

# KINETIKA HIDROLISIS TRIGLISERIDA RBDPO MENJADI CAMPURAN ASAM LEMAK

Andi Nur Alamsyah

Pusat Penelitian dan Pengembangan Perkebunan, Bogor  
Jl. Tentara Pelajar No.1 Bogor 16111 Fax.0251-8336194  
email:ganesh.alam@gmail.com

## Abstract

Indonesia is one of largest producer of vegetable oils especially palm oil. The Palm oil commodity is potential to develop. One of the products is fatty acid. Enzymatic hydrolysis with lower pressure and temperature is the method to produce fatty acid. The aim of this research was to develop a kinetic of reaction of hydrolysis to produce fatty acid. The advantage of this research is obtaining an equation rate of enzymatic hydrolysis reaction which could be used to design a commercial scale reactor. A simple Michaelis-Menten model was used to obtain the equation of rate. By non-linear regression curve fitting the equation was tend to first order model, then linear and non-linear regression were utilized to the first order equation rate of reaction. The highest constant was of  $0.07 \text{ minute}^{-1}$  which obtain from  $40^\circ\text{C}$  and w/o ratio of 1:2.

**Keywords:** fatty acid, kinetic of hydrolysis

## PENDAHULUAN

Indonesia merupakan salah satu penghasil minyak nabati khususnya kelapa sawit terbesar di dunia. Pada tahun 2007 sendiri, Indonesia dapat menghasilkan 16.800 ton kelapa sawit dan menempati peringkat pertama dalam penghasil kelapa sawit di dunia.

Komoditas minyak kelapa sawit sangat berpotensi untuk dikembangkan menjadi produk lanjutan yang dapat diekspor selain dijadikan minyak goreng. Hal ini terutama didukung oleh jumlah pemanfaatan kelapa sawit yang belum sebanding dengan jumlah produksi tiap tahunnya. Menurut Suprihatini<sup>[1]</sup>, pemanfaatan minyak sawit masih 76,7% untuk konversi minyak goreng. Sedangkan sisanya masih belum dimanfaatkan secara optimal, sehingga Indonesia mempunyai surplus minyak kelapa sawit. Salah satu lanjutan dari minyak nabati adalah asam lemak. Secara umum asam lemak diolah lebih lanjut untuk aplikasi yang berbeda-beda. Sebagian besar asam lemak campuran diolah menjadi lemak alkohol dan jenis lainnya sesuai dengan sifat fisiko kimianya antara lain untuk industri makanan, kosmetik, sabun, plastik, karet, dan pelumas.<sup>[1]</sup>

Asam lemak dapat diperoleh dengan proses pemutusan struktur trigliserida yang disebut juga hidrolisis.

Secara umum, hidrolisis non enzimatis membutuhkan konsumsi biaya energi yang tinggi untuk memberikan kondisi temperatur serta tekanan yang tinggi.<sup>[3]</sup>

Sedangkan hidrolisis enzimatis dilakukan pada temperatur serta tekanan ruang sehingga tidak merusak produk dan dapat mengurangi biaya operasi. Selain itu, enzim memiliki substrat serta sifat yang spesifik sehingga dapat mencegah terjadinya reaksi samping seperti saponifikasi, polimerisasi, dan oksidasi yang dapat mengurangi perolehan produk asam lemak.<sup>[4]</sup>

Produksi asam lemak secara enzimatis membutuhkan kinetika reaksi yang sederhana namun dapat mewakili mekanisme yang terjadi sehingga dapat digunakan secara aplikatif pada dunia industri. Dengan demikian, dapat diperoleh persamaan numerik laju reaksi hidrolisis enzimatis sebagai dasar perancangan reaktor skala pabrik.

## BAHAN DAN METODE

### Bahan

Bahan yang digunakan sebagai substrat adalah minyak goreng kelapa sawit / RBDPO sebagai bahan penghasil *free fatty acid* (FFA), enzim lipase *Candida rugosa* sebagai katalis, air *reversed osmosis* sebagai reaktan penghasil FFA, dan larutan buffer sebagai penjaga pH.

