

Cite this: J. TEA.. Vol 5 (2):

89-92, 2020

## STUDI KINETIKA REAKSI ESTERIFIKASI PADA PROSES PRODUKSI BIODIESEL DARI MINYAK KELAPA SAWIT

*Kinetics Study of Esterification Reactions in the Production Process of Biodiesel from Palm Oil*

Yoel Pasae<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup> Program studi Teknik Kimia, Fak. Teknik Universitas Kristen Indonesia Paulus, Jl. Perintis Kemerdekaan Km. 13. Makassar, Indonesia

Email: [ypasae@ukipaulus.ac.id](mailto:ypasae@ukipaulus.ac.id)

Received Date:

06 Sept. 2020

Accepted Date:

21 Oktober 2020

**Kata kunci:**

Biodiesel, kinetika reaksi, esterifikasi

**Abstrak.** Biodiesel merupakan suatu senyawa alkil ester yang dapat digunakan sebagai bahan bakar alternatif karena memiliki sifat fisik dan sifat kimia yang menyerupai minyak diesel. Salah satu bahan baku utama dalam industri biodiesel adalah minyak kelapa sawit. Minyak kelapa sawit mengandung minyak lemak (trigliserida), asam lemak bebas dan air. Komponen minyak lemak dan asam lemak bebas inilah yang akan diubah menjadi metil ester. Reaksi utama untuk menghasilkan metil ester adalah reaksi transesterifikasi yang mengubah trigliserida menjadi biodiesel. Adanya asam lemak bebas dalam minyak sawit dapat menghambat reaksi transesterifikasi tetapi asam lemak bebas tersebut dapat juga dikonversi menjadi biodiesel. Untuk mengkonversinya maka reaksi yang harus dilalui adalah reaksi esterifikasi. Pada penelitian ini reaksi esterifikasi asam lemak bebas menggunakan metanol sebagai pereaksi dan asam sulfat sebagai katalis. Reaksi dilangsungkan pada suhu 60 °C, dengan variabel penelitian adalah waktu reaksi dan kecepatan pengadukan. Perolehan metil ester dipengaruhi oleh waktu reaksi dan kecepatan pengadukan. Hasil penelitian yang diperoleh, memberikan informasi bahwa waktu reaksi optimum untuk konversi asam lemak bebas menjadi metil ester adalah 60–80 menit, kecepatan pengadukan optimum yang memberikan konversi terbesar adalah 150 rpm. Konstanta kecepatan reaksi terbesar dicapai pada pengadukan 150 rpm yaitu 0,00587 mol/l.menit dan konstanta paling rendah pada pengadukan 110 rpm yaitu 0,00480 mol/l.menit.

**Keywords:**

Biodiesel, reaction kinetics, esterification

**Abstract.** Biodiesel is an alkyl ester compound that can be used as an alternative fuel because it has physical and chemical properties similar to diesel oil. One of the main raw materials in the biodiesel industry is palm oil. Palm oil contains fatty oil (triglycerides), free fatty acids and water. This component of fatty oil and free fatty acids will be converted into methyl esters. The main reaction to produce methyl esters is a transesterification reaction which converts triglycerides into biodiesel. The presence of free fatty acids in palm oil can inhibit the transesterification reaction but these free fatty acids can also be converted into biodiesel. To convert it, the reaction that must be passed is the esterification reaction. In this study, the free fatty acid esterification reaction was carried out using methanol as a reagent and sulfuric acid as a catalyst. The reaction was carried out at a temperature of 60 °C, with the research variables being reaction time and stirring speed. The yield of methyl ester is influenced by reaction time and stirring speed. The results obtained provide information that the optimum reaction time for the conversion of free fatty acids into methyl esters is 60–80 minutes and the optimum stirring speed which also gives the largest conversion is 150 rpm. The largest constant reaction speed was achieved at 150 rpm, namely 0.00587 mol / l.minute and the lowest constant at 110 rpm, 0.00480 mol / l.minute.

