

SINTESIS BIODIESEL DARI MINYAK BIJI KAPUK (*Ceiba pentandra*) PADA REAKTOR BATCH BERPENGADUK BERTEKANAN

Nove Kartika Erliyanti ^{1)*}, Erwan Adi Saputro ²⁾, Rachmad Ramadhan Yogaswara ³⁾, Achmad Chumaidi ⁴⁾

¹⁾ Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Jawa Timur, email: nove.kartika.nke.tk@upnjatim.ac.id

²⁾ Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Jawa Timur, email: erwanadi.tk@upnjatim.ac.id

³⁾ Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Jawa Timur, Indonesia, email: r.yogaswara.tk@upnjatim.ac.id

* Penulis Korespondensi: E-mail: nove.kartika.nke.tk@upnjatim.ac.id

⁴⁾ Politeknik Negeri Malang, Malang, Indonesia, email: achmad.chumaidi@yahoo.com

* Penulis Korespondensi: E-mail: nove.kartika.nke.tk@upnjatim.ac.id

Abstrak

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh waktu reaksi dan konsentrasi katalis terhadap konversi biodiesel dari minyak biji kapuk. Proses sintesis biodiesel dilakukan pada reaktor batch berpengaduk bertekanan. Penelitian ini dilakukan dalam dua tahap, yaitu tahap pretreatment dan tahap sintesis biodiesel. Tahap pretreatment (esterifikasi) bertujuan untuk menurunkan kandungan asam lemak bebas minyak biji randu. Tahap kedua adalah proses sintesis biodiesel dengan variasi waktu reaksi 0,25, 0,5, 1,0, dan 1,5 jam pada kondisi operasi tekanan 4 bar dan temperatur 60 °C. Katalis yang digunakan adalah kalium hidroksida (KOH) dengan variasi konsentrasi 0,5, 1,0, 1,5, dan 2,0% berat minyak). Hasil penelitian menunjukkan bahwa waktu reaksi dan konsentrasi katalis mempunyai pengaruh yang signifikan terhadap konversi biodiesel. Semakin lama waktu reaksi dan semakin bertambahnya konsentrasi katalis maka konversi biodiesel cenderung meningkat. Konversi biodiesel tertinggi dihasilkan pada waktu reaksi 0,5 jam, konsentrasi katalis 1,5% yaitu sebesar 94,31%.

Kata kunci: Biodiesel; katalis; minyak biji randu; reaktor batch; tekanan

SYNTHESIS OF BIODIESEL FROM KAPOK SEED OIL (*Ceiba pentandra*) IN HIGH PRESSURE STIRRED BATCH REACTOR

Abstract

The aim of this study was to determine the effect of reaction time and catalyst concentration on the conversion of biodiesel from kapok seed oil. The biodiesel synthesis process is carried out in high pressure stirred batch reactor. This research was conducted in two stages, pretreatment and synthesis stages. The pretreatment stage (esterification) is aimed to reduce the free fatty acid content of kapok seed oil. The second stage is biodiesel synthesis process with reaction time variations of 0.25, 0.5, 1.0, and 1.5 hours at a pressure of 4 bar and a temperature of 60 °C. The catalyst used is potassium hydroxide (KOH) with variations concentrations of 0.5, 1.0, 1.5, and 2.0% by weight of oil). The results showed that the reaction time and catalyst concentration had a significant effect on biodiesel conversion. The longer of the reaction time and the increasing of the catalyst concentration, the biodiesel conversion tends to increase. The highest biodiesel conversion was produced at a reaction time of 0.5 hours, the catalyst concentration was 1.5%, which was 94.31%.

