



Transesterifikasi Minyak Jelantah Menjadi Biodiesel Menggunakan Gelombang Ultrasonik dan Katalis Na_2O /Fly Ash

Qisthi Hanifa Maisarah* dan Nur Hidayati

Program Studi Teknik Kimia, Universitas Muhammadiyah Surakarta
Jl. A. Yani Tromol Pos 1 Pabelan, Kartasura, Surakarta 57102

*E-mail: qisthihanifam@gmail.com

Abstract

Biodiesel is an alternative fuel for diesel engine made from animal fats or vegetable oils with an alcohol. In this experiment, biodiesel was produced by transesterification of Waste Cooking Oil (WCO) and methanol in the presence of Na_2O /fly ash as a catalyst. Ultrasonic assisted transesterification was performed by varying reaction time. The fixed variables included the reaction temperature of 40°C , oil to methanol molar ratio of 1:10 and catalyst loading of 4%-wt. The highest biodiesel yield 89.53% was obtained at the reaction time of 60 minutes. Analysis using Gas Chromatography Mass Spectroscopy showed that biodiesel contain mostly methyl ester oleate (53.54%), methyl ester palmitate (38.23%), methyl ester stearate (5.12%) and methyl ester myristate (1.14%).

Keywords: waste cooking oil, biodiesel, transesterification, ultrasonic, heterogeneous catalyst

Pendahuluan

Biodiesel diproduksi melalui reaksi kimia antara minyak tumbuhan atau lemak hewan dengan alkohol seperti metanol. Reaksi ini membutuhkan katalis yang umumnya bersifat basa kuat, dan menghasilkan senyawa baru yang disebut metil ester (Van Gerpen, 2005). Beberapa kelebihan biodiesel yaitu merupakan bahan bakar yang ramah lingkungan karena mengurangi emisi gas karbon monoksida (Van Gerpen, 2005), sumberdaya yang digunakan dapat diperbaharui serta bersifat *biodegradable* (Jermolovicus dkk., 2017).

Bahan baku yang dapat digunakan dalam pembuatan biodiesel diantaranya adalah minyak jelantah. Minyak jelantah merupakan minyak goreng bekas pakai yang pemanfaatannya belum dilakukan secara maksimal. Beberapa keuntungan menggunakan minyak jelantah dalam pembuatan biodiesel yaitu dihasilkan bahan bakar murah dan ramah lingkungan, mencegah terjadinya polusi air dan tanah, serta mengurangi bahan karsinogenik yang beredar di masyarakat yang dapat merusak kesehatan dan menimbulkan penyakit kanker (Supardan, 2011, Tamrin, 2013).

Reaksi transesterifikasi biodiesel membutuhkan katalis untuk mempercepat reaksi. Katalis yang sering digunakan adalah katalis cair yang bersifat basa. Katalis cair memiliki kemampuan katalisator yang tinggi serta dapat digunakan pada suhu dan tekanan operasi yang rendah (Santoso dkk., 2013). Namun, katalis cair sulit dipisahkan dari campuran reaksi sehingga tidak dapat digunakan kembali. Untuk mengatasi hal tersebut, maka digunakan katalis padat dalam pembuatan biodiesel. Katalis padat yang telah digunakan diantaranya yaitu *CaO/fly ash* (Maulana dkk., 2014), CH_3CONa (Chen dkk., 2012), *modified coal fly ash* (Xiang dkk., 2016), *K₂O/fly ash* (Kotwal dkk., 2009) dan *Na₂O/fly ash* (Fery dkk., 2011). Penambahan KNO_3 pada *fly ash* dilaporkan dapat meningkatkan *yield* biodiesel dari minyak bunga matahari (Kotwal dkk., 2009). *Fly ash* perlu diimpregnasi dengan senyawa logam untuk meningkatkan kemampuan katalitik dan kebasaannya. Impregnasi senyawa dari golongan alkali dan alkali tanah dapat meningkatkan *yield* biodiesel (Benjapornkulaphong dkk., 2009).

Upaya lain untuk meningkatkan *yield* dan mempercepat waktu reaksi dapat dilakukan dengan memodifikasi metode pembuatan biodiesel. Penggunaan gelombang ultrasonik merupakan salah satu cara yang dapat dilakukan untuk mempercepat waktu reaksi dan meningkatkan *yield*. Gelombang ultrasonik akan menghasilkan efek kavitasi dan memberikan energi yang sangat besar sehingga dapat meningkatkan laju reaksi. Peningkatan laju reaksi menghasilkan *yield* biodiesel yang lebih tinggi dalam waktu yang lebih cepat (Putri dkk., 2012).