**DOI:**

<http://dx.doi.org/10.31960/tea.v5i1>

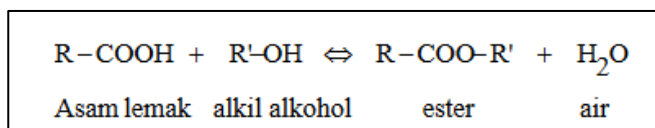


## Pendahuluan

Penggunaan biodiesel sebagai bahan bakar nabati di Indonesia dan berbagai negara mengalami peningkatan yang sangat signifikan. Peningkatan ini seiring dengan pertumbuhan kebutuhan bahan bakar yang bersifat ramah lingkungan. Beberapa industri otomotif telah menyesuaikan mesin-mesin kendaraan yang diproduksi dengan spesifikasi biodiesel. Di Indonesia industri biodiesel juga bertumbuh seiring dengan kebijakan pemerintah yang menargetkan penggunaan biodiesel sampai mencapai komposisi pencampuran 30 % dengan solar, yang dikenal dengan program B30 (Raksodewanto dkk 2018). Ketersediaan bahan baku untuk mendukung peningkatan produksi biodiesel merupakan suatu hal yang mutlak terpenuhi (Bappenas, 2015).

Salah satu bahan baku yang paling banyak digunakan untuk produksi biodiesel adalah minyak kelapa sawit mentah (*Crude Palm Oil*). Dalam minyak kelapa sawit terkandung lemak sawit, asam lemak bebas dan air, komponen minyak-lemak dan asam lemak bebas inilah yang akan diubah menjadi metil ester (Pasaribu, 2004). Reaksi utama untuk menghasilkan metil ester adalah reaksi transesterifikasi yang mengubah trigliserida menjadi biodiesel (Pasae & Melawaty, 2016). Adanya asam lemak bebas dalam minyak sawit dapat menghambat reaksi transesterifikasi (Ningtyas, Budhiyanti, & Sahubawa, 2013). Untuk itu asam lemak bebas tersebut harus dihilangkan untuk memperlancar konversi trigliserida. Tetapi perlu diketahui bahwa asam lemak bebas yang dapat dianggap sebagai pengganggu reaksi dapat juga diubah menjadi metil ester walaupun kadarnya dalam minyak  $\pm 2$  %. Untuk mengubahnya maka reaksi yang harus dilalui adalah reaksi esterifikasi dengan menggunakan metanol sebagai pereaksi dan  $H_2SO_4$  sebagai katalis (Aziz, Nurbayti, & Ulum, 2011). Untuk mengetahui bagaimana perubahan FFA menjadi metil ester maka perlu diketahui kinetika reaksi esterifikasi yang terjadi.

Esterifikasi pada dasarnya adalah reaksi yang bersifat reversibel dari asam lemak dengan alkil alkohol membentuk ester dan air (Pratiwi, Masriani, & Prihatiningtyas, 2016). Gambar 1 menyajikan persamaan reaksi esterifikasi.



Gambar 1. Persamaan reaksi esterifikasi

Reaksi esterifikasi adalah reaksi endotermis. Proses ini berlangsung dengan katalis asam antara lain  $H_2SO_4$ ,  $H_3PO_4$ , dan asam sulfonat. Untuk mengarahkan reaksi ke arah produk alkil ester, salah satu reaktan, biasanya alkohol diberikan dalam jumlah yang berlebih dari kesetimbangan stoikiometrinya, dan air diambil selama reaksi (Juan, Zhang, & Yarmo, 2007). Umumnya pengambilan air dilakukan secara kimia, fisika dan pavorasi. (Iryani & Marzuki, 2016; Prakoso T, dkk (2003) melaporkan bahwa kenaikan temperatur reaksi esterifikasi FFA dalam CPO untuk produksi metil ester dapat meningkatkan perolehan metil ester dimana perolehan terbesar dicapai pada suhu  $60$  °C dan penambahan jumlah katalis  $H_2SO_4$  juga berpengaruh pada perolehan metil ester, perolehan terbesar dicapai pada saat

penambahan katalis 5 ml/liter CPO dan faktor yang paling berpengaruh di antara temperatur reaksi, jumlah katalis dan volume methanol pada reaksi esterifikasi adalah jumlah katalis (Sari, Sundaryono, & Handayani, 2017). Fokus penelitian ini adalah mempelajari pengaruh waktu dan kecepatan pengadukan terhadap kinetika reaksi esterifikasi.

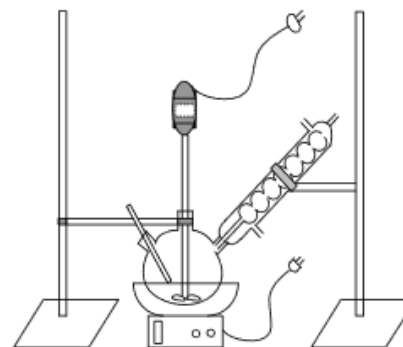
## Metodologi

### Bahan

Minyak Kelapa Sawit (CPO) yang digunakan dalam penelitian ini diperoleh dari PT. Perkebunan Nusantara XIV di Luwu Utara. Methanol teknis,  $H_2SO_4$  (p.a), Etanol 95 %-v, Fenolfhtalein (PP), Dietil eter, KOH. HCl dan Aquadest diperoleh dari toko bahan kimia yang ada di Kota Makassar.