Key words: Batch reactor; biodiesel; catalyst, kapok seed oil, pressure

PENDAHULUAN

Biodiesel telah menjadi media alternatif yang semakin populer sebagai pengganti bahan bakar nabati. Hal ini dikarenakan oleh semakin menipisnya persediaan bahan bakar fosil dan beberapa masalah lingkungan yang muncul dalam penggunaan bahan bakar fosil tersebut (Tan et al., 2019). Biodiesel digunakan sebagai pengganti bahan bakar fosil karena kesesuaiannya dengan solar yang tersedia saat ini tanpa perlu modifikasi mekanis (Tang and Niu, 2019). Beberapa keunggulan biodiesel jika dibandingkan dengan minyak diesel adalah dapat terurai secara alamiah (biodegradable), dapat diperbaharui (renewable), dan tidak beracun (Erliyanti, 2016). Biodiesel bebas sulfur, lebih sedikit asap, hidrokarbon (HC), karbon monoksida (CO), dan bahan partikulat. Biodiesel memiliki angka setan dan titik nyala yang lebih tinggi daripada bahan fosil diesel (Hasan and Rahman, 2017). Bahan baku biodiesel dapat diperoleh dari tanaman, biomassa, dan alga (Chua et al., 2020).

Salah satu tanaman yang berpotensi menghasilkan biodiesel adalah biji kapuk, karena mengandung 24% minyak dari berat kering. Kandungan asam tak jenuh dalam minyak biji kapuk relatif tinggi yaitu sebesar 71,95% dan bilangan iodine yang memenuhi dan sesuai dengan standard spesifikasi biodiesel (88 g/g) (Erliyanti, 2016). Bilangan iodine yang tinggi maka nilai titik tuang (pour point) minyak biji kapuk rendah, sehingga biodiesel dari minyak biji kapuk sangat diminati oleh negara-negara bermusim dingin (Dewajani, 2008).

Beberapa penelitian tentang biodiesel dari minyak biji kapuk telah dilakukan. Penelitian tentang pembuatan biodiesel dari minyak biji kapas dengan proses transesterifikasi telah dilakukan oleh (Linfeng and Guamin, 2007). (Fajar and Hendrawati, 2015) telah melakukan penelitian tentang pembuatan biodiesel dari minyak kapuk melalui proses esterifikasi transesterifikasi dengan variasi waktu reaksi dan konsentrasi katalis KOH. Hasil penelitian menunjukkan rendemen tertinggi dihasilkan pada waktu reaksi 2 jam, konsentrasi katalis KOH 1,5% dengan jumlah methanol 20% yaitu sebesar 92,24%. (Sofyan, Tanjung and Santosa, 2014)

telah melakukan optimasi dengan menggunakan beberapa variabel yang berpengaruh pada pembuatan biodiesel dari minyak biji randu dengan proses transesterifikasi dengan katalis KOH. Penelitian tersebut menghasilkan bahwa waktu reaksi merupakan variabel yang paling mempengaruhi rendemen biodiesel dari minyak biji randu. Waktu optimal selama 105 menit dengan *yield* sebesar 77,39%.

Peneliti-peneliti terdahulu Sebagian besar melakukan proses produksi biodiesel pada kondisi atmosferik atau tekanan 1 atm. Informasi teknis tentang sintesis biodiesel dengan reaksi transesterifikasi sangat dibutuhkan agar dapat mencapai kondisi optimal dengan kuantitas dan kualitas produk yang optimal juga. Salah satu parameter yang berpengaruh untuk mencapai kondisi yang optimal adalah waktu reaksi. Proses sintesis biodiesel membutuhkan waktu reaksi yang lama jika proses sintesis beroperasi pada tekanan 1 atm. Waktu reaksi yang lebih singkat dapat diperoleh dengan cara meningkatkan temperatur reaksi, tetapi jika temperatur reaksi terlalu tinggi akan menyebabkan bahan-bahan yang memiliki titik didih rendah (pada proses sintesis ini adalah metanol) akan cepat menguap. Salah satu solusi yang diberikan adalah dengan menaikkan tekanan operasi.

