



SIFAT DAN KARAKTERISASI BIODIESEL DARI MINYAK GORENG BEKAS MELALUI PROSES ESTERIFIKASI-TRANSESTERIFIKASI MENGGUNAKAN PEMANAS UDARA

Surya Dharma^{a*}, Rahmawaty^b, Rihat Sebayang^b

^aProgram Studi Teknik Mesin, Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Medan, Jl. Almamater No.1, Padang Bulan, Kec. Medan Baru, Kota Medan, Sumatera Utara 2015, Indonesia

^bProgram Studi Teknologi Rekayasa Energi Terbarukan, Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Medan, Jl. Almamater No.1, Padang Bulan, Kec. Medan Baru, Kota Medan, Sumatera Utara 2015, Indonesia

*Corresponding authors at email: [suryadharna \(S. Dharma\) Tel.: +6281361313004](mailto:suryadharna (S. Dharma) Tel.: +6281361313004)

INFO ARTIKEL

Riwayat artikel:

Diajukan pada 21 November 2023

Direvisi pada 10 Januari 2024

Disetujui pada 16 Januari 2024

Tersedia daring pada 02 Maret 2024

Kata kunci:

Biodiesel, minyak goreng bekas, esterifikasi, transesterifikasi, pemanas udara

Keywords:

Biodiesel, used cooking oil, esterification, transesterification, air heating.

ABSTRAK

Kebutuhan akan energi mengalami peningkatan setiap tahun karena meningkatnya populasi, kenaikan harga minyak, berkurangnya cadangan sumber daya bahan bakar fosil, dan adanya upaya pemerintah untuk mengurangi pencemaran udara dengan penggunaan energi terbarukan. Tujuan dari penelitian adalah menghasilkan bahan bakar biodiesel yang dihasilkan dari proses transesterifikasi yang memanfaatkan pemanas yang berasal dari udara yang dipanaskan. Bahan baku dalam penelitian ini bersumber dari bahan yang tidak terpakai yaitu minyak goreng bekas (waste cooking oil). Hasil penelitian menunjukkan bahwa pada proses produksi biodiesel, katalis 1% memiliki hasil biodiesel yang lebih besar yaitu sebesar 98,3%. Dan methyl ester yang dihasilkan memiliki sifat dan karakteristik bahan bakar yang sesuai dengan standard ASTM D6751 dan EN14214.

ABSTRACT

Every year, the demand for energy rises as a result of a number of factors, including growth in population, rising oil costs, diminishing supplies of fossil fuel resources, and efforts made by the government to minimise air pollution through the utilisation of renewable energy sources. The objective of the study is to develop a method for the production of biodiesel fuel that is based on the utilisation of a transesterification process called heating from heated air. The research that is being conducted uses underutilised resources, specifically waste cooking oil, as its primary source of supplies. As a result of the findings of the research, it has been determined that the biodiesel manufacturing process with 1% catalyst has a higher biodiesel output, specifically 98.3%. In addition, the methyl ester that was produced possesses fuel properties and characteristics that are in accordance with the specifications defined by ASTM D6751 and EN14214.

1. PENGANTAR

Kebutuhan akan energi mengalami peningkatan setiap tahun karena meningkatnya populasi, kenaikan harga minyak, berkurangnya cadangan sumber daya bahan bakar fosil, dan adanya upaya pemerintah untuk mengurangi pencemaran udara dengan penggunaan energi terbarukan (Hassan, Rahman, Rahman, & Nabi, 2022). Biodiesel merupakan salah satu sumber bioenergi yang menjanjikan karena biodiesel terdiri dari ester monoalkil dari asam lemak rantai panjang, dan dapat menggantikan sebagian atau seluruhnya penggunaan petrodiesel dalam sistem pemanas dan mesin diesel komersial tanpa memerlukan modifikasi (Chinh Nguyen dkk. , 2023). Biodiesel juga diketahui sebagai bahan bakar yang tidak beracun, dapat terurai secara hayati, dan ramah lingkungan, biodiesel juga memiliki sifat fisik dan kimianya yang dapat disesuaikan. Dalam hal emisi pembakaran, biodiesel menghasilkan lebih sedikit karbon monoksida, sulfur dioksida dan hidrokarbon yang tidak terbakar dibandingkan dengan bahan bakar diesel berbasis minyak bumi (Thangaraj, Solomon, Muniyandi, Ranganathan, & Lin, 2019).