### Peralatan

Rangkaian alat utama untuk melangsungkan reaksi esterifikasi adalah reaktor tangki berpengaduk sebagaimana disajikan pada Gambar 2. Peralatan lain yang digunakan dalam penelitian ini adalah seperangkat alat titrasi (statip, klem, buret), labu ukur, gelas ukur, erlenmeyer, timbangan, corong dan botol sampel.



Gambar 2 : Rangkaian Alat Reaktor Tangki Berpengaduk

### Prosedur

**Proses Reaksi Esterifikasi :** CPO dipanaskan hingga titik didih air, kemudian metanol dan asam sulfat diisikan ke dalam reaktor dan dipanaskan pada temperatur  $60$  °C. Reaksi esterifikasi berlangsung dalam reaktor *batch* berpengaduk sesuai dengan variasi waktu (100 menit). Pengambilan contoh untuk dilakukan setiap interval waktu 20 menit untuk dianalisis kandungan metil ester yang terbentuk melalui analisa bilangan asamnya. Perolehan metil ester setiap run percobaan dapat diketahui melalui perubahan konsentrasi asam akhir dibandingkan dengan konsentrasi asam mula-mula CPO (Kasim, 2010).

**Analisa angka asam:** Analisis bilangan asam mengacu pada SNI 04-7182-2015.

## Hasil dan Pembahasan

Sebelum proses reaksi dilakukan, maka CPO dianalisa bilangan asamnya. Dari hasil analisa bilangan asam CPO yang digunakan dalam penelitian ini, diketahui bilangan asam mula-mula 11,8653 mg KOH/gr Sampel. Untuk mengetahui konversi asam lemak bebas menjadi metil ester pada reaksi esterifikasi, maka dilakukan pengamatan perubahan bilangan asam dari reaksi setiap

pertambahan waktu 20 menit. Tabel 1 menunjukkan perubahan bilangan asam pada setiap pertambahan waktu 20 menit, untuk proses dengan kecepatan pengadukan masing-masing 110 rpm, 130 rpm dan 150 rpm.

**Tabel 1.** Perubahan bilangan asam pada proses reaksi dengan kecepatan pengadukan 110, 130 dan 150 rpm, dan suhu reaksi 60 °C

Waktu reaksi (menit)	Bilangan asam (mg KOH/gr sampel)		
	110 rpm	130 rpm	150 rpm
0	11,8653	11,8653	11,8653
20	9,8746	10,6094	10,6956
40	8,7371	9,6600	9,5738
60	8,4296	9,2724	8,3973
80	7,9973	8,3411	7,4444
100	7,8939	7,6410	7,0741

Pada waktu reaksi menit ke-20 dan menit ke-40, penurunan bilangan asam dari sampel dengan kecepatan pengadukan 110 rpm lebih tinggi dari pada sampel yang diambil dari proses 130 rpm dan 150 rpm. Hal ini dapat terjadi karena pada saat awal pengadukan dengan kecepatan 150 rpm dan 130 rpm terbentuk vortex yang lebih kuat dibandingkan dengan pengadukan dengan kecepatan 110 rpm. Adanya vortex tersebut mengakibatkan pola aliran dalam reaktor mengikuti pola aliran laminar yang dapat berpengaruh pada lambatnya kontak antara reaktan, sehingga reaksi esterifikasi cenderung melambat (Furqon, Ritonga, & Maksum, 2018). Namun pada waktu reaksi menit ke-60 sampai menit ke-100 penurunan bilangan asam pada proses dengan kecepatan pengadukan 150 rpm lebih tinggi dibandingkan dengan kedua proses lainnya. Gejala ini menunjukkan bahwa proses reaksi esterifikasi dengan kecepatan pengadukan yang tinggi membutuhkan waktu reaksi yang lebih lama untuk mencapai kestabilan reaksi (Rizki, Kimia, Teknik, & Indonesia, 2008), (Denni Kartika Sari, 2015). Namun setelah kestabilan reaksi esterifikasi tercapai dimana kontak antara reaktan sudah terjadi dengan baik maka juga terjadi penurunan angka asam yang cukup signifikan. Penurunan angka asam tersebut menjadi indikasi bahwa asam lemak bebas dalam reaktan sudah berkurang dan telah terkonversi menjadi biodiesel (Hikmah & Zuliyana, 2015).