Berdasarkan uraian tersebut maka dilakukan penelitian sintesis biodiesel dari minyak biji kapuk (*Ceiba pentandra*) pada reaktor *batch* berpengaduk bertekanan. Reaktor *batch* berpengaduk bertekanan dibutuhkan pada penelitian ini agar tekanan dapat dioperasikan sesuai dengan variabel kenaikan tekanan yang diinginkan. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh waktu dan konsentrasi katalis KOH terhadap konversi biodiesel dari minyak biji kapuk (*Ceiba pentandra*) pada reaktor *batch* berpengaduk bertekanan.

METODE PENELITIAN

Bahan

Bahan baku yang digunakan dalam penelitian ini adalah minyak biji kapuk yang diperoleh dari daerah Pandaan Kabupaten Pasuruan Jawa Timur. Bahan pendukung pada

penelitian ini adalah metanol, H₂SO₄, dan KOH yang diperoleh dari PT. Bratachem.

Alat

Alat yang digunakan pada penelitian ini adalah reaktor *batch* berpengaduk bertekanan yang dilengkapi dengan indikator tekanan dan temperatur.

Proses pretreatment bahan baku

Proses pretreatment pada penelitian ini adalah bahan baku dianalisis kandungan *Free Fatty Acid* (FFA) menggunakan metode titrimetri. Tujuan dilakukan analisis FFA ini adalah untuk mengetahui kadar FFA dalam minyak biji kapuk dan untuk menentukan proses selanjutnya dalam sintesis biodiesel. Jika kadar FFA > 1% pada bahan baku biodiesel maka perlu dilakukan proses esterifikasi terlebih dahulu. Kadar FFA yang diperbolehkan adalah maksimum 1%, karena jika kadar FFA yang terlalu besar akan terjadi reaksi saponifikasi dengan katalis (Pandey *et al.*, 2011).

Proses degumming juga dilakukan pada *pretreatment* bahan baku. Degumming dilakukan untuk memisahkan kotoran atau getah yang terdiri dari protein, residu, karbohidrat, dan resin tanpa mengurangi kandungan FFA dalam minyak biji kapuk (Putri *et al.*, 2012). Getah yang terdapat dalam minyak biji kapuk akan menyebabkan emulsi sabun dan akan mengganggu proses pemurnian (Erricson, 1990). Proses degumming dilakukan menggunakan H₃PO₄ sebesar 0,1% volume minyak, waktu reaksi 30 menit, dan pada temperatur 70 °C.

Proses esterifikasi

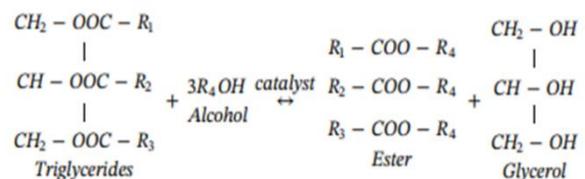
Proses esterifikasi bertujuan untuk menghilangkan kadar FFA yang terkandung dalam minyak dengan cara mengkonversi FFA menjadi metil ester menggunakan katalis asam (Erliyanti, 2016). Kadar FFA yang turun diharapkan dapat menekan reaksi saponifikasi.

Esterifikasi dilakukan dengan mereaksikan katalis H₂SO₄ dengan methanol sebesar 20% berat minyak dengan perbandingan molar rasio metanol : mol minyak sebesar 6:1. Konsetrasi H₂SO₄ yang digunakan pada proses ini sebesar 0,5, 1,0,

1,5, dan 2,0% dari berat minyak. Minyak biji kapuk yang digunakan sebesar 1000gram dengan waktu reaksi selama 2 jam dan temperatur reaksi dipertahankan 60 °C.

