

## PRODUKSI BIODIESEL DARI MINYAK JELANTAH METODE KONTINU DALAM REAKTOR ALIR PIPA (RAP)

Ramli Thahir<sup>1\*)</sup>, Muh.Irwan<sup>2)</sup>, Alwathan<sup>3)</sup>, Arief Adhiksana<sup>4)</sup>, Marlinda<sup>5)</sup>,  
Abdul Halim<sup>6)</sup>

<sup>1,2,3,4,5</sup>Jurusan Teknik Kimia, Politeknik Negeri Samarinda, Jl. Dr.

Ciptomangunkusumo Kampus Gunung Panjang Samarinda 75131

<sup>6</sup>Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Samarinda, Jl. Dr. Ciptomangunkusumo  
Kampus Gunung Panjang Samarinda 75131

E-mail: [ramli.thahir@polnes.ac.id](mailto:ramli.thahir@polnes.ac.id)

### Abstract

In this study, the processing unit was designed to efficiently produce biodiesel from waste cooking oil (WCO) using a plug flow reactor (PFR). If WCO is consumed or discharged into the environment, it adversely affects the environmental ecosystem. So, it needs further handling to be used as an alternative fuel. Through the transesterification process, reacting WCO with alcohol using a base catalyst will obtain biodiesel.

The purpose of this study is that biodiesel is produced through ethanol transesterification with WCO using NaOH and anhydrous KOH as catalysts. The effect of NaOH and KOH on biodiesel yield with a variation of 0.5%; 1.0%, 1.5% wt NaOH/WCO and KOH/WCO, The catalyst is dissolved in alcohol before being reacted in oil. The flow rate of oil is 0.461 g/sec, and ethanol is 0.923 g/sec using PFR at 70°C atmospheric pressure. A biodiesel yield of 87.3% wt was obtained with a catalyst weight of KOH 0.5% of WCO weight to separate alcohol, oil and biodiesel. The separated product is dripped with water when it dissolves; it is an alcohol and is recycled as a reactant. Meanwhile, to find out oil and biodiesel is by measuring density, if it ranges from oil will be recycled as a reactant. Biodiesel products are washed with hot water at 70°C until the pH of the product is neutral. Biodiesel products are analyzed for their characteristics. The results obtained correspond to the biodiesel standard.

**Keywords:** *Biodiesel, Density, Reactor, Viscosity, Yield*

### Abstrak

Dalam penelitian ini, unit proses dirancang untuk memproduksi biodiesel secara efisien dari minyak jelanta atau waste cooking oil (WCO) dengan menggunakan reaktor alir pipa (RAP). WCO apabila dikonsumsi atau dibuang ke lingkungan berdampak buruk terhadap ekosistem lingkungan. Sehingga perlu penanganan lebih lanjut untuk dimanfaatkan sebagai bahan bakar alternatif. Melalui proses transesterifikasi, mereaksikan WCO dengan alkohol menggunakan katalis basa maka akan diperoleh biodiesel.

Tujuan penelitian ini, Biodiesel diproduksi melalui transesterifikasi ethanol dengan WCO menggunakan NaOH dan KOH anhidrat sebagai katalis. Pengaruh NaOH dan KOH terhadap hasil biodiesel dengan variasi 0,5 %; 1,0 %, 1,5 % wt NaOH/WCO dan KOH/WCO, Katalis dilarutkan dalam alkohol sebelum direaksikan dalam minyak. Laju alir minyak 0,461 g/detik dan ethanol 0,923 g/detik menggunakan RAP pada 70 °C tekanan atmosferik. Diperoleh yield biodiesel 87,3 % wt dengan berat katalis KOH 0,5% dari berat WCO. Untuk memisahkan alkohol, minyak dan biodiesel. Produk yang telah dipisahkan ditetaskan dengan air apabila larut merupakan alkohol dan direcycle sebagai reaktan. Sedangkan untuk mengetahui minyak dan biodiesel diukur *density*, Apabila berkisar pada minyak akan *direcycle* sebagai reaktan. Produk biodiesel dicuci dengan air panas 70 °C hingga pH netral. Produk biodiesel dianalisa karakteristik. Hasil diperoleh sesuai dengan standar biodiesel.