Biodiesel adalah salah satu bahan bakar alternatif yang menjanjikan untuk menggantikan bahan bakar solar (Ghisi dkk. , 2011). Biodiesel dapat diperoleh dari berbagai sumber yang meliputi minyak nabati yang dapat dimakan dan tidak dapat dimakan, minyak limbah dan lemak hewani, yang dihasilkan melalui proses transesterifikasi trigliserida yang ada dalam minyak nabati dengan alkohol dengan adanya katalis basa atau asam (Campanelli, Banchemo, & Manna, 2010; Dharma, Ong, Masjuki, Sebayang, & Silitonga, 2016; Lin, Hsu, & Chen, 2011).

Biodiesel dapat dihasilkan melalui beberapa cara, salah satunya adalah melalui proses transesterifikasi trigliserida dengan alkohol rantai pendek ditambah dengan katalis. Reaksi transesterifikasi juga dapat dilakukan tanpa penggunaan katalis, yaitu melalui reaksi proses superkritis. Proses ini terdiri dari tiga reaksi reversibel berturut-turut di mana trigliserida diubah menjadi digliserida, digliserida diubah

menjadi monogliserida, dan akhirnya monogliserida diubah menjadi gliserol. Setiap gliserida yang bereaksi terjadi pembentukan molekul ester (biodiesel) (Ramos, Dias, Puna, Gomes, & Bordado, 2019). Cara lain yang dapat digunakan dalam memproduksi biodiesel adalah menggunakan ultrasound (Teixeira dkk. , 2009). Ultrasound dalam pemrosesan kimia meningkatkan transfer massa dan reaksi kimia, menawarkan potensi waktu reaksi yang lebih pendek, reagen yang lebih murah dan kondisi fisik yang tidak terlalu ekstrem. Dengan cara ini, transesterifikasi asam lemak dengan menggunakan energi ultrasonik telah digunakan untuk produksi biodiesel dari berbagai minyak nabati (Stavarache, Vinatoru, & Maeda, 2007; Stavarache, Vinatoru, Maeda, & Bandow, 2007). Proses pembuatan biodiesel lainnya adalah dengan memanfaatkan radiasi dari *microwave*. Biodiesel yang dihasilkan dari proses transesterifikasi dengan menggunakan katalis basa konvensional menghabiskan waktu yang lama, sehingga penggunaan iradiasi dari gelombang mikro (*microwave*) diketahui membantu meningkatkan efisiensi panas dan menghasilkan reaksi kimia yang lebih baik (Milano dkk. , 2018). Beberapa parameter yang dapat mempengaruhi dalam proses produksi biodiesel adalah konsentrasi methanol, suhu, waktu reaksi, katalis dan kecepatan (Milano dkk., 2018; Son & Yeom, 2021).

Berbagai metode dan parameter uji telah dilakukan oleh penelitian sebelumnya dalam menghasilkan biodiesel. Adapun tujuan dari penelitian adalah menghasilkan bahan bakar biodiesel yang diperoleh dari proses transesterifikasi yang memanfaatkan udara panas (*hot air*) sebagai media pemanas dalam proses transesterifikasi biodiesel. Suhu reaksi yang dihasilkan dari udara panas dijaga pada kisaran 60-70°C. Bahan baku dalam penelitian ini bersumber dari bahan yang tidak terpai yaitu minyak jelantah (*waste cooking oil*). Sifat dan karakterisasi bahan bakar selanjutnya diamati untuk mendapatkan bahan bakar biodiesel yang sesuai dengan standard ASTM D6751 dan EN14214.

2. METODE

Pada penelitian ini, minyak jelantah (*waste cooking oil*) digunakan sebagai bahan baku pembuatan biodiesel. Reagen yang digunakan dalam pembuatan biodiesel adalah sebagai berikut: metanol (kemurnian: 99,9%), asam sulfat (H_2SO_4 , kemurnian: > 98,9%), asam fosfat (H_3PO_4 20%), pelet kalium hidroksida (KOH, kemurnian: 99 %), kalsium klorida anhidrat ($CaCl_2$ 99%), natrium sulfat anhidrat (Na_2SO_4 99%) dan natrium hidrogen karbonat ($NaHCO_3$). Kertas saring Whatman (Filtres Fioroni, Prancis) yang digunakan untuk menyaring sampel biodiesel. Bahan-bahan kimia yang digunakan adalah metanol (kemurnian: 99,9%), sulphuric acid (H_2SO_4), pelet kalium hidroksida (KOH), kertas saring Whatman (Filtres Fioroni, Prancis) yang dibeli dari Merck.