### Metode

Penelitian ini terbagi menjadi 2 tahap, yaitu percobaan pendahuluan dan percobaan utama. Percobaan pendahuluan dilakukan untuk mengetahui jumlah awal asam lemak terikat. Percobaan pendahuluan juga dilakukan sebagai uji coba percobaan utama berdasarkan kondisi operasi yang diperoleh dari literatur. Kondisi operasi yang dicoba adalah temperatur 37°C, rasio katalis 10 kg/m<sup>3</sup>air, jumlah asam lemak awal yang terikat.

Percobaan utama dilakukan dengan menghidrolisis minyak goreng kelapa sawit (RBDPO) secara enzimatik dengan enzim lipase *Candida rugosa*, air, dan *buffer* selama

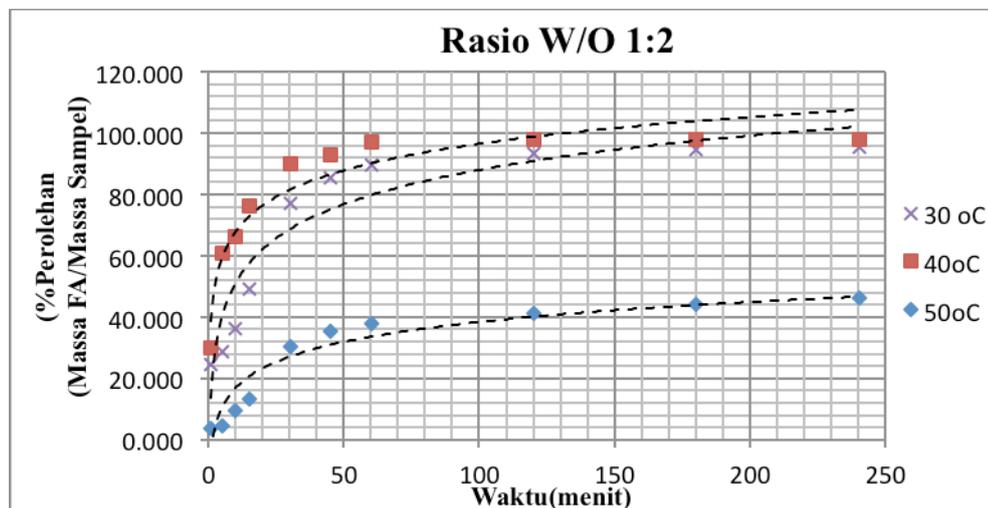
4 jam sehingga diperoleh laju pembentukan produk berupa FFA dan sampel diambil pada selang waktu 1,5,10,30,45,60,120,180, dan 240.

### Metode Analisis

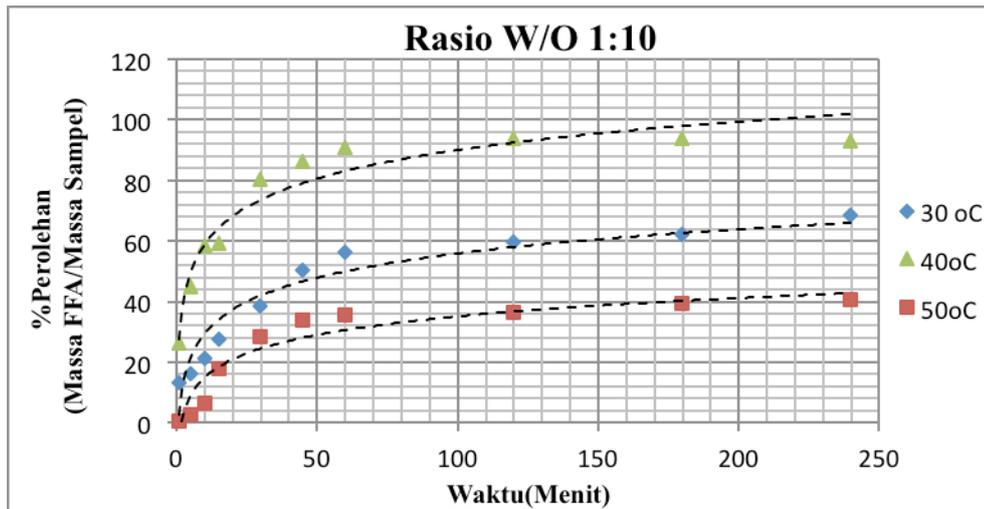
Analisis yang dilakukan adalah titrasi dengan menggunakan larutan KOH. Analisis dilakukan sehingga dapat diketahui jumlah asam lemak terikat sebagai substrat yang belum bereaksi.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Setiap sampel akan dianalisa dengan titrasi sehingga diperoleh banyaknya FFA yang terdapat dalam lemak atau minyak. Pada gambar 1 dan 2 dapat dilihat bahwa semakin lama waktu reaksi, kecenderungan perolehan FFA (*free fatty acid*) akan semakin tinggi. Namun, dapat dilihat pada gambar 1 dan 2, peningkatan perolehan yang diperoleh pada waktu reaksi lebih dari 1 jam akan semakin lambat. Oleh karena itu, walaupun reaksi dilangsungkan selama 4 jam, pada penentuan kinetika reaksi akan dilakukan pembatasan pengolahan data hingga waktu reaksi 1 jam.