Dilaporkan bahwa penggunaan gelombang ultrasonik menghasilkan *yield* sebesar 92% dalam waktu 90 menit pada pembuatan biodiesel dari minyak jelantah menggunakan katalis padat K_3PO_4 (Pukale dkk., 2014).

Penelitian menggunakan katalis padat *Na₂O/fly ash* dalam proses pembuatan biodiesel dari minyak sawit *off-grade* tanpa bantuan gelombang ultrasonik telah dilakukan dan menghasilkan *yield* sebesar 77,33% dalam waktu 3 jam (Fery dkk., 2011). Kajian tentang pembuatan biodiesel dari minyak jelantah dengan katalis padat *Na₂O/fly ash*



menggunakan bantuan gelombang ultrasonik masih terbatas informasinya. Oleh sebab itu, perlu dilakukan kajian tersebut untuk mengetahui pengaruh gelombang ultrasonik dan waktu reaksi terhadap *yield* yang dihasilkan.

Metodologi Penelitian

Bahan dan Alat

Bahan baku yang digunakan dalam penelitian ini adalah minyak jelantah sisa penggunaan rumah tangga, metanol *pro analysis* dengan kadar 99,9%, NaOH, KOH, dan asam oksalat yang semuanya diperoleh dari Merck. *Fly ash* diperoleh dari PT. Petrokimia Gresik. Pembuatan biodiesel dengan reaksi transesterifikasi menggunakan serangkaian alat ultrasonikator yang dilengkapi dengan labu leher 3.

Prosedur Penelitian

Pembuatan katalis Na₂O/*fly ash*. *Fly ash* sebanyak 32 gr dikalsinasi menggunakan tungku pada suhu 540⁰C selama 1 jam. *Fly ash* yang sudah dikalsinasi kemudian dicampurkan dengan NaOH yang sudah digerus terlebih dahulu dengan perbandingan berat *fly ash*:NaOH yaitu 1:1,2. Setelah itu, campuran dikalsinasi kembali pada suhu 750⁰C selama 1 jam. Katalis Na₂O/*fly ash* kemudian ditambahkan akuades sebanyak 63 mL dan dilakukan pengadukan dengan kecepatan 684 rpm pada suhu 80⁰C selama 30 menit. Katalis kemudian disaring dan dikeringkan menggunakan oven pada suhu 110⁰C. Katalis yang dihasilkan kemudian dilakukan pengujian komposisi dan strukturnya menggunakan metode Difraksi Sinar X (XRD).

Proses Transesterifikasi. Proses transesterifikasi minyak jelantah menjadi biodiesel dilakukan dengan menggunakan ultrasonikator. Waktu reaksi transesterifikasi dilakukan selama 15 menit, 30 menit dan 60 menit. Sebanyak 4% berat katalis Na₂O/*fly ash* direaksikan dengan metanol terlebih dahulu didalam ultrasonikator pada suhu 40⁰C. Minyak jelantah dengan perbandingan mol minyak:metanol sebesar 1:10 dipanaskan menggunakan kompor pemanas sampai dengan suhu reaksi yaitu 40⁰C. Setelah suhu reaksi tercapai, minyak jelantah dimasukkan kedalam ultrasonikator untuk direaksikan dengan metanol dan katalis Na₂O/*fly ash* selama waktu yang telah ditentukan. Suhu reaksi dikendalikan dengan mensirkulasi air yang ada dalam bak ultrasonik.

Proses Pemisahan. Hasil reaksi transesterifikasi kemudian disaring untuk memisahkan katalis dengan fase cairnya dan kemudian cairan didekantasi dengan menggunakan corong pemisah untuk memisahkan biodiesel dari gliserol dan sisa reaktan. Biodiesel yang dihasilkan kemudian dimurnikan dengan menggunakan evaporator untuk menguapkan metanol sisa yang tidak bereaksi. Setelah itu, dilakukan pengujian komponen menggunakan *Gas Chromatography Mass Spectroscopy* (GCMS) dan juga dilakukan pengujian karakteristik biodiesel lainnya.

