

SINTESIS TRIGLISERID RANTAI SEDANG MELALUI ESTERIFIKASI ENZIMATIS GLISEROL DAN ASAM LAURAT DARI MINYAK INTI SAWIT

Synthesis of Medium Chain Triglyceride through Enzymatic Esterification of Glycerol and Lauric Acid from Palm Kernel Oil

Tri Yogo Wibowo¹, Wiwik Handayani^{1*}, Astuti¹, dan Wahyu B. Setianto¹

¹Pusat Teknologi Agroindustri, Deputi Teknologi Agroindustri dan Bioteknologi,
Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi (BPPT)

LABTIAP, gd 612, Puspiptek, Setu – Tangerang Selatan 15314

*Penulis Korespondensi: email: wiwik.handayani@bppt.go.id

ABSTRAK

Minyak inti sawit (PKO) merupakan minyak yang diolah dari kernel sawit. Minyak ini mengandung asam lemak rantai sedang seperti asam kaprilat, asam kaprat, asam kaproat, dan asam laurat, dimana asam lemak ini dapat digunakan sebagai bahan baku pembuatan bahan kimia yang banyak manfaatnya seperti triglisierid rantai sedang (*medium chain triglyceride*). Produk MCT telah dimanfaatkan untuk pengobatan penderita HIV, kanker, gangguan jantung, dan gangguan pada pencernaan. Rancangan percobaan Box-Behnken dipakai untuk menguji parameter proses pada produksi *medium chain triglyceride* (MCT) dari asam laurat melalui proses esterifikasi enzimatis menggunakan katalis enzim *Rhizomucor miehei*. Parameter esterifikasi yang diuji mencakup rasio mol gliserol dan asam laurat, suhu reaksi dan waktu reaksi. Produk MCT mencapai nilai terbaik pada kondisi operasi rasio mol gliserol dengan asam laurat 1:6, selama 6 jam, dan pada suhu 60 °C dengan rendemen MCT 48.81% dan konversi asam laurat sebesar 88.19%. Sementara itu, konversi terendah dihasilkan pada kondisi operasi selama 24 jam, pada suhu 55 °C dan rasio mol gliserol dengan asam laurat 1:9 dengan konversi hanya 24%

Kata kunci : Esterifikasi Enzimatis Gliserol, MCT, Minyak Inti Sawit (PKO), *Rhizomucor miehei*

ABSTRACT

*Palm kernel oil (PKO) is an oil prepared from palm kernel. This oil contains mainly medium chain fatty acids such as caprylic acid, capric acid, caproic acid, and lauric acid from which can be used as raw material for the manufacture of valuable chemicals such as medium chain triglycerides (MCT). MCT product have been used for treatment of HIV, cancer, heart disease, and digestive disorder. Box-Behnken experimental design used to test the process parameters in the production of medium chain triglyceride (MCT) from lauric acid through enzymatic esterification process using 1,3-specific lipase catalyst is *Rhizomucor miehei*. Esterification parameters tested include the mole ratio of glycerol and lauric acid, reaction temperature and reaction time. MCT product reaches the best value on the operating conditions of the mole ratio of glycerol with lauric acid 1:6, for 6 hours and at 60 °C with a yield MCT 48.81% and conversion of 88.19% lauric acid. Meanwhile, the lowest conversion resulted in operating conditions for 24 hours, at a temperature of 55 °C and the mole ratio of glycerol with lauric acid 1:9 by conversion of only 24%.*

*Key words: Glycerol, Medium Chain Triglyceride (MCT), Palm Kernel Oil (PKO), *Rhizomucor miehei*, and Enzymatic Esterification*

PENDAHULUAN

Oleokimia dan minyak makan adalah produk-produk turunan dari minyak nabati dan merupakan produk antara yang digunakan sebagai bahan baku pembuatan produk-produk perawatan, produk makanan dan lain-lainnya. Satu produk oleokimia dari minyak inti sawit yang memiliki prospek yang cerah adalah produk triglisierid rantai sedang (MCT).

MCT merupakan satu kelompok ester yang unik yang mengandung asam lemak-asam lemak jenuh dengan rantai karbon C_6 - C_{12} , seperti asam kaprilat (C_8 ; 50%-80%), asam kaprat (C_{10} ; 20%-50%), asam kaproat (C_6 ; 1%-2%), dan asam laurat (C_{12} ; 1%-2%). MCT memiliki sifat-sifat fisis yang unik sebagai contoh, MCT adalah lebih berifat polar dari pada triglisierid rantai panjang (LCT) sehingga MCT lebih mudah larut dalam air. Kelarutan asam lemak dengan rantai karbon $C_{8,0}$ dalam air hampir seratus kali kelarutan asam lemak dengan rantai karbon $C_{16,0}$. MCT di dalam air digunakan untuk memperluas permukaan untuk membentuk emulsi yang stabil pada 0.01% berat, sedangkan LCT tidak dapat larut di dalam air (Heydinger, 1999). MCT dari sawit dapat diperoleh dengan reaksi esterifikasi gliserol dengan asam lemak-asam lemak yang memiliki rantai karbon $C_{6,0}$ hingga $C_{12,0}$ yang merupakan derivat dari minyak inti sawit dengan kadar laurat yang tinggi.