**Gambar 1** Kurva Perolehan terhadap Waktu Rasio W/O 1:2 pada Temperatur 30°C, 40°C, dan 50°C



**Gambar 2** Kurva Perolehan terhadap Waktu Rasio W/O 1:10 pada Temperatur 30°C, 40°C, dan 50°C

Penentuan kinetika reaksi hidrolisis dilakukan pertama kali dengan menggunakan model Michaelis-Menten. Selanjutnya, dari persamaan laju reaksi yang diperoleh dengan hasil metode integrasi akan diamati apakah model yang digunakan cukup mewakili kinetika reaksi yang terjadi.

### Model Michaelis-Menten

Pada model Michaelis-Menten, mekanisme reaksi yang terjadi secara umum disederhanakan menjadi interaksi satu substrat dengan enzim yang menghasilkan satu produk. Pada kasus-kasus reaksi enzimatis yang lebih kompleks, model sederhana ini seringkali tetap dapat digunakan. Oleh karena itu, studi awal ini bertujuan untuk mengetahui apakah reaksi hidrolisis trigliserida dapat didekati dengan model Michaelis-Menten yang cukup sederhana. Data eksperimen yang diperoleh akan diolah dengan metode integrasi untuk memperoleh nilai  $K_m$  dan  $V_m$  sebagai parameter model Michaelis-Menten.

Setelah dilakukan integrasi, diperoleh nilai  $K_m$  dan  $V_m$  yang jauh lebih besar daripada konsentrasi substrat. Dengan demikian  $[S]$  pada bagian penyebut dapat dianggap sangat kecil sehingga persamaan Michaelis-Menten (1) dapat diubah menjadi persamaan (2).

$$\frac{dS}{dt} = \frac{V_m [S]}{K_m + [S]} \quad (1)$$

$$\frac{dS}{dt} = \frac{V_m}{K_m} [S] \quad (2)$$

Jika diamati, persamaan di atas cenderung mendekati persamaan laju reaksi orde 1, sehingga  $\frac{V_m}{K_m}$  dapat dianggap menjadi sebuah konstanta laju reaksi dan diperoleh persamaan (3).