**Tabel 2** Perubahan Konsentrasi FFA dalam reaksi dengan kecepatan pengadukan 110, 130 dan 150 rpm, dan suhu reaksi 60 °C

Waktu reaksi (menit)	Perubahan Konsentrasi FFA					
	110 rpm		130 rpm		150 rpm	
	% FFA	mol/liter	% FFA	mol/liter	% FFA	mol/liter
0		0,1926		0,1926		0,1926
20	4,52	0,1566	4,86	0,1686	4,90	0,1706
40	4,00	0,1386	4,42	0,1533	4,38	0,1525
60	3,86	0,1337	4,25	0,1434	3,85	0,1340

80	3,66	0,1268	3,82	0,1325	3,41	0,1187
100	3,61	0,1251	3,50	0,1214	3,24	0,1128

Berdasarkan hasil perhitungan dan hasil pengamatan dapat diketahui bahwa selama rentang waktu 100 menit, konsentrasi FFA dalam contoh semakin berkurang. Tabel 2 memberikan informasi bahwa pada pengadukan 110 rpm, konsentrasi asam lemak bebas dalam sampel pada 100 menit terakhir adalah 0,1251 mol/l. Pengadukan dengan kecepatan 130 rpm pada menit ke-100 konsentrasi FFA-nya hanya 0,1214 mol/l sedangkan pada 150 rpm konsentrasi FFA pada menit ke-100 adalah 0,1128 mol/liter. Hal ini menunjukkan bahwa semakin tinggi pengadukan maka semakin banyak asam lemak bebas yang terkonversi menjadi metil ester. Dengan penambahan kecepatan pengadukan berarti laju reaksi antara FFA dengan metanol dengan bantuan pemanasan dan katalis asam sulfat akan semakin cepat, hal ini dapat diketahui dengan semakin kecilnya konsentrasi FFA dalam contoh pada menit ke-100 (Furqon et al., 2018). Kecilnya konsentrasi FFA pada akhir pengamatan berhubungan dengan laju penurunan konsentrasi FFA pada setiap waktu pengambilan sampel, sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 2.

Penurunan bilangan asam yang ditunjukkan dalam Tabel 1, dapat terkonfirmasi melalui perhitungan konsentrasi asam lemak bebas dalam sampel sebagaimana disajikan dalam Tabel 2. Selanjutnya berdasarkan pengolahan data kecepatan reaksi maka dapat diperoleh suatu hubungan antara kecepatan pengadukan dengan kecepatan reaksi esterifikasi sebagaimana ditunjukkan dalam Tabel 3.

**Tabel 3.** Hubungan antara kecepatan pengadukan dengan kecepatan reaksi esterifikasi

Pengadukan (rpm)	Kecepatan Reaksi, k (mol/liter.menit)
110	0,00480
130	0,00532
150	0,00587

Kecepatan reaksi esterifikasi pada pengadukan 110, 130, 150 rpm masing-masing adalah 0,00480, 0,00532, 0,00587 mol/l.menit. Kecepatan reaksi tertinggi dalam penelitian ini diperoleh pada proses reaksi dengan kecepatan pengadukan 150 rpm. Kecepatan reaksi meningkat seiring dengan meningkatnya kecepatan pengadukan (Marzuki, 2020; Apriani, 2017).

## Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah diuraikan maka dapat disimpulkan bahwa:

Kecepatan reaksi esterifikasi minyak sawit yang optimum dalam penelitian ini dicapai pada pengadukan 150 rpm yaitu 0,00587 mol/l.menit. Pada kecepatan pengadukan 150 rpm produk akhir pada reaksi yang berlangsung selama 100 menit menunjukkan telah terjadi penurunan kandungan asam lemak bebas yang cukup signifikan yakni dari 0,1926 mol/liter (bilangan asam 11,8653 mg

KOH/gr sampel) menjadi 0,1128 mol/liter (bilangan asam 7,0741 mg KOH/gr sampel).

