K., Isesele, V., & Usman, F. (2022). Optimized biodiesel production from waste cooking oil using a functionalized bio-based heterogeneous catalyst. *Cleaner Engineering and Technology*, 8, 100501.
10. Basumatary, B., Das, B., Nath, B., & Basumatary, S. (2021). Synthesis and characterization of heterogeneous catalyst from sugarcane bagasse: Production of jatropha seed oil methyl esters. *Current Research in Green and Sustainable Chemistry*, 4, 100082.