Produk MCT industri sangat berpotensi untuk dikembangkan di Indonesia, dengan mempertimbangkan bahan baku minyak inti sawit yang banyak jumlahnya. Sebagai gambaran, Indonesia merupakan produsen minyak inti sawit (PKO) terbesar di dunia. Total produksi PKO Indonesia pada tahun 2013 diperkirakan sebanyak 3.543 juta ton, sementara konsumsi domestik mencapai 1.815 juta ton (anonim, 2014). Produksi minyak kelapa di Indonesia pada tahun 2013 diperkirakan sebanyak 0.975 juta ton, sementara konsumsi domestik mencapai 0.1 juta ton (anonim, 2014). Demikian juga harga minyak inti sawit (PKO) lebih murah dari pada minyak kelapa. Harga PKO pada bulan April 2014 lebih kurang Rp 7,296/kg (anonim, 2014), sementara harga minyak kelapa Rp 15,584/kg (anonim, 2014).

Produk MCT turunan PKO merupakan produk yang unik yang memiliki berbagai kegunaan; sedikit dijumpai di ne-

gara yang memiliki empat musim; komposisi asam lemak-asam lemak medium (MFA) yang tinggi dalam PKO; dan lebih ekonomis dari pada produk MCT dari minyak kelapa jika dilihat dari harga bahan baku. Selain itu, jumlah produksi PKO lebih dari tiga kali lipat dari produksi minyak kelapa pada tahun 2013. Kebutuhan pasar yang tinggi disebabkan oleh tingkat kesadaran masyarakat terhadap kesehatan yang semakin meningkat juga mendukung berkembangnya industri produk-produk MCT.

Produk-produk MCT telah digunakan untuk perawatan bagi penderita HIV, kanker, gangguan pencernaan, hati, bayi prematur atau untuk orang yang sedang menjalani proses penyembuhan, dan juga bisa digunakan untuk orang yang alergi terhadap makanan tertentu (Kasai *et al.*, 2003; Xue *et al.*, 2009). MCT mendapat perhatian yang besar dari ahli gizi karena keadaannya yang unik pada proses metabolisme dan sifat-sifat fisiknya. Pengembangan produk-produk MCT dari minyak inti sawit (PKO) memiliki prospek yang cerah karena sifat-sifat uniknya pada berbagai pemakaian baik industri makanan dan industri farmasi dan juga diversifikasi produk-produk turunan minyak sawit.

MCT sebagai produk unggulan dari lemak yang memiliki karakter fisika-kimia yang unik dan manfaat yang besar, maka asam lemak jenuh rantai mediumnya memiliki beberapa kelebihan yakni sifat kejenuhannya lebih stabil tidak mudah rusak oleh suhu yang tinggi atau suhu yang sangat rendah, memiliki ketahanan terhadap oksidasi akibat udara atau cahaya, dan keadaan kejenuhan rantai medium yang lebih polar (sifat hidropiliknya lebih kuat daripada sifat lipopiliknya, kemudahan larut dalam air, kemudahan dicerna dan diserap oleh tubuh) dan sifat anti mikroba (sinergi antara asam lemak bebas dan monoglisierid membuat MCT sangat efektif dalam menghancurkan dinding sel mikroba (virus, bakteri, jamur, dan parasit) serta memamatkannya. Sejak tahun 1994, pemakaian MCT dalam industri makanan telah dikenal keamanannya berdasarkan status GRAS (*Generally Recognized as Safe*) yang diterbitkan oleh *United State Food and Drug Administration* (FDA) (Traul *et al.*, 2000).

Sejumlah studi pustaka pembuatan triglisierid rantai sedang (MCT) telah dilakukan dan dikembangkan. Pembuatan MCT menggunakan minyak kelapa dan gliserol telah dilakukan oleh banyak peneliti. Nandi