## Referensi

- Apriani, D. M. S. M. R. (2017). Pengaruh Waktu Reaksi Dan Kecepatan Pengadukan Terhadap Konversi Biodiesel Dari Lemak Ayam Dengan Proses Transesterifikasi. *Jurnal Teknik Kimia*, 23(Vol 23 No 1 (2017): Jurnal Teknik Kimia), 57–66.
- Aziz, I., Nurbayti, S., & Ulum, B. (2011). Esterifikasi Asam Lemak Bebas Dari Minyak Goreng Bekas. *Jurnal Kimia VALENSI*, 2(2), 384–388. <https://doi.org/10.15408/jkv.v2i2.201>
- Bappenas. (2015). Kajian Pengembangan Bahan Bakar Nabati, 0–87.
- Denni Kartika Sari, R. S. D. L. (2015). Pengaruh Waktu dan Kecepatan Pengadukan Terhadap Emulsi Minyak Biji Matahari (*Helianthus annuus* L.) dan Air. *Jurnal Integrasi Proses*, 5(3), 155–159.
- Furqon, F., Ritonga, A. M., & Maksam, A. (2018). Rancangbangun Dan Uji Performansi Single Stirring Reactor (Ssr) Putaran Searah Pada Berbagai Rpm Untuk Produksi Biodiesel. *Jurnal Teknik Pertanian Lampung (Journal of Agricultural Engineering)*, 7(1), 9. <https://doi.org/10.23960/jtep-1.v7i1.9-14>
- Hikmah, M. N., & Zuliyana, D. (2015). Pembuatan Metil Ester (Biodiesel) Dari Minyak Dedak Dan Metanol Estrans. *Jurnal Teknik Kimia*, 3(6), 1–43.
- Iryani, A. S., & Marzuki, I. (2016). Depiritisasi Batubara Menggunakan Oksidator Besi (III) Hasil Olahan Limbah Besai. *Techno Entrepreneur Acta*, 1(2), 75–84.
- Juan, J. C., Zhang, J., & Yarmo, M. A. (2007). 12-Tungstophosphoric acid supported on MCM-41 for esterification of fatty acid under solvent-free condition. *Journal of Molecular Catalysis A: Chemical*, 267(1–2), 265–271. <https://doi.org/10.1016/j.molcata.2006.09.029>
- Kasim, R. (2010). Desain Esterifikasi Menggunakan Katalis Zeolit Pada Proses Pembuatan Biodiesel Dari Crude Palm Oil (CPO) Melalui Metode Dua Tahap Esterifikasi-Transesterifikasi. *Laporan TesisTesis*, 5(1), 1–75.
- Marzuki, I. (2020). The Bio-adsorption Pattern Bacteria Symbiont Sponge Marine Against Contaminants Chromium and Manganese In The Waste Modification of Laboratory Scale. *Indonesia Chimica*, 13(1), 1–9. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.20956/ica.v13i1.9972>
- Ningtyas, D. P., Budhiyanti, S. A., & Sahubawa, L. (2013). Transesterifikasi Terhadap Kualitas Biofuel Dari Minyak Tepung Ikan Sardin. *Jurnal Tekno Sains*, 2(2), 103–114.
- Pasae, Y., & Melawaty, L. (2016). In situ transesterification of sterculia seeds to production biodiesel. *ARNP Journal of Engineering and Applied Sciences*, 11(1), 634–638.
- Pasaribu, N. (2004). Minyak Buah Kelapa Sawit. *E-USU Repository*, 1–8.
- Pratiwi, N., Masriani, & Prihatiningtyas, I. (2016). Perbandingan Proses Esterifikasi dan Esterifikasi -Trans-esterifikasi dalam Pembuatan Biodiesel dari Minyak Jelantah. *Prosiding Seminar Nasional Teknik Kimia "Kejuangan" Pengembangan Teknologi Kimia Untuk Pengolahan Sumber Daya Alam Indonesia*, 1–7.
- Raksodewanto Mokhammad; Hariana, Hariana, A. A. A. (2018). Penggunaan Biodiesel B30 Untuk Sektor Pembangkit Listrik Dalam Rangka Penghematan Devisa. *Prosiding Semnastek*, (PROSIDING SEMNASTEK 2018), 1–5.
- Rizki, A., Kimia, D. T., Teknik, F., & Indonesia, U. (2008). REAKSI ESTERIFIKASI-ENZIMATIS GLISEROL PENGARUH KONDISI OPERASI DALAM REAKSI ESTERIFIKASI-ENZIMATIS GLISEROL.
- Sari, D. K., Sundaryono, A., & Handayani, D. (2017). UJI BIOFUEL HASIL PERENKAHAN METIL ESTER DARI LIMBAH CAIR PABRIK MINYAK KELAPA SAWIT DENGAN KATALIS MoNi/HZ. *Jurnal Pendidikan Dan Ilmu Kimia*, 1(2), 127–131.