Proses sintesis biodiesel

Sintesis biodiesel dari minyak biji kapuk dilakukan dengan proses transesterifikasi. Minyak hasil esterifikasi sebanyak 1000gram digunakan sebagai bahan baku proses transesterifikasi. Transesterifikasi dilakukan dengan cara memasukkan minyak biji kapuk dan larutan metanol dengan katalis KOH sesuai dengan variabel konsentrasi ke dalam reaktor *batch* berpengaduk bertekanan. Metanol yang digunakan sebesar 20% berat minyak dengan perbandingan mol rasio methanol:minyak 6:1. Konsentrasi katalis KOH yang digunakan pada penelitian ini adalah 0,5, 1,0, 1,5, dan 2% berat minyak. Kondisi operasi yang digunakan adalah tekanan 4 bar, temperatur proses dipertahankan 60 °C, dan waktu reaksi selama 0,25, 0,5, 1,0, dan 1,5 jam. Reaksi transesterifikasi disajikan pada Gambar 1.



Gambar 1. Reaksi transesterifikasi (diadaptasi dari referensi (Wong *et al.*, 2019))

Produk berupa *Fatty Acid Methyl Ester* (FAME) atau biodiesel dan gliserol dipisahkan menggunakan corong pisah dan didiamkan selama satu malam sehingga terbentuk dua lapisan. FAME yang telah dipisahkan kemudian dilakukan pemurnian dengan cara dicuci menggunakan metode *bubblewash*. Volume air yang digunakan sebanyak 25-50% dari volume biodiesel dan waktu pencucian selama ± 0,5 jam. Proses pencucian dilakukan berulang kali sampai air yang digunakan untuk mencuci tidak keruh dan menjadi jernih. FAME dan air dipisahkan menggunakan corong pisah selama satu jam. Produk FAME kemudian dihitung konversinya.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengaruh kandungan FFA pada minyak

Minyak biji kapuk yang digunakan sebagai bahan baku biodiesel setelah dianalisis mempunyai kadar FFA 7,570%. Nilai FFA tersebut melebihi batas maksimum kadar FFA yaitu > 1% (Putri *et al.*, 2012), maka perlu dilakukan proses esterifikasi untuk menurunkan kadar FFA agar sesuai dengan standard. Kadar FFA hasil esterifikasi minyak biji kapuk dengan variasi konsentrasi katalis H₂SO₄ disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1 menunjukkan bahwa semakin tinggi konsentrasi katalis maka kadar FFA cenderung meningkat. Hal ini dikarenakan jumlah katalis yang tinggi dapat mempercepat reaksi dalam waktu reaksi yang lebih singkat (Xie and Zhao, 2014; Chua *et al.*, 2020). Kadar FFA terbaik dihasilkan pada konsentrasi katalis 1,5%, waktu reaksi 2 jam, dan temperatur reaksi 60 °C yaitu sebesar 0,56%.

Tabel 1. Kadar FFA hasil esterifikasi (%)

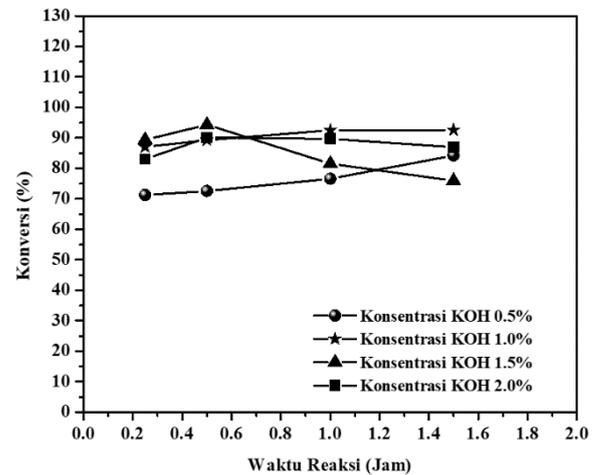
Keterangan	Konsentrasi H ₂ SO ₄ (%)	Kadar FFA (%)
Esterifikasi, t: 2 jam, T: 60 °C	0,5	2,020
Esterifikasi, t: 2 jam, T: 60 °C	1,0	2,010
Esterifikasi, t: 2 jam, T: 60 °C	1,5	0,560
Esterifikasi, t: 2 jam, T: 60 °C	2,0	0,910

Pengaruh waktu reaksi terhadap konversi biodiesel

Waktu reaksi pada sintesis biodiesel merupakan parameter penting yang memungkinkan reaktan bereaksi dan diubah menjadi produk. Hubungan waktu reaksi terhadap konversi biodiesel dari minyak biji kapuk disajikan pada Gambar 2.