et al. (2005) memproduksi MCT dari minyak kelapa dan distilat asam lemak minyak inti sawit (PKO) menggunakan katalis enzim lipase *Rhizomucor miehei* (*Lipozyme RM IM*). Hartman *et al.* (1989) meneliti pembuatan MCT melalui esterifikasi tanpa atau dengan katalis logam Zn dan melanjutkan pemurnian MCT melalui distilasi vakum. Tirto *et al.* (2006) melakukan sintesis MCT melalui transesterifikasi gliserol dan asam lemak menggunakan katalis H_2SO_4 . Teknologi ekstraksi menggunakan karbon dioksida superkritis juga telah dipakai untuk pembuatan MCT dari minyak kelapa (Wahyu *et al.*, 2007). Sumber bahan baku yang menjanjikan untuk pembuatan MCT adalah minyak inti sawit (PKO). Industri pembuatan MCT dari PKO dapat dibangun dalam berbagai skala produksi dari skala kecil hingga ke skala besar. Penelitian ini bertujuan untuk memperoleh kondisi reaksi yang terbaik pada reaksi esterifikasi enzimatis menggunakan asam lemak turunan minyak inti sawit dan gliserol menggunakan katalis enzim lipase. Rancangan percobaan menggunakan model Box-Behnken dengan faktor yang dikaji adalah faktor suhu, rasio mol, dan lama reaksi. Dipilihnya ketiga faktor tersebut dalam esterifikasi enzimatis pembuatan MCT dari minyak inti sawit karena ketiga faktor tersebut sangat mempengaruhi proses. Sementara respon yang dipilih adalah konversi reaksi yang dihitung berdasarkan perubahan nilai asam lemak bebas selama proses esterifikasi. Selanjutnya untuk mengetahui komposisi kimia yang terkandung didalam produk MCT maka dilakukan analisa menggunakan alat GC-MS.

BAHAN DAN METODE

Bahan

Asam lemak rantai sedang (MCFA) dari minyak inti sawit (PKO) single cut diperoleh dari PT. Musim Mas. Gliserol teknis dan n-Hexane teknis dibeli dari Bratachem. Enzim lipase spesifik 1,3-*Rhizomucor miehei* terimobilisasi dengan aktivitas enzim 889 U/g dibeli dari Sigma Aldrich. Etanol analisis, sodium hidroksida, dan indikator Phenolphthalein dibeli dari Merck.

Uji aktifitas enzim

Pertama-tama dengan membuat campuran minyak yang terdiri dari 25% olive oil, 1.5% polyvinylalcohol, dan air. Setelah

itu ambil 5 ml campuran minyak tersebut, tambahkan dengan 4 ml buffer phosphate 0.05 M pH 7 dan 1 ml larutan enzim. Inkubasi pada shaker selama 20 menit pada temperature 45-50 °C. Tambahkan 20 ml Methanol untuk menghentikan reaksi. Perhitungan aktifitas enzim dilakukan dengan menitrasi suspensi dengan 0.05 M larutan NaOH dengan bantuan indikator phenolphthalein. Perhitungan :

$$\text{Jumlah mmol NaOH} = \text{mmol FFA} = V_{\text{NaOH}} \times M_{\text{NaOH}}$$

$$\text{Jumlah } \mu\text{mol FFA} = \text{mmol FFA} \times 1000 \mu\text{mol}$$

$$\text{Unit lipase} = \text{jumlah } \mu\text{mol FFA}$$

$$\text{Aktivitas lipase} = \frac{\text{unit lipase}}{\text{menit}}$$

$$\text{Lipase units} = \text{number of FFA } \mu\text{mol}$$

Satu unit enzim (U) didefinisikan sebagai kemampuan enzim untuk membebaskan 1 μmol FFA dalam setiap menit.

Reaksi esterifikasi enzimatis

Asam lemak rantai sedang ($C_{6:0}$ - $C_{12:0}$) dari minyak inti sawit (PKO) dicampur dengan gliserol dengan rasio asam lemak:gliserol sebagai berikut 3:1; 6:1; dan 9:1 persen berat, menggunakan lipase immobilized *Rhizomucor miehei* 1,3 sebanyak 2% dari berat substrat (b/b). Proses dilakukan pada variasi suhu 50 °C; 55 °C; dan 60 °C dan variasi pengadukan selama 6 jam; 15 jam; dan 24 jam dalam reaktor gelas dengan magnetic stirrer. Selanjutnya, produk disaring untuk memisahkan lipase dari produk. Produk diperoleh dalam bentuk gleserida MCT. Reaksi esterifikasi dimonitor dengan menghitung kadar nilai asam sampel secara periodik diambil. Setelah reaksi selesai, campuran produk difiltrasi, dan dilanjutkan dengan analisa komposisi gliserida menggunakan alat kromatografi gas pirolisis. Konversi asam lemak diukur dengan menggunakan persamaan sebagai berikut.

$$\text{Konversi asam lemak (x)} = \frac{\text{Nilai asam bahan baku} - \text{Nilai asam produk}}{\text{Nilai asam bahan baku}}$$

