

TRANSESTERIFIKASI MINYAK KEDELAI MENGGUNAKAN KATALIS DAUN PEPAYA DAN TULANG HEWAN MENJADI BIODIESEL EFEK KATALIS DAN MTOR TERHADAP DENSITAS

Muhammad Reno Aldiansyah¹, 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

ABSTRACT

Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji pengaruh variasi rasio metanol terhadap minyak (MTOR) serta konsentrasi katalis terhadap karakteristik fisik biodiesel, khususnya densitas dan viskositas kinematik. Proses produksi biodiesel dilakukan menggunakan bahan baku minyak goreng bekas dengan rasio MTOR 5:1, 9:1, dan 12:1, serta konsentrasi katalis sebesar 2%, 4%, dan 6%. Hasil pengujian menunjukkan bahwa peningkatan rasio MTOR dan konsentrasi katalis cenderung menurunkan nilai densitas biodiesel. Densitas yang terlalu tinggi dapat menurunkan efisiensi pembakaran karena membutuhkan tekanan injeksi lebih besar, sementara densitas terlalu rendah menghasilkan energi lebih sedikit. Berdasarkan SNI 7182:2015, hanya sampel dengan MTOR 12:1 di semua variasi katalis yang memenuhi standar densitas biodiesel (0,85–0,89 g/mL). Di sisi lain, viskositas kinematik biodiesel juga dipengaruhi oleh rasio MTOR, di mana rasio 12:1 menunjukkan penurunan viskositas yang signifikan dibandingkan MTOR lainnya. Nilai viskositas yang terlalu tinggi dapat menghambat aliran bahan bakar dan penyemprotan di sistem injeksi, sedangkan nilai yang terlalu rendah menurunkan efisiensi pembakaran dan efek pelumasan. Tiga sampel dengan MTOR 12:1 di semua variasi katalis juga memenuhi standar viskositas kinematik biodiesel menurut SNI (2,3–6,0 cSt). Hasil ini menunjukkan bahwa rasio MTOR 12:1 merupakan kondisi optimal untuk menghasilkan biodiesel yang sesuai dengan standar nasional.

Keywords : *biodiesel, densitas, katalis.*

PENDAHULUAN

Dalam beberapa dekade terakhir, kebutuhan akan energi alternatif yang ramah lingkungan semakin meningkat seiring dengan dampak negatif dari pembakaran bahan bakar fosil terhadap kesehatan manusia dan lingkungan. Emisi karbon dioksida, senyawa sulfur, dan partikel halus dari bahan bakar fosil telah terbukti menyebabkan polusi udara dan memperburuk pemanasan global (Lee et al., 2022). Oleh karena itu solusi yang banyak dikembangkan adalah biodiesel, yaitu bahan bakar alternatif yang diproduksi dari minyak nabati, lemak hewani, dan limbah organik.

Biodiesel tidak hanya menawarkan potensi sebagai energi terbarukan, tetapi juga mampu langsung digunakan pada mesin diesel tanpa modifikasi berarti (Thakkar et al., 2021). Namun, agar biodiesel dapat bersaing dengan bahan bakar konvensional, kualitas fisiknya harus sesuai dengan standar nasional dan internasional, salah satunya adalah densitas atau massa jenis. Densitas biodiesel berpengaruh pada efisiensi pembakaran dan performa mesin. Biodiesel dengan

densitas terlalu tinggi memerlukan tekanan injeksi lebih besar dan dapat menyebabkan pembakaran tidak sempurna, sementara densitas yang terlalu rendah dapat menghasilkan energi yang tidak optimal (Knothe, 2005).

Dalam proses produksi biodiesel, reaksi transesterifikasi sering digunakan dengan bantuan katalis untuk mempercepat konversi minyak menjadi ester metil. Umumnya, katalis homogen seperti NaOH dan H₂SO₄ digunakan, tetapi memiliki kelemahan seperti bersifat korosif, sulit dipisahkan, dan tidak dapat digunakan ulang (Mazaheri et al., 2021). Oleh karena itu, penggunaan katalis heterogen dari limbah organik seperti tulang hewan dan daun pepaya menjadi pilihan inovatif yang lebih ramah lingkungan dan ekonomis. Tulang hewan mengandung kalsium karbonat yang tinggi, sementara daun pepaya diketahui memiliki kandungan mineral kalsium yang signifikan (Ugo et al., 2019), yang berpotensi mempercepat reaksi transesterifikasi.

Penelitian ini difokuskan untuk mengkaji pengaruh rasio metanol terhadap minyak (MTOR) dan variasi

konsentrasi katalis dari bahan organik terhadap nilai densitas biodiesel yang dihasilkan. Evaluasi dilakukan dengan mengacu pada standar SNI 7182:2015 yang mensyaratkan densitas biodiesel berada dalam rentang 0,85–0,89 g/mL. Pemahaman lebih lanjut mengenai hubungan antara komposisi reaksi dan densitas biodiesel diharapkan dapat memperkuat pengembangan biodiesel berkualitas tinggi dari limbah organik.