Gambar 2 menunjukkan bahwa waktu reaksi dan konsentrasi katalis KOH mempunyai pengaruh yang signifikan terhadap konversi biodiesel dari minyak biji kapuk. Konversi biodiesel cenderung meningkat pada konsentrasi KOH 0,5% dan

1% dengan semakin lamanya waktu reaksi. Laju konversi meningkat seiring dengan lamanya waktu reaksi. Konversi biodiesel berada pada nilai antara 71,27% - 92,55%. Pada awal waktu reaksi digliserida dan monogliserida akan meningkat kemudian mengalami penurunan, dan pada akhirnya jumlah monogliserida akan lebih tinggi daripada digliserida. Monogliserida yang tinggi dibutuhkan dalam reaksi transesterifikasi untuk menghasilkan konversi yang tinggi (Ma and Hanna, 1999). Waktu reaksi yang semakin lama akan menghasilkan kadar metil ester yang terbentuk semakin banyak karena waktu bertumbukan antar molekul-molekul reaktan semakin lama (Fajar and Hendrawati, 2015).



Gambar 2. Hubungan waktu reaksi terhadap konversi biodiesel dari minyak biji kapuk

Konsentrasi KOH 1,5% dan 2% dengan semakin lamanya waktu reaksi menghasilkan konversi biodiesel cenderung menurun. Waktu reaksi yang lama dan telah melebihi waktu optimal maka dapat menyebabkan terjadinya reaksi balik pada media reaksi sehingga konversi akan mengalami penurunan (Buari *et al.*, 2013). Reaksi transesterifikasi merupakan reaksi bolak-balik sehingga memungkinkan akan balik ke reaktan ketika konsentrasi produk tinggi. Konsentrasi katalis KOH yang tinggi akan menyebabkan terjadinya reaksi saponifikasi dan terbentuk air sehingga dapat menurunkan konversi biodiesel (Tabatabaei *et al.*, 2019). Konversi tertinggi biodiesel dari minyak biji kapuk dihasilkan pada waktu reaksi 0,5 jam konsentrasi katalis KOH 1,5% yaitu sebesar



94,31%. Waktu optimal sintesis biodiesel dari minyak biji kapuk pada reaktor batch berpengaduk dan pada tekanan 4 bar adalah 0,5 jam.

SIMPULAN

Kesimpulan dari penelitian ini adalah waktu ekstraksi dan konsentrasi katalis KOH mempunyai pengaruh yang signifikan terhadap konversi minyak biji kapuk menggunakan reaktor *batch* berpengaduk bertekanan. Konversi tertinggi dihasilkan pada waktu reaksi 0,5 jam dan konsentrasi katalis KOH 1,5% yaitu sebesar 94,31%.