**Kata Kunci:** *Biodiesel, Density, Reaktor, Vicositas, Yield*

## PENDAHULUAN

Pengembangan sumber daya energi berkelanjutan merupakan kebutuhan saat ini mengingat semakin menipisnya sumber daya energi dan meningkatnya kebutuhan energi di seluruh dunia. Di sisi lain, pembakaran bahan bakar fosil mengeluarkan polutan berbahaya seperti oksida karbon, sulfur, nitrogen, dan partikel, yang menyebabkan polusi atmosfer (Monika et al., 2023). Dari berbagai penelitian menunjukkan bahwa pembakaran bahan bakar fosil tak terbarukan menyumbang sekitar 52% emisi CO<sub>2</sub>, yang merupakan sumber utama gas rumah kaca dan menyebabkan pemanasan global (El Sherbiny et al., 2010).

Biodiesel merupakan bahan bakar alternatif yang menarik dibandingkan solar yang berasal dari minyak mentah karena bersifat berkelanjutan, karbon yang dihasilkan hampir netral sehingga menghindari akumulasi gas rumah kaca di atmosfer.

Perolehan bahan baku minyak untuk memproduksi biofuel dapat diperoleh dari tanaman pangan, tanaman non-pangan dan alga (David A. Wood, 2021). Penelitian ini, memanfaatkan minyak jelanta atau *waste cooking oil* (WCO) karena dapat merugikan kesehatan apabila dikonsumsi dan mengandung radikal bebas (Megawati & Muhartono, 2019). Selain itu, merupakan bahan bakar beroksigen, sehingga menghasilkan pembakaran yang sempurna dan menguntungkan.

Penggunaan WCO sebagai bahan baku untuk produksi biodiesel bertujuan untuk meminimalis pembuangan ke tempat sampah atau sistem drainase atau ketanah. Hal ini, apabila penanganan kurang tepat akan menimbulkan masalah lingkungan. Selain itu, memanfaatkan WCO sebagai energi alternatif lebih diharapkan karena mempunyai nilai ekonomis.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui produksi biodiesel dari WCO dengan menggunakan natrium hidroksida (NaOH) dan Kalium hidroksida (KOH) sebagai katalis melalui reaksi transesterifikasi, pada kondisi 70 °C tekanan atmosferik dengan metode kontinu dalam reaktor alir pipa (RAP). Produk akhir kemudian dikuantifikasi dan dianalisis karakteristik produk berdasarkan jumlah yield, *density*, viscositas kinematis dan *cetane number*.

## METODE PENELITIAN

Semua kegiatan eksperimental dilakukan di Jurusan Teknik Kimia Politeknik Negeri Samarinda, mulai bulan Juli sampai September 2023.

### Preparasi Sampel

Minyak jelantah (WCO) dikumpulkan dari rumah tangga dan penjual gorengan di sekitar kota Samarinda Kalimantan Timur. Minyak yang telah dikumpulkan disaring menggunakan kain kasa untuk menghilangkan pengotor yang ikut dalam minyak. Minyak yang telah disaring (1.500 ml) diukur density dengan menggunakan hydrometer (skala 0,64-1,00 gr/ml). Massa minyak yang digunakan yaitu density WCO dikalikan dengan volume WCO. Minyak dihitung kandungan % FFA dengan cara mencampurkan 50 ml Etanol absolut dan 50 ml Dietil eter (1:1) dicampur dalam labu takar 100 ml (Blanko). Sampel ditimbang ke dalam gelas kimia 150 ml dan dilarutkan dalam 70 ml pelarut dan dipanaskan hingga lemak larut dan dinginkan. Setelah larut sempurna, sampel dititrasikan dengan 0,1 mol/l KOH (Xylem, 2019). Sebelum titrasi tambahkan indikator PP tiga tetes, analisa dilakukan di lemari asam.

Bilangan Asam mg (KOH)/g & FFA [%]

$$\frac{(EQ - B) * T * M * F}{W * F_2} \dots (1)$$

Jika asam lemak lain, M haruslah berat molekul asam lemak tersebut.