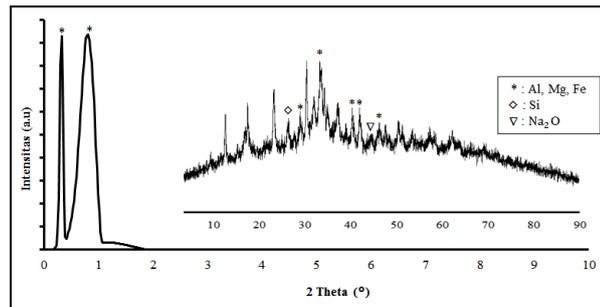
Hasil dan Pembahasan

Biodiesel dihasilkan dari reaksi transesterifikasi minyak jelantah yang diperoleh dari sisa penggunaan rumah tangga. Minyak jelantah dilakukan pengujian untuk mengetahui karakteristiknya seperti densitas, kadar asam lemak bebas (ALB), dan kadar air. Kadar ALB yang tinggi (diatas 1%) pada minyak jelantah dapat mengakibatkan terbentuknya sabun pada reaksi transesterifikasi (Kasman dkk., 2018). Dari hasil pengujian bahan baku diperoleh densitas, kadar ALB dan kadar air dalam minyak jelantah sebesar 0,9731 gr/mL, 0,7962% dan 0,059%. Karakteristik minyak jelantah ditampilkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Karakteristik minyak jelantah

No	Karakteristik	Satuan	Hasil Analisis
1.	Densitas	gr/mL	0,9731
2.	Kadar ALB	%	0,7962
3.	Kadar Air	%	0,059

Pengujian katalis Na₂O/*fly ash* dengan metode XRD menggunakan panjang gelombang 1,54060Å pada 2θ (0⁰-90⁰). Hasil pengujian berupa grafik difraktogram yang merupakan grafik antara 2θ pada sumbu X dan intensitas pada sumbu Y seperti yang terlihat pada Gambar 1. Grafik tersebut kemudian diolah menggunakan perangkat lunak *Match* untuk mengetahui senyawa-senyawa yang terkandung didalam katalis. Dari hasil pengolahan grafik menggunakan *Match*, diketahui bahwa sekitar 80% kandungan didalam katalis Na₂O/*fly ash* berupa senyawa Al₂O₃, SiO₂ dan Fe₂O₃. Senyawa-senyawa tersebut merupakan senyawa utama yang terdapat didalam *fly ash*. Senyawa Na₂O didalam katalis diperoleh dari hasil sintesis NaOH yang diimpregnasikan kedalam *fly ash* untuk meningkatkan kebiasaan dan kemampuan katalitiknya. Kandungan lainnya berupa senyawa MgO dan sejumlah kecil CaO juga terdapat didalam katalis yang dihasilkan.



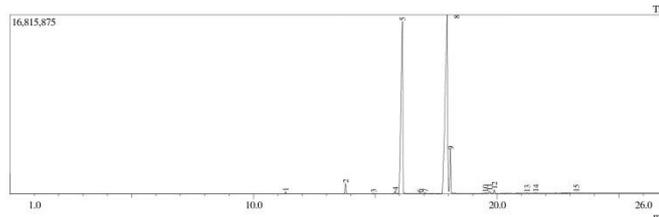
Gambar 1. Grafik hasil uji XRD katalis $\text{Na}_2\text{O}/\text{fly ash}$

Yield biodiesel yang dihasilkan dari reaksi transesterifikasi minyak jelantah pada suhu 40°C menggunakan bantuan gelombang ultrasonik berkisar antara 70% - 90%. Tabel 2 menampilkan hubungan antara *yield* biodiesel dengan waktu reaksi. Hasil menunjukkan bahwa terjadi peningkatan *yield* sebesar lebih dari 10% pada lama waktu reaksi dari 30 menit ke 60 menit. Sedangkan pada reaksi pembuatan biodiesel selama 15 menit dan 30 menit menunjukkan tidak adanya perubahan *yield* yang dihasilkan yaitu sebesar 77,85%. Hal ini diduga terjadi karena singkatnya waktu kontak antara metanol dan minyak jelantah mengakibatkan metanol belum bereaksi secara sempurna. *Yield* biodiesel tertinggi sebesar 89,53% dihasilkan pada waktu reaksi selama 60 menit. Hasil tersebut sedikit lebih besar dibandingkan dengan penelitian lain (Putri dkk., 2012) yang membuat biodiesel dari minyak kelapa pada suhu 60°C menggunakan katalis cair NaOH dengan metode dan waktu reaksi yang sama menghasilkan *yield* sebesar 85,66%. Dilaporkan bahwa pada pembuatan biodiesel dari minyak kelapa sawit *off-grade* pada suhu 60°C tanpa bantuan gelombang ultrasonik menggunakan katalis $\text{Na}_2\text{O}/\text{fly ash}$ membutuhkan waktu selama 3 jam untuk memperoleh *yield* sebesar 77,33% (Fery dkk., 2011). Hal ini menunjukkan bahwa gelombang ultrasonik dapat meningkatkan *yield* biodiesel dan mempercepat waktu reaksi. Gelombang ultrasonik memberikan energi yang besar kepada molekul pereaksi untuk mengatasi energi aktivasi sehingga meningkatkan kecepatan reaksi dan *yield* yang dihasilkan (Putri, Supranto dan Sudiyo, 2012).