DAFTAR PUSTAKA

- Buari, A., Chaiyut, N., Vorrada, L., Phatsakon, W., Trongyong, S. (2013). *Sci.World J.* 1 460923.
- Chua, S. Y. *et al.* (2020) 'Biodiesel synthesis using natural solid catalyst derived from biomass waste — A review', *Journal of Industrial and Engineering Chemistry*. The Korean Society of Industrial and Engineering Chemistry, 81, pp. 41–60. doi: 10.1016/j.jiec.2019.09.022.
- Dewajani, Heny. (2008). 'Potensi Minyak Biji Randu (*Ceiba pentandra*) sebagai Alternatif Bahan Baku Biodiesel'. *Laboratorium Satuan Operasi Skala Kecil Jurusan Teknik Kimia Politeknik Negeri Malang*.
- Erliyanti, N. K. (2016) 'Karakteristik Biodiesel Dari Minyak Biji Randu (*Ceiba Pentandra*) Pada Reaktor Batch Berpengaduk Bertekanan Menggunakan Katalis Koh', *Journal of Research and Technology*, 2(Vol 2, No 1 (2016)), pp. 23–27. Available at: <http://journal.unusida.ac.id/index.php/jrt/article/view/29>.
- Ericson, D. R. 'Edible Fats and Oils Processing: Basic Principles and Modern Practices: World Conference Proceedings and editor' The (1990) 124-126. (Book style with paper title American Oil Chemists Society.
- Fajar, A. S. and Hendrawati, T. Y. (2015) 'PROSES PENGOLAHAN MINYAK BIJI KAPUK (*Ceiba Pentandra*) MENJADI METHIL ESTER MELALUI PROSES ESTERIFIKASI KATALIS KOH DAN WAKTU REAKSI', *Teknik Kimia*, (November), pp. 1–9.
- Hasan, M. M. and Rahman, M. M. (2017) 'Performance and emission characteristics of biodiesel–diesel blend and environmental and economic impacts of biodiesel production: A review', *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. Elsevier Ltd, 74(March), pp. 938–948. doi: 10.1016/j.rser.2017.03.045.
- Linfeng, C., Guamin, X. (2007). 'Transesterification of cottonseed oil to bioesel by using heterogeneous solid basic catalysts'. *Energi and Fuel*, 21: 3740-3743.
- Ma, F. and Hanna, M. A. (1999) 'Biodiesel production: a review' *Journal Series #12109, Agricultural Research Division, Institute of Agriculture and Natural Resources, University of Nebraska–Lincoln*.1', *Bioresource Technology*, 70(1), pp. 1–15. doi: 10.1016/s0960-8524(99)00025-5.
- Pandey, A., Arroche, C., Riche, C., Gnansounou, E. (2011). 'Biofuels (Book Style)'. *Academic Press*: 362-362.
- Putri, E. M. M. *et al.* (2012) 'Biodiesel production from kapok seed oil (*Ceiba pentandra*) through the transesterification process by using cao as catalyst', *Global Journal of Researches in Engineering Chemical Engineering*, 12(2), pp. 6–11.
- Sofyan, M., Tanjung, I. and Santosa, H. (2014) 'OPTIMASI VARIABEL YANG PALING BERPENGARUH PADA DENGAN PROSES TRANSESTERIFIKASI Abstrak', *Teknik*, 35(1), pp. 42–48.
- Tabatabaei, M. *et al.* (2019) 'Reactor technologies for biodiesel production and processing: A review', *Progress in Energy and*



-
- Combustion Science*. Elsevier Ltd, 74, pp. 239–303. doi: 10.1016/j.pecs.2019.06.001.
- Tan, Y. H. *et al.* (2019) ‘Biodiesel production from used cooking oil using green solid catalyst derived from calcined fusion waste chicken and fish bones’, *Renewable Energy*. Elsevier Ltd, 139(February 2019), pp. 696–706. doi: 10.1016/j.renene.2019.02.110.
- Tang, X. and Niu, S. (2019) ‘Preparation of carbon-based solid acid with large surface area to catalyze esterification for biodiesel production’, *Journal of Industrial and Engineering Chemistry*. The Korean Society of Industrial and Engineering Chemistry, 69, pp. 187–195. doi: 10.1016/j.jiec.2018.09.016.
- Wong, K. Y. *et al.* (2019) ‘Biodiesel process intensification through catalytic enhancement and emerging reactor designs: A critical review’, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 116(September). doi: 10.1016/j.rser.2019.109399.
- Xie, W. and Zhao, L. (2014) ‘Heterogeneous CaO-MoO₃-SBA-15 catalysts for biodiesel production from soybean oil’, *Energy Conversion and Management*, 79, pp. 34–42. doi: 10.1016/j.enconman.2013.11.041.