$$\frac{dS}{dt} = k [S] \quad (3)$$

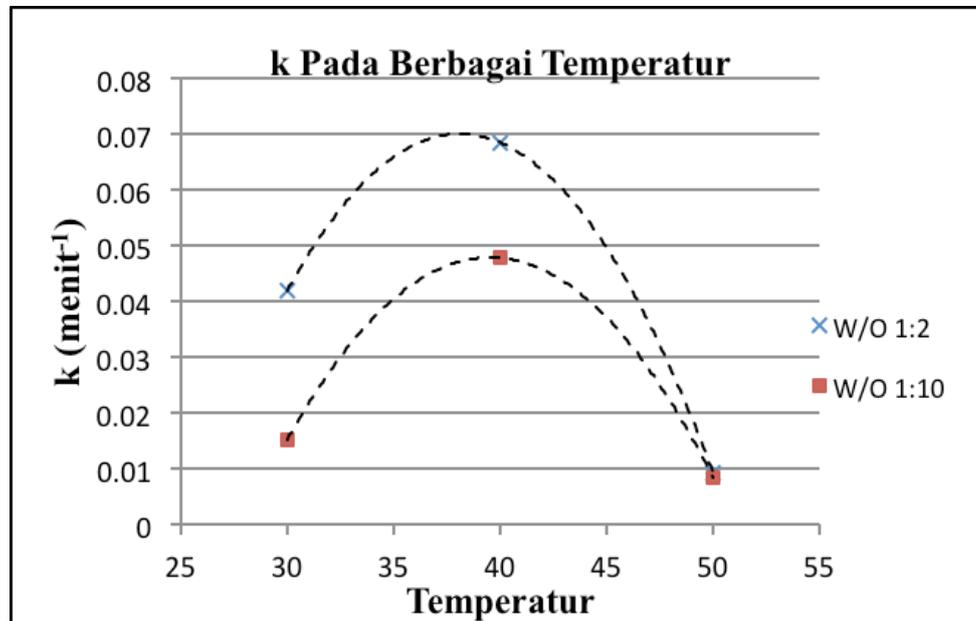
$$\int_{S_0}^{S_t} \frac{dS}{[S]} = k \int_{t_0}^t dt$$

Selanjutnya persamaan (3) diintegrasikan dengan menggunakan MATLAB dan regresi linear untuk membandingkan hasil konstanta laju reaksi yang diperoleh.

**Tabel 1** Konstanta Laju Reaksi diperoleh dari MATLAB dan Regresi Linear

k (menit <sup>-1</sup> )		Rasio W/O	Hasil Integrasi MATLAB	Hasil Regresi Linear
Temperatur	30° C	1:2	0.0424 R <sup>2</sup> =0.96433	0.0412 R <sup>2</sup> =0.9554
		1:10	0.0152 R <sup>2</sup> =0.965134	0.0151 R <sup>2</sup> =0.8842
	40° C	1:2	0.073 R <sup>2</sup> =0.908129	0.0636 R <sup>2</sup> = 0.8380
		1:10	0.0501 R <sup>2</sup> =0.96414	0.0453 R <sup>2</sup> =0.7961
	50° C	1:2	0.0092 R <sup>2</sup> =0.942132	0.0091 R <sup>2</sup> =0.9364
		1:10	0.0086 R <sup>2</sup> =0.919808	0.008 R <sup>2</sup> =0.8978

## Pengaruh Temperatur



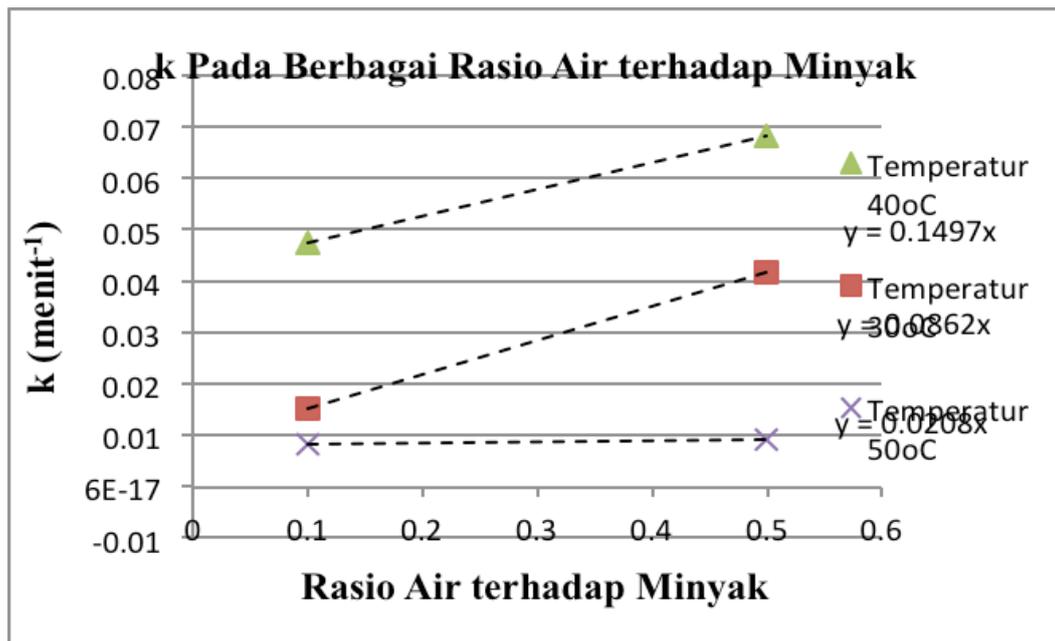
**Gambar 3** Kurva Perbandingan Konstanta Laju Reaksi pada Variasi Temperatur