Keterangan:

B : Volume titrasi blanko (pelarut), ml  
 EQ : Volume titrasi sampel + blanko, ml  
 T : Konsentrasi KOH, mol/liter  
 M : BM Minyak, gr/mol  
 : 56,11 untuk, Bilangan Asam  
 : 282,47 untuk % FFA (Asam Oleat)  
 W : Berat minyak, gr  
 F1 & F2 : Faktor konversi

apabila lebih dari 5% maka dilakukan esterifikasi dengan mereaksikan alkohol menggunakan katalis asam. Sebelum melakukan transesterifikasi kondisi proses reaktor sudah disesuaikan 70 °C, tekanan atmosferik, dan kecepatan aliran minyak 0,461 g/detik dan ethanol 0,923 g/detik.

### Transesterifikasi

Reaksi transesterifikasi minyak dilakukan dalam reaktor alir pipa dengan perbandingan minyak alkohol 1:1 Reaksi dilakukan pada 70 °C, reaksi transesterifikasi digunakan ethanol (CH<sub>3</sub>OH) teknis (99 % wt.). Katalis yang digunakan NaOH dan KOH anhidrat variasi 0,5; 1,0, 1,5 %, wt (g.NaOH/g.WCO dan g.KOH/g.WCO), Katalis dilarutkan dalam alkohol sebelum direaksikan dalam minyak. Produk yang keluar

reactor ditampung dalam corong pisah 1000 ml untuk memisahkan minyak dengan alhohol. Produk yang telah dipisahkan ditetaskan dengan air apabila larut merupakan alkohol dan direcycle sebagai reaktan. Sedangkan untuk mengetahui minyak dan biodiesel diukur density, untuk biodiesel 0,85-0,89 gr/ml. Apabila nilai *density* berkisar pada WCO (0,9 gr/ml) akan direcycle sebagai bahan baku. Proses berlanjut hingga diperoleh produk biodiesel. Pemisahan tiga fasa minyak, biodiesel dan gliserol (1,26 g/ml) berdasarkan berat jenis. Biodiesel yang diperoleh kemudian dicuci dengan air panas 70 °C dengan mengalirkan aquades dalam reaktor hingga diperoleh pH biodiesel netral. Produk biodiesel yang diperoleh dianalisa karakteristiknya.

### Penentuan Karakteristik bahan bakar

Sifat biodiesel dari WCO seperti yeald, densitas, viskositas kinematik, titik nyala dan bilangan asam ditentukan berdasarkan standar pengujian biodiesel: massa jenis (ASTM D4052 ), viskositas kinematik (ASTM D445 ) dan bilangan asam. (ID 14104).

Hubungan di bawah ini digunakan untuk menghitung % yield biodiel;

$$\%Yield = \frac{Berat \ Pr \ oduk \ Biodiesel}{Berat \ WCO} \times 100\% \dots \dots \dots (2)$$



Gambar 1. Produksi Biodiesel dari waste cooking oil (WCO)

### HASIL DAN PEMBAHASAN

sintesa biodiesel dilakukan menggunakan reaktor alir pipa (RAP), hal ini lebih menguntungkan karena energy yang digunakan lebih kecil daripada jenis reactor yang lain. pada kondisi 70 °C dan tekanan atmosferik. Sebelum melakukan trans-esterifikasi terlebih dahulu menghitung % FFA (Xylem, 2019). Apabila % FFA  $\geq$  5% maka dilakukan esterifikasi dengan mereaksikan WCO dengan ethanol dengan katalis asam. Hasil penelitian disajikan pada table 1. berikut:

Tabel. 1.  
Yield dan Karakteristik produk Biodiesel

No.	Karakteristik	Satuan	Standart Analisis	Katalis KOH terhadap WCO			Katalis NaOH terhadap WCO			Range standart
				0,5 %wt	1,0 %wt	1,5 %wt	0,5 %wt	1,0 %wt	1,5 %wt	
1.	Yield	%	-	87,3	83,1	84	86,5	85,1	83	-
2.	Berat Jenis	Kg/m <sup>3</sup>	ASTMD6751	885	890	875	890	890	887	850-890
3.	FFA	%	AOCS2001	1,75	1,75	1,75	1,75	1,75	1,75	maks 5
3.	Bilangan Asam	mgKOH/g, maks	AOCS2001	0,002	0,28	0,1	0,07	0,02	0,27	0,4
4.	Viskositas	mm <sup>2</sup> /s	ASTMD445	3,6	3,9	5,1	5,3	5,4	5,7	2,3-6
5.	Angka Cetane	ASTMD613, min	ASTM613	64	58,3	55	67	56,7	59	51

Sumber: standar biodiesel (El Sherbiny et al., 2010); (ACEA et al., 2009); (SNI 7128:2015, n.d.)