METODE

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

3.1 Bahan dan Alat

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini meliputi:

- Limbah tulang hewan dan daun pepaya kering yang berasal dari sampah rumah tangga;
- Metanol, etanol, air suling, dan asam sulfat (H_2SO_4) yang diperoleh dari toko bahan kimia setempat;
- Minyak goreng bekas yang juga dikumpulkan dari limbah rumah tangga.

Peralatan yang digunakan dalam penelitian antara lain:

- Hotplate magnetic stirrer, alat pemanas dan pengaduk otomatis yang digunakan dalam proses esterifikasi dan transesterifikasi secara bersamaan;
- Furnace dan oven, digunakan untuk proses kalsinasi. Furnace memiliki kemampuan panas yang lebih tinggi dibandingkan oven, sedangkan oven digunakan khusus untuk proses pengeringan;
- Corong pisah, berfungsi untuk memisahkan metil ester dan katalis setelah proses esterifikasi;
- Sentrifus, digunakan untuk memisahkan biodiesel, katalis, dan gliserol melalui proses pemutaran dengan kecepatan 3500 rpm;
- Desikator, digunakan untuk menyimpan katalis agar tidak bereaksi dengan uap air dari udara;
- Alat uji titik nyala (flash point tester), digunakan untuk mengukur suhu titik nyala biodiesel;
- Peralatan laboratorium lainnya seperti neraca analitik, labu Erlenmeyer, termometer, gelas ukur, gelas beaker, corong, spatula, kertas saring, pipet, mangkuk stainless steel, viskometer Ostwald, pipet bola, serta lumpang dan alu.

3.2 Prosedur Pembuatan Katalis

- Daun pepaya dan tulang hewan dicuci bersih, lalu dikeringkan dalam oven pada suhu

100°C (daun selama 2 jam, tulang selama 3 jam).

- Setelah kering, bahan ditumbuk hingga halus.
- Bubuk dikalsinasi menggunakan furnace dengan suhu 800°C selama 3 jam untuk menghasilkan katalis berbasis kalsium.

3.3 Proses Esterifikasi

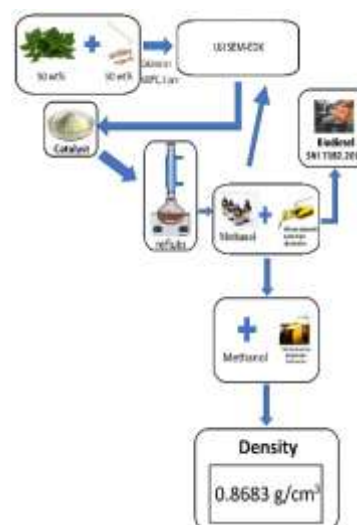
- Sebanyak 200 gram minyak jelantah dipanaskan dalam erlenmeyer hingga mencapai suhu 60°C.
- Ditambahkan 6 gram asam sulfat dan 32,5 mL metanol.
- Campuran diaduk menggunakan magnetic stirrer selama 90 menit.
- Setelah pendinginan, campuran diendapkan dalam waktu 24 jam hingga terbentuk dua lapisan.
- Lapisan bawah dibuang, sementara lapisan atas dipanaskan untuk menghilangkan air.

3.4 Proses Transesterifikasi

- Sebanyak 50 gram hasil esterifikasi dicampur dengan metanol sesuai variasi MTOR (5:1, 9:1, 12:1) dan katalis 2%, 4%, atau 6% dari berat minyak.
- Campuran dipanaskan hingga 65°C dan diaduk selama 80 menit.
- Setelah reaksi selesai, campuran disaring untuk memisahkan katalis, kemudian diproses dalam centrifuge untuk memisahkan gliserol dari biodiesel.
- Biodiesel yang diperoleh akan dikeringkan dalam oven pada suhu 110°C selama 20 menit.

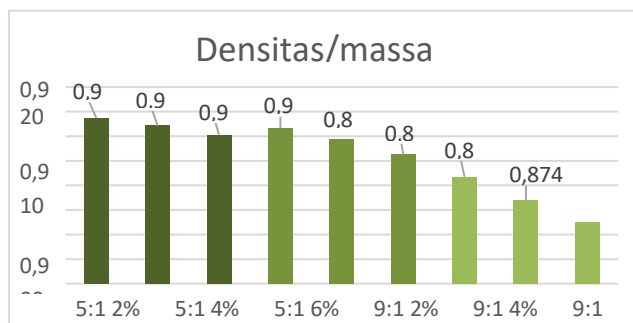
3.5 Pengukuran Densitas

- Piknometer 10 mL ditimbang dalam keadaan kosong.
- Biodiesel yang telah dipanaskan pada suhu 40°C dimasukkan ke dalam piknometer hingga penuh, kemudian ditimbang kembali.
- Pengukuran dilakukan pada seluruh sampel untuk mendapatkan data perbandingan.