Berdasarkan gambar 3, dapat dilihat bahwa pada rasio w/o 1:2 dan 1:10, semakin tinggi temperatur maka konstanta laju reaksi yang diperoleh akan semakin besar. Namun, ketika temperatur lebih dari  $40^{\circ}\text{C}$ , konstanta laju reaksi yang diperoleh cenderung akan turun.

Secara umum, peningkatan temperatur pada reaksi kimia yang dikatalisasi akan meningkatkan laju reaksinya. Kecenderungan ini dapat dilihat juga dari persamaan Arrhenius yang menghubungkan konstanta laju reaksi dengan temperatur reaksi. Hal ini terjadi karena semakin tinggi temperatur maka semakin banyak kemungkinan terjadinya tumbukan antara molekul.

Namun, persamaan Arrhenius tidak dapat digunakan pada reaksi kimia yang melibatkan enzim sebagai katalis alami. Enzim sendiri merupakan protein kompleks yang rentan terhadap denaturasi atau perubahan struktur yang terjadi pada kondisi yang ekstrim seperti pH yang tidak sesuai ataupun temperatur tinggi. Kondisi yang tidak sesuai semakin lama akan menyebabkan perubahan bentuk sisi aktif pada enzim yang menyebabkan penurunan kemampuan untuk berikatan dengan substrat.<sup>[15]</sup> Setiap enzim memiliki laju penurunan aktivasi yang dapat diabaikan pada temperatur rendah. Semakin tinggi temperatur reaksi maka laju penurunan aktivitas enzim akan semakin tinggi.

## Pengaruh Rasio Air terhadap Minyak



**Gambar 4** Kurva Perbandingan Konstanta Laju Reaksi pada Rasio Air terhadap Minyak

Pada gambar 4 dapat dilihat bahwa semakin besar rasio minyak terhadap air, maka semakin besar pula konstanta laju reaksi. Berdasarkan studi literatur, belum banyak penelitian sebelumnya yang mencari pengaruh rasio w/o terhadap konstanta laju reaksi. Namun, secara umum air merupakan *cosubstrate* dalam reaksi hidrolisis. Dalam setiap proses hidrolisis satu molekul trigliserida akan bereaksi dengan tiga molekul air.<sup>[6]</sup>

Berdasarkan faktor-faktor yang mempengaruhi laju reaksi, semakin banyak jumlah reaktan yang ada, maka konstanta laju reaksi yang diperoleh akan semakin besar. Oleh karena itu dapat diasumsikan bahwa meningkatnya konstanta laju reaksi pada percobaan dipengaruhi oleh penambahan jumlah air sebagai peningkatan jumlah reaktan.

Berdasarkan persamaan laju reaksi yang dilakukan dengan model Michaelis-Menten, reaktan yang terlibat dalam proses hidrolisis diasumsikan hanya satu yaitu trigliserida. Namun, untuk mengetahui pengaruh dari konsentrasi air sebagai reaktan dapat diasumsikan bahwa konsentrasi air telah

tercakup dalam konstanta laju reaksi yang berubah.

Pengaruh peningkatan rasio w/o terdapat peningkatan konstanta laju reaksi yang cukup besar terdapat pada percobaan dengan temperatur 30°C dan 40°C. Hal ini dapat dilihat pada gradien perubahan k pada gambar 4 yang cukup tajam.

Berdasarkan studi literatur, produksi asam lemak saat ini masih belum banyak dilakukan secara enzimatik karena harga enzim yang cukup mahal. Padahal konsumsi biaya yang dibutuhkan oleh proses hidrolisis lainnya pun cukup besar untuk memenuhi kondisi operasi seperti tekanan maupun temperatur tinggi. Oleh karena itu, melihat perolehan FFA dari percobaan hidrolisis enzimatik cukup tinggi, disarankan agar produksi FFA skala pabrik dapat meneliti lebih lanjut cara peningkatan efisiensi penggunaan enzim sehingga dapat menyeimbangkan harganya yang mahal.