2.1. Proses Degumming

Secara umum, minyak mentah mengandung jumlah fosfatida yang bervariasi (dikenal sebagai gum) dan fosfatida ini perlu dihilangkan dari minyak karena tidak diinginkan untuk produksi biodiesel. Proses menghilangkan fosfatida dari minyak mentah disebut proses degumming. Pada proses ini, minyak jelantah dipanaskan terlebih dahulu pada suhu 60 °C selama 15 menit. Setelah ini, 2 vol.% asam fosfat (H_3PO_4 20%) ditambahkan ke dalam campuran minyak dan dipanaskan pada 60 °C selama 30 menit dengan kecepatan pengadukan 800 rpm. Ini diikuti dengan proses penyaringan sederhana selama minimal 4 jam, di mana pembentukan fosfatida (getah) dapat diamati di bagian bawah labu. Gusi dipisahkan dari campuran minyak dan campuran minyak dicuci beberapa kali dengan air suling pada suhu 40 °C. Kelebihan air diuapkan dari campuran minyak menggunakan pompa vakum selama 30 menit untuk mencegah oksidasi campuran minyak (Dharma, Ong, Masjuki, Sebayang, & Silitonga, 2016).

2.2. Proses Esterifikasi

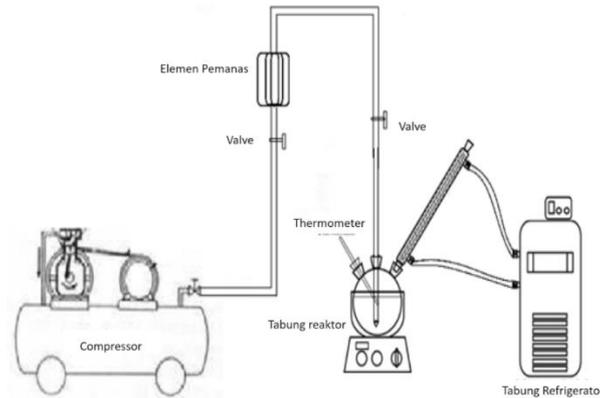
Proses produksi biodiesel dari minyak jelantah dilakukan dalam proses dua langkah: (1) esterifikasi dengan katalis asam dan (2) transesterifikasi dengan katalis alkali. Proses esterifikasi juga dikenal sebagai pre-treatment dan tujuan utama dari proses ini adalah untuk mengurangi jumlah asam lemak bebas yang ada dalam campuran minyak menjadi kurang dari 1%. Pada proses ini, 1% (v/v) asam sulfat (H_2SO_4) ditambahkan ke dalam 200 ml minyak jelantah yang telah dihilangkan gumnya. Proses esterifikasi dilakukan selama 3 jam dengan menggunakan parameter operasi berikut: rasio metanol terhadap minyak: 30%, suhu: 60 °C dan kecepatan agitasi: 1200 rpm. Setelah reaksi selesai, produk dituangkan ke dalam corong pisah untuk memisahkan kelebihan metanol, H_2SO_4 dan pengotor. Setelah beberapa jam, lapisan atas mengandung metanol berlebih sedangkan dibagian bawah adalah minyak yang sudah teresterifikasi. Setelah ini, minyak hasil esterifikasi dipanaskan pada suhu 60 °C dalam rotary evaporator dalam kondisi vakum selama 1 jam untuk menghilangkan residu metanol dan air yang ada dalam campuran minyak.

2.3. Transesterifikasi

Minyak jelantah hasil esterifikasi diukur dan dipanaskan sampai suhu 60 °C menggunakan pemanas circulator. Setelah itu, 1% berat kalium hidroksida (KOH), yang merupakan katalis basa, dilarutkan dalam metanol, dicatat bahwa rasio metanol-terhadap-minyak adalah 30%. Larutan KOH-metanol ini kemudian ditambahkan ke dalam minyak yang dipanaskan dan reaksi berlanjut selama 2 jam. Campuran minyak diaduk secara konstan pada 800 rpm menggunakan overhead stirrer selama proses transesterifikasi dan temperatur dijaga konstan pada 60 °C. Setelah reaksi selesai, metil ester (biodiesel) dituangkan ke dalam corong pisah selama 6 jam untuk memisahkan gliserol dari metil ester. Kelebihan metanol, gliserol, dan pengotor yang terkandung dalam lapisan bawah berdensitas tinggi dihilangkan pada tahap ini. Setelah ini, metil ester dituangkan ke dalam rotary evaporator untuk menghilangkan residu metanol, dan kemudian dicuci dengan air suling beberapa kali untuk menghilangkan gliserol dan kotoran yang tertahan. Dalam proses ini, 50% (v/v) air suling pada 50 °C disemprotkan ke permukaan metil ester dan diaduk perlahan. Metil ester selanjutnya dimurnikan untuk menghilangkan kelebihan air dan metanol menggunakan pompa vakum pada suhu 60 °C, dan terakhir disaring menggunakan kertas saring (Dharma, Ong, Masjuki, Sebayang, & Silitonga, 2016). Pada proses transesterifikasi ini dilakukan beberapa variasi pengujian dari jumlah katalis KOH, yaitu 0,5%, 1% dan 1,5% untuk melihat jumlah biodiesel yang dihasilkan.