HASIL DAN PEMBAHASAN

Sampel	Densitas (g/ml)	Sampel	Densitas (g/ml)
MTOR 5:1 Katalis 2%	0,908	MTOR 9:1 Katalis 6%	0,893
MTOR 5:1 Katalis 4%	0,904	MTOR 12:1 Katalis 2%	0,884
MTOR 5:1 Katalis 6%	0,901	MTOR 12:1 Katalis 4%	0,874
MTOR 9:1 Katalis 2%	0,903	MTOR 12:1 Katalis 6%	0,865
MTOR 9:1 Katalis 4%	0,899		



Berdasarkan data dan grafik di atas, variasi katalis memiliki peran penting dalam menurunkan nilai densitas biodiesel. Semakin besar MTOR dan kadar katalis yang digunakan maka semakin menurunkan nilai densitas biodiesel. Nilai densitas biodiesel berpengaruh pada jumlah pemakaian bahan bakar, dimana semakin tinggi nilai densitas berarti semakin sedikit volumenya sehingga volume bahan bakar perlu ditambah. Di sisi lain, semakin tinggi nilai densitas berarti semakin besar massa biodiesel sehingga mesin memerlukan tekanan injeksi yang lebih besar dan dapat mengurangi efisiensi pembakaran. Sebaliknya, densitas yang terlalu rendah menghasilkan sedikit energi sehingga pembakaran tidak efisien dan terjadi penurunan daya mesin. Potensi biodiesel akan terlihat setelah mengacu pada SNI 7182:2015. Standar nilai densitas biodiesel adalah berkisar 0,85-0,89 g/mL sehingga tiga sampel biodiesel telah memenuhi standar densitas yaitu sampel dengan MTOR 12:1 baik katalis 2wt%, 4wt%, maupun 6wt%.

KESIMPULAN

Hasil penelitian menunjukkan bahwa perbandingan metanol terhadap minyak (MTOR) dan konsentrasi katalis berbasis limbah organik memiliki dampak nyata terhadap nilai densitas biodiesel yang dihasilkan. Peningkatan rasio MTOR serta kadar katalis cenderung menurunkan nilai densitas biodiesel, yang secara langsung berpengaruh terhadap efisiensi pembakaran dan performa mesin. Densitas yang melebihi batas dapat meningkatkan kebutuhan tekanan

injeksi, sedangkan densitas yang terlalu rendah menyebabkan berkurangnya energi per volume bahan bakar.

Dari seluruh variasi yang diuji, kombinasi rasio MTOR 12:1 dengan konsentrasi katalis 2%, 4%, dan 6% menghasilkan biodiesel dengan densitas yang berada dalam kisaran standar mutu SNI 7182:2015, yakni antara 0,85 hingga 0,89 g/mL. Hal ini menunjukkan bahwa kondisi tersebut merupakan parameter optimal untuk menghasilkan biodiesel berkualitas tinggi dengan karakteristik fisik yang sesuai standar nasional. Oleh karena itu, penggunaan katalis heterogen dari tulang hewan dan daun pepaya dalam kondisi reaksi tersebut dapat dijadikan pendekatan alternatif yang efektif dalam produksi biodiesel ramah lingkungan.

REFERENCES

1. Knothe, G. (2005). Dependence of biodiesel fuel properties on the structure of fatty acid alkyl esters. *Fuel Processing Technology*, 86(10), 1059–1070. <https://doi.org/10.1016/j.fuproc.2004.11.002>
2. Lee, J., Sorensen, C., Lemery, J., Workman, C., Linstadt, H., & Bazilian, M. (2022). Managing upstream oil and gas emissions: A public health oriented approach. *Journal of Environmental Management*, 310, 114766.
3. Mazaheri, H., Ong, H. C., Amini, Z., Masjuki, H. H., Mofijur, M., et al. (2021). An overview of biodiesel production via calcium oxide-based catalysts: Current state and perspective. *Energies*, 14(13), 3950. <https://doi.org/10.3390/en14133950>
4. Thakkar, K., Kachhwaha, S. S., Kodgire, P., & Srinivasan, S. (2021). Combustion investigation of ternary blend mixture of biodiesel/n-butanol/diesel: CI engine performance and emission control. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 137, 110468. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2020.110468>
5. Ugo, N. J., Ade, A. R., & Joy, A. T. (2019). Nutrient composition of *Carica papaya* leaves extracts. *Journal of Food Science and Nutrition Research*, 2, 274–282.
6. 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.
7. 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.
8. 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.
 9. 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.
 10. 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.