Tabel 2. Hubungan waktu reaksi dengan *yield* biodiesel

Waktu reaksi (menit)	Yield (%)
15	77,85
30	77,85
60	89,53

Biodiesel yang dihasilkan kemudian dilakukan pengujian untuk mengetahui karakteristik dan komponen yang terkandung didalamnya. Pengujian menggunakan metode *Gas Chromatography Mass Spectroscopy* (GCMS) dilakukan untuk menganalisis jumlah senyawa yang terkandung didalam biodiesel. Berdasarkan hasil pengujian, diketahui bahwa biodiesel yang dihasilkan mengandung metil ester oleat (53,54%), metil ester palmitat (38,23%), metil ester stearate (5,12%), dan metil ester miristat (1,14%). Hasil analisa GCMS dapat dilihat pada Gambar 2. Pengujian karakteristik biodiesel dilakukan dengan metode ASTM dan Standar Nasional Indonesia (SNI). Karakteristik biodiesel ditampilkan pada Tabel 3. Berdasarkan data tersebut dapat dilihat bahwa biodiesel yang dihasilkan memiliki viskositas sebesar 7,21 cSt, nilai titik nyala sebesar 171°C , residu karbon sebesar 0,206% dan angka asam sebesar 5,35 mg-KOH/g. Dari pengujian karakteristik diketahui bahwa biodiesel yang dihasilkan belum memenuhi persyaratan mutu biodiesel menurut Standar Nasional Indonesia 7182:2015.



Gambar 2. Hasil analisa *Gas Chromatography Mass Spectroscopy*

Tabel 3. Karakteristik biodiesel

No.	Parameter	Hasil	Metode Pengujian	Persyaratan SNI 7182:2015
1.	Viskositas Kinematis pada 40°C (cSt)	7,21	ASTM D 445-97	2,3 – 6
2.	Titik Nyala ($^\circ\text{C}$)	171	ASTM D 93-00	100 (min)
3.	Residu Karbon (%)	0,206	ASTM D189-97	0,05 (maks)
4.	Angka Asam (mg-KOH/g)	5,35	SNI 7431-2015	0,5 (maks)



Kesimpulan

Pembuatan biodiesel dari minyak jelantah menggunakan bantuan gelombang ultrasonik dan katalis padat $\text{Na}_2\text{O}/\text{fly ash}$ tertinggi sebesar 89,53% diperoleh pada waktu reaksi 60 menit. Gelombang ultrasonik dapat mengurangi waktu reaksi transesterifikasi minyak jelantah menjadi biodiesel.

Daftar Pustaka

- Benjapornkulaphong S., Ngamcharussrivichai C., Bunyakiat K. Al_2O_3 -supported alkali and alkali earth metal oxides for transesterification of palm kernel oil and coconut oil. *Chemical Engineering Journal*. 2009; 145(3): pp. 468–474.
- Chen K. S., dkk. Improving biodiesel yields from waste cooking oil by using sodium methoxide and a microwave heating system. *Elsevier Ltd*. 2012; 38(1): pp. 151–156.
- Fery J., dkk. Penggunaan $\text{Na}_2\text{O}/\text{fly ash}$ sebagai katalis pada tahap transesterifikasi minyak sawit *off-grade* menjadi biodiesel. 2011; pp. 1–8.
- Jermolovicus L. A., dkk. Microwave fast-tracking biodiesel production, *Chemical Engineering and Processing: Process Intensification*. Elsevier B.V. 2017; 122: pp. 380–388.
- Kasman M., Sari F. M. Analisis minyak jelantah sebagai bahan bakar biodiesel dengan proses transesterifikasi. 2018; 1(1): pp. 16–21.
- Kotwal M. S., dkk. Transesterification of sunflower oil catalyzed by flyash-based solid catalysts. *Elsevier Ltd*. 2009; 88(9): pp. 1773–1778.
- Maulana, Helwani, Saputra. Preparasi katalis $\text{CaO}/\text{fly ash}$ dan penggunaannya pada reaksi transesterifikasi minyak sawit *off-grade* menjadi biodiesel. 2014; pp. 1–5.
- Pukale D. D., dkk. Ultrasonics Sonochemistry Ultrasound assisted transesterification of waste cooking oil using heterogeneous solid catalyst. *Ultrasonics Sonochemistry*. 2014; 22: pp. 1–9.
- Putri S. K., Supranto, Sudiyo R. Studi proses pembuatan biodiesel dari minyak kelapa (*Coconut oil*) dengan bantuan gelombang ultrasonik. *Jurnal Rekayasa Proses*. 2012; 6(1): pp. 20–25.
- Santoso H., Kristianto I., Setyadi, A. Pembuatan biodiesel menggunakan katalis basa heterogen berbahan dasar kulit telur. 2013; pp. 1–29.
- Supardan M. D. Penggunaan ultrasonik untuk transesterifikasi minyak goreng bekas. 2011; 8(1): pp. 11–16.
- Tamrin. Gasifikasi minyak jelantah pada kompor bertekanan (*waste cooking oil gasification with pressure stoves*). 2013; 2(2): pp. 115–122.
- Van Gerpen J. Biodiesel processing and production. *Fuel Processing Technology*. 2005; 86(10): pp. 1097–1107.
- Xiang Y., Wang L., Jiao, Y. Ultrasound strengthened biodiesel production from waste cooking oil using modified coal fly ash as catalyst. *Journal of Environmental Chemical Engineering Elsevier B.V*. 2016; 4(1): pp. 818–824.