2.4. Alat Produksi Biodiesel

Produksi biodiesel menggunakan sebuah reactor yang menggunakan udara panas sebagai media pemanas campuran bahan baku dan methanol. Adapun skema alat produksi biodiesel adalah sebagai berikut:

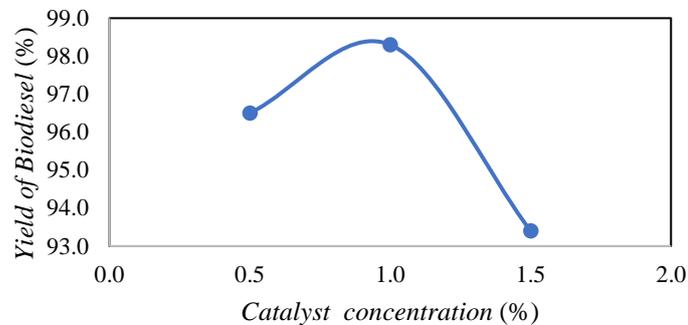


Gambar 1: Skema alat produksi biodiesel

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Hasil Penelitian

Efek pemuatan KOH (0,5-1,5% berat) terhadap hasil biodiesel dievaluasi pada rasio metanol dan minyak 30 (berat / berat)%, dengan waktu reaksi 120 menit. Hasil tersebut ditunjukkan pada Gambar 5, bahwa hasil biodiesel meningkat dari 96,5% menjadi 98,3% karena pemuatan KOH meningkat dari 0,5 menjadi 1,0 wt.% Dan menurun secara signifikan menjadi 93,4% setelahnya. Ini dapat dijelaskan bahwa lebih banyak trigliserida terbentuk dalam reaksi sisi saponifikasi karena penambahan katalis KOH yang berlebihan.



Gambar 2: Pengaruh katalis KOH terhadap hasil metil ester

3.2. Sifat dan Analisis Minyak Goreng Bekas

Sifat fisik dari minyak goreng bekas yang dikonversi menjadi biodiesel dapat dilihat dari **Tabel 1**. Dari tabel tersebut terlihat bahwa kepadatan dan viskositas kinematik dari minyak goreng bekas sesuai dengan standard yang telah ditetapkan oleh ASTM D6751 dan juga standar EN 14214. Dapat disimpulkan bahwa viskositas kinematik, densitas, dan nilai asam dari minyak jelantah (*waste cooking oil*) yang dihasilkan dari proses menggunakan pemanas udara mendekati dengan minyak yang diolah menggunakan proses pemanasan double jacket reactor yang menggunakan pemanas air. Hasil ini sejalan dengan Milano et al (2017) yang menyatakan bahwa campuran 70% *Calophyllum inophyllum* oil (CIO) dan 30% limbah minyak goreng (CSO) dapat mengurangi nilai asam dari 63,05 menjadi 19,75 mg KOH/g (Milano dkk., 2018).

Tabel 1: Sifat Fisik Dari Waste Cooking Oil Biodiesel

| Sifat | Unit | ASTM D6751 | EN 14214 | Diesel | Biodiesel minyak jelantah yang menggunakan double jacket reactor | Biodiesel minyak jelantah yang menggunakan pemanas udara |
|-----------------------------|--------------------|------------|----------|--------|--|--|
| Kinematic viscosity at 40°C | mm ² /s | 1,9-6,0 | 3,5–5,0 | 2,86 | 4,7853 | 4,832 |
| Density at 15°C | kg/m ³ | 860-880 | 860–900 | 833 | 878 | 878 |
| Acid value | mg KOH/g | Max. 0,5 | Max 0,5 | 0,06 | 0,235 | 0,247 |
| Higher heating value | MJ/kg | Min. 35 | 35 | 45,82 | 39,584 | 39,862 |

4. KESIMPULAN

Sifat fisikokimia dari biodiesel minyak jelantah (WCO) telah dievaluasi, hasil maksimum biodiesel dari percobaan dicapai pada 98,30% dengan jumlah katalis yang digunakan adalah 1,0% berat KOH. Dari hasil tersebut dapat disimpulkan bahwa metil ester minyak jelantah yang diperoleh merupakan kandidat yang baik sebagai alternatif pengganti bahan bakar solar karena sesuai dengan standar ASTM D6751 dan EN14214.