Dari table 1. Diperoleh % FFA < dari 5% sehingga penelitian menggunakan metode transesterifikasi. Apabila menggunakan metode esterifikasi memungkinkan terbentuk sabun yang mendorong pembentukan emulsi yang stabil. Reaksi esterifikasi dapat digambarkan sebagai berikut:

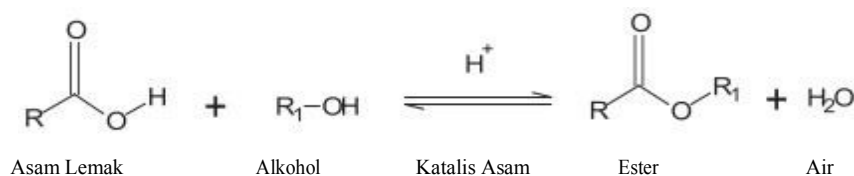


Figure 2. Reaksi Esterifikasi menghasilkan ester (Khan et al., 2021)

Penelitian ini sesuai dengan yang diamati oleh Efendi (Efendi et al., 2018) bahwa bila minyak %FFA kurang dari 5% dapat dilakukan proses transesterifikasi tanpa melalui proses esterifikasi. % FFA lebih dari 5%.

Sedangkan yield maksimum didapat 87,3 %wt menggunakan katalis KOH. Hal ini diprediksi sifat basa dari NaOH lebih tinggi dari NaOH pada konsentrasi yang sama. Selain itu, katalis berpengaruh terhadap pembentukan biodiesel karena dapat membentuk sabun dan membutuhkan pencucian berulang ulang. Apabila bilangan asam tinggi jika diaplikasikan ke mesin akan merusak piston mesin (korosi). Sedangkan katalis dalam jumlah minimal akan didapatkan yield dalam jumlah kecil karena tidak membentuk biodiesel. WCO yang tidak bereaksi menjadi biodiesel untuk reaktor dapat *directly* hingga sesuai standar dari biodiesel pada tabel 1.

Reaksi transesterifikasi dengan mereaksikan WCO dan ethanol 98% teknis untuk mengurangi air yang dihasilkan. Air dalam reaktan dapat membentuk reaksi hidrolisis yang dapat mengganggu jalannya reaksi. Reaksi transesterifikasi dapat digambarkan sebagai berikut:

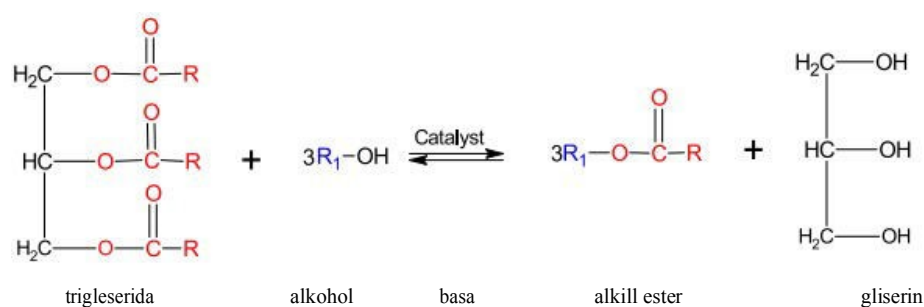


Figure 3. Reaksi Transesterification membentuk alkyl esters atau biodiesel (Huang et al., 2012) .

Viskositas merupakan sifat penting produk minyak yang mempengaruhi penanganan atau penyimpanan, pemompaan dan pembakaran (termasuk pemilihan jenis pembakar yang digunakan) produk tersebut. Jika nilai viskositas kinematiknya rendah maka akan mempengaruhi kualitas bahan bakar minyak sehingga memberikan nilai kalor yang rendah (Thahir et al., 2019).