Analisis

Untuk menentukan kualitas produk MCT yang dihasilkan dari eksperimen, adalah perlu untuk melakukan beberapa analisis yang dapat menunjukkan kualitas produk, seperti analisis bilangan asam, ana-

lisis gliserol, dan analisis kandungan triglisierid. Bilangan asam menunjukkan jumlah intermediat (asam lemak bebas) yang ada; angka asam yang lebih kecil berarti jumlah triglisierid yang terbentuk lebih banyak. Metode analisis yang digunakan berdasarkan metode AOCS *Official Method* Cd 3d-63.

a. Kromatografi gas

Komposisi gliserida ditentukan dengan alat kromatografi gas pirolisis. Kromatografi gas cair HP-5890A dihubungkan dengan suatu integrator data HP-3390A. Kromatografi gas dipasang dengan satu kolom gelas dengan dimensi 1.83 m × 3.175 mm i.d., diberi bahan isian dengan 10% DEGS disangga diatas Chromosorb-WHP (100/200 mesh). Suhu oven diprogram dari 100 °C hingga 400 °C pada 5 °C/min. Suhu injector dan detektor dijaga masing-masing pada 350 °C dan 400 °C. IOLAR-2 nitrogen digunakan sebagai gas pembawa dengan laju alir 30 ml/min. Puncak gliserid diidentifikasi dan dikalibrasi dengan pustaka standar. Data merupakan hasil rata-rata dari tiga kali pengukuran.

b. Rancangan Box-Behnken

Berdasarkan pada satu faktor percobaan pendahuluan, variabel rasio mol substrat, lama reaksi, dan suhu reaksi diidentifikasi untuk memiliki pengaruh yang kuat pada respon. Dengan demikian, faktor-faktor itu yang dipilih sebagai variabel yang diuji dalam 17 run mengikuti desain percobaan Box-Behnken. Tabel 1 menggambarkan matriks rancangan percobaan Box-Behnken dari 17 kali percobaan. Seperti yang terlihat pada Tabel 1, tiga faktor dipilih untuk kajian ini ditandai sebagai X_1 , X_2 , dan X_3 dan ditetapkan kedalam tiga level, diberi kode +1, 0, -1 masing-masing untuk nilai tinggi, intermediat, dan rendah. Tiga variabel tes diberi kode berdasarkan persamaan berikut.

$$x_i = ((X_i - X_0)/\Delta X) \quad i = 1, 2, 3$$

Dengan x_i adalah nilai dari satu variabel bebas; X_i adalah nilai actual dari satu variabel bebas pada titik tengah; dan ΔX merupakan nilai langkah perubahan dari satu variabel bebas. Semua percobaan dilakukan dalam tiga pengulangan, dan fraksi asam lemak diambil sebagai respons. Untuk memprediksi titik optimal, suatu model polynomial order dua dipilih untuk mengkorelasikan hubungan antara variabel independen dan respons. Persamaan untuk tiga faktor dinyatakan sebagai berikut.

$$Y = \alpha_0 + \alpha_1 x_1 + \alpha_2 x_2 + \alpha_3 x_3 + \alpha_{12} x_1 x_2 + \alpha_{13} x_1 x_3 + \alpha_{23} x_2 x_3$$

Dengan Y merupakan respons yang diprediksi; α_0 model konstan; x_1 , x_2 , dan x_3 adalah variabel independen; α_1 , α_2 , dan α_3 adalah koefisien linear; α_{12} , α_{13} , dan α_{23} adalah koefisien lintas-produk; dan α_{11} , α_{22} , dan α_{33} adalah koefisien kuadrat. Kualitas fit dari model persamaan polinomial diungkapkan oleh koefisien determinasi R^2 .

c. Analisis Data Statistik

Analisis regresi dan varian dilakukan menggunakan prosedur RSREG dari *Statistical Analysis System* (SAS) (Version 7.03, SAS Institute Inc., Cary, NC, USA). Kedua analisis kanonik dan ridge dilakukan juga.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Uji aktifitas enzim

Hasil uji aktifitas enzim lipase spesifik 1,3 *Rhizomucor miehei* terimobilisasi setelah dilakukan pengukuran adalah sebesar 1.45 U/ml. Dengan memperhitungkan tingkat aktifitas dan kemudahan saat pemisahan katalis enzim dari proses, maka untuk esterifikasi gliserol dan asam laurat digunakan enzim lipase sp-

Tabel 1. Level dan kode variabel-variabel yang dipilih untuk rancangan Box-Behnken

Variabel	Simbol		Coded levels		
	Uncoded	Coded	-1	0	+1
Rasio mol substrat	X_1	x_1	3	6	9
Waktu reaksi esterifikasi (jam)	X_2	x_2	6	15	24
Suhu reaksi (°C)	X_3	x_3	50	55	60

esifik 1,3 *Rhizomucor miehei* terimobilisasi.

Pengaruh parameter proses pada esterifikasi