### KESIMPULAN

Kinetika reaksi hidrolisis enzimatik dapat didekati dengan persamaan sederhana Michaelis-Menten yang diubah menjadi

persamaan laju reaksi orde 1 membentuk persamaan

$\ln \frac{x_t}{[S_0 - x_t]} = k t$ . Dapat dilihat bahwa semakin tinggi rasio w/o, maka semakin tinggi pula konstanta laju reaksi yang diperoleh. Konstanta laju reaksi akan meningkat hingga temperatur 40°C dan selanjutnya akan menurun. Konstanta laju reaksi paling rendah sebesar 0,00845 menit<sup>-1</sup> diperoleh pada kondisi reaksi 50°C dan rasio w/o 1:10. Sedangkan konstanta laju reaksi paling tinggi sebesar 0,0683 menit<sup>-1</sup> diperoleh pada kondisi reaksi 40°C dan rasio w/o 1:2.

## DAFTAR PUSTAKA

- Suprihatini, E.G.S.i.R., *Daya Saing Produk Asam Lemak Indonesia*. Jurnal Teknologi Industri Pertanian. **11**: p. 35-42.  
<http://strategika.wordpress.com/2008/12/05/pertumbuhan-sawit-indonesia/>. Date accessed: 15 April 2010
- V. Ramachandra Murty\*, J.B., and P. K. A. Muniswaran, *Hydrolysis of Oils by Using Immobilized Lipase Enzyme: A Review*. Biotechnol. Bioprocess Eng. 2002. **7**: p. 57-66.
- Heri Hermansyah<sup>1</sup>, A.W., Dianursantil, M. Gozan<sup>1</sup>, P.P.D.K. Wulan<sup>1</sup>, R. Arbiantil, and T.S.U. R.W. Soemantojo<sup>1</sup>, Yuliusman<sup>1</sup>, M. Kubo<sup>2</sup>, N. Shibasaki-Kitakawa<sup>2</sup>, and T. Yonemoto<sup>2</sup>, *Kinetic Model For Triglyceride Hydrolysis Using Lipase: Review*. MAKARA, TEKNOLOGI, APRIL 2007. **11**: p. 30-35.
- Heri Hermansyah, M.K., Naomi Shibasaki-Kitakawa, Toshikuni Yonemoto \*, *Mathematical model for stepwise hydrolysis of triolein using Candida rugosa lipase in biphasic oil-water system*. Biochemical Engineering Journal 2006. **31** p. 125-132.
- BAHARIN, L.L.Y.a.B.S., *Effects Of Enzymatic Hydrolysis On Crude Palm Olein By Lipase From Candida Rugosa*. Journal of Food Lipids 2006. **13**: p. 73-87.
- N.A. Serri, A.H.K., S.N. Abdul Rahaman, *Preliminary Studies for Production of Fatty Acids from Hydrolysis of Cooking Palm Oil Using C. rugosa Lipase*. Journal of Physical Science, 2008. **19**: p. 79-88.
- Francisco J. Plou, M.B., Maria V. Calvo, Antonio Ballesteros and E. Pastor, *High-yield production of mono- and di-oleylglycerol by lipase-catalyzed hydrolysis of triolein*. Enzyme and Microbial Technology, 1996. **18**: p. 66-71.
- Bailey's Industrial Oil And Fat Products* F. Shahidi, Editor. 2005, A John Wiley & Sons, Inc., Publication.
- MARANGONI, A.G., *Enzyme Kinetics*, in *A Modern Approach*. 2003, John Wiley & Sons, Inc.
- Preparing for the Chemistry AP Exam*. 2004, New Jersey: Pearson Education.
- Allison, D.L.P.R.D., *Handbook of Biochemical Kinetics* 2000.
- Oudenaarden, A.V., *Systems Biology*. 2004: MIT.
- TAYLOR, K.B., *Enzyme Kinetics and Mechanisms*. 2002, Dordrecht: KLUWER ACADEMIC PUBLISHERS.
- Shanmugam, S., *Enzyme Technology*. 2009, I. K. International Pvt Ltd,