Analisa cetane number dianalisa menggunakan instrumen Kohler K88600 setara dengan ASTM D613 untuk angka setana solar. Sebagai standar *setane number* digunakan n-Heksadekana kemurnian minimum 99,0%, nilai *cetane number* 100 (SNI 7128:2015, n.d.).

## KESIMPULAN

Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh katalis KOH dan NaOH anhidrad pada proses produksi biodiesel dengan mereaksikan Waste Crude Oil (WCO) dengan etanol 98% teknis menggunakan Reaktor Alir Pipa (RAP) dengan kecepatan massa minyak 0,461 g/detik dan ethanol 0,923 g/detik diperoleh yield optimum pada 87,3 %wt menggunakan katalis KOH anhidrat 0,5%. Produksi biodiesel sesuai dengan standar biodiesel. Penerapan metode RAP dalam pembuatan biodiesel lebih menguntungkan dari pada proses batch atau reaktor tangki berpengaduk (RATB).

## DAFTAR PUSTAKA

- ACEA, ALLIANCE, EMA, & JAMA. (2009). Biodiesel Guidelines. *Worldwide Fuel Charter Committee, March*, 1–14. [http://www.acea.be/uploads/publications/20090423\\_B100\\_Guideline.pdf](http://www.acea.be/uploads/publications/20090423_B100_Guideline.pdf)

- El Sherbiny, S. A., Refaat, A. A., & El Sheltawy, S. T. (2010). Production of biodiesel using the microwave technique. *Journal of Advanced Research*, 1(4), 309–314. <https://doi.org/10.1016/j.jare.2010.07.003>
- Fereidooni, L., Tahvildari, K., & Mehrpooya, M. (2018). Trans-esterification of waste cooking oil with methanol by electrolysis process using KOH. *Renewable Energy*, 116, 183–193. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2017.08.067>
- Huang, D., Zhou, H., & Lin, L. (2012). Biodiesel: An alternative to conventional fuel. *Energy Procedia*, 16(PART C), 1874–1885. <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2012.01.287>
- Khan, Z., Javed, F., Shamair, Z., Hafeez, A., Fazal, T., Aslam, A., Zimmerman, W. B., & Rehman, F. (2021). Current developments in esterification reaction: A review on process and parameters. *Journal of Industrial and Engineering Chemistry*, 103(XXXX), 80–101. <https://doi.org/10.1016/j.jiec.2021.07.018>
- Megawati, M., & Muhartono. (2019). Konsumsi Minyak Jelantah dan Pengaruhnya terhadap Kesehatan. *Pengaruhnya Terhadap Kesehatan Majority* |, 8(2), 259–264. <https://juke.kedokteran.unila.ac.id/index.php/majority/article/view/2481>
- Monika, Banga, S., & Pathak, V. V. (2023). Biodiesel production from waste cooking oil: A comprehensive review on the application of heterogenous catalysts. *Energy Nexus*, 10(March), 100209. <https://doi.org/10.1016/j.nexus.2023.100209>
- SNI 7128:2015, I. (n.d.). *Standar Nasional Indonesia (SNI)*. [http://akses-sispk.bsn.go.id/Upload/Dokumen/RANCANGAN\\_SNI/MTPS/20220928-0001/LAMPIRAN\\_OUTLINE\\_RSNI\\_20220928-0001\\_20220927205443.PDF](http://akses-sispk.bsn.go.id/Upload/Dokumen/RANCANGAN_SNI/MTPS/20220928-0001/LAMPIRAN_OUTLINE_RSNI_20220928-0001_20220927205443.PDF)
- Thahir, R., Altway, A., Juliastuti, S. R., & Susianto. (2019). Production of liquid fuel from plastic waste using integrated pyrolysis method with refinery distillation bubble cap plate column. *Energy Reports*, 5, 70–77. <https://doi.org/10.1016/j.egypr.2018.11.004>
- Xylem. (2019). *Determination of Acid Number and Free Fatty Acids (FFA) in Fats and Oils*. 1–5. <https://www.yisi.com/File/Library/Documents/Titration Applications/XA00080-FFA-Application-Note.pdf>