UCAPAN TERIMAKASIH

Ucapan Terima kasih Para penulis dengan penuh rasa syukur menyampaikan penghargaan dan mengucapkan terima kasih atas dukungan finansial yang diberikan oleh Kementerian Riset, Teknologi, dan Pendidikan Tinggi melalui dana DIPA Politeknik Negeri Medan Tahun 2023.

DAFTAR PUSTAKA

- Campanelli, P., Banchero, M., & Manna, L. (2010). Synthesis of biodiesel from edible, non-edible and waste cooking oils via supercritical methyl acetate transesterification. *Fuel*, *89*(12), 3675-3682.
- Chinh Nguyen, H., Hagos Aregawi, B., Fu, C.-C., Chyuan Ong, H., Barrow, C. J., Su, C.-H., Wang, F.-M. (2023). Biodiesel production through electrolysis in the presence of choline chloride-based deep eutectic solvent: Optimization by response surface methodology. *Journal of Molecular Liquids*, 121633.
- Dharma, S., Ong, H. C., Masjuki, H. H., Sebayang, A. H., & Silitonga, A. S. (2016). An overview of engine durability and compatibility using biodiesel–bioethanol–diesel blends in compression-ignition engines. *Energy Conversion and Management*, *128*, 66-81.
- Ghisi, M., Chaves, E. S., Quadros, D. P., Marques, E. P., Curtius, A. J., & Marques, A. L. (2011). Simple method for the determination of Cu and Fe by electrothermal atomic absorption spectrometry in biodiesel treated with tetramethylammonium hydroxide. *Microchemical Journal*, *98*(1), 62-65.
- Hassan, T., Rahman, M. M., Rahman, M. A., & Nabi, M. N. (2022). Opportunities and challenges for the application of biodiesel as automotive fuel in the 21st century. *Biofuels, Bioproducts and Biorefining*, *16*(5), 1353-1387.
- Lin, Y.-C., Hsu, K.-H., & Chen, C.-B. (2011). Experimental investigation of the performance and emissions of a heavy-duty diesel engine fueled with waste cooking oil biodiesel/ultra-low sulfur diesel blends. *Energy*, *36*(1), 241-248.
- Milano, J., Ong, H. C., Masjuki, H. H., Silitonga, A. S., Chen, W.-H., Kusumo, F., Sebayang, A. H. (2018). Optimization of biodiesel production by microwave irradiation-assisted transesterification for waste cooking oil-Calophyllum inophyllum oil via response surface methodology. *Energy Conversion and Management*, *158*, 400-415.
- Ramos, M., Dias, A. P. S., Puna, J. F., Gomes, J., & Bordado, J. C. (2019). Biodiesel production processes and sustainable raw materials. *Energies*, *12*(23), 4408.
- Son, E. K., & Yeom, S. H. (2021). Repeated Biodiesel Production Using a Cartridge Containing Solid Catalysts Manufactured from Waste Scallop Shells for Simultaneous Lipid Extraction and Transesterification Process. *Biotechnology and Bioprocess Engineering*, *26*(1), 145-155.
- Stavarache, C., Vinatoru, M., & Maeda, Y. (2007). Aspects of ultrasonically assisted transesterification of various vegetable oils with methanol. *Ultrasonics Sonochemistry*, *14*(3), 380-386.
- Stavarache, C., Vinatoru, M., Maeda, Y., & Bandow, H. (2007). Ultrasonically driven continuous process for vegetable oil transesterification. *Ultrasonics Sonochemistry*, *14*(4), 413-417.
- Teixeira, L. S. G., Assis, J. C. R., Mendonça, D. R., Santos, I. T. V., Guimarães, P. R. B., Pontes, L. A. M., & Teixeira, J. S. R. (2009). Comparison between conventional and ultrasonic preparation of beef tallow biodiesel. *Fuel Processing Technology*, *90*(9), 1164-1166.
- Thangaraj, B., Solomon, P. R., Muniyandi, B., Ranganathan, S., & Lin, L. (2019). Catalysis in biodiesel production—a review. *Clean Energy*, *3*(1), 2-23.