Lembar Tanya Jawab

Moderator : Danang Tri Hartanto (Teknik Kimia, Universitas Gadjah Mada)
Notulen : Perwitasari (UPN "Veteran" Yogyakarta)

1. Penanya : Linda Stefani (TK, UPNVY)
Pertanyaan :
 1. Apakah dilakukan proses pemisahan secara fisika atau kimia terhadap minyak jelantah sebelum digunakan untuk menghilangkan kotoran-kotoran yang ada?
 2. Mengapa proses pengolahan biodiesel menggunakan gelombang ultrasonik bisa menghasilkan yield yang lebih besar dibanding dengan metode tanpa menggunakan gelombang ultrasonik?Jawaban :
 1. Pada penelitian ini, minyak jelantah sebelum di proses akan diuji kadar air dan asam lemak bebasnya. Sedangkan proses pemisahan secara fisika maupun kimia tidak dilakukan karena yang terpenting dalam proses pembuatan biodiesel dari minyak jelantah adalah sedikitnya kandungan asam lemak bebas agar tidak terbentuk sabun ketika proses berlangsung. Faktor kotoran atau warna minyak jelantah yang cenderung coklat tua, tidak berpengaruh terhadap reaksi pembentukan biodiesel.
 2. Gelombang ultrasonik akan memberikan energi yang besar kepada molekul pereaksi sehingga molekul pereaksi dapat mengatasi energi aktivasi dan membuat reaksi berjalan cepat serta yield menjadi lebih besar.
2. Penanya : Agustinus Ngatin (TK, Polban)
Pertanyaan : Apa yang membedakan reaksi esterifikasi minyak jelantah dengan minyak murni kelapa sawit sehingga hasil uji biodieselnnya menurut SNI berbeda?
Jawaban : Yang membedakan kemungkinan dari kandungan asam lemak dari minyak jelantah yang beberapa telah terpecah rantai molekulnya karena pemanasan saat penggorengan sehingga kualitas biodiesel yang dihasilkan menurun. Akan tetapi kami belum melakukan penelitian lebih lanjut untuk membandingkan penurunan kualitas biodiesel yang terjadi.
3. Penanya : Fatimah Tresna Pratiwi (TK, UGM)
Pertanyaan : Mengapa hanya dilakukan empat macam pengujian kualitas biodiesel berdasarkan SNI?
Jawaban : Sementara ini baru dilakukan empat macam pengujian kualitas biodiesel sesuai SNI. Sedangkan untuk pengujian kualitas biodiesel yang lainnya kemungkinan akan dilakukan kedepannya.
4. Penanya : Danang Tri Hartanto (TK, UGM)
Pertanyaan : Apa yang menyebabkan katalis $\text{Na}_2\text{O}/\text{fly ash}$ yang digunakan dalam penelitian ini dapat meningkatkan konversi reaksi menjadi lebih besar dibandingkan dengan yang lain?
Jawaban : Na_2O yang diimpregnasi pada *fly ash* akan meningkatkan kemampuan katalitik dari *fly ash* sehingga reaksi menjadi lebih cepat dan konversinya menjadi lebih besar.
5. Penanya : Ani Purwanti (TK, IST AKPRIND)
Pertanyaan : Apakah reaksi katalitik yang dilakukan terjadi pada fase cairnya atukah di padatan katalisnya?
Jawaban : Belum dilakukan peninjauan lebih dalam mengenai hal tersebut di atas karena untuk penelitian ini hanya kami batasi pada penentuan yield dan kualitas biodiesel yang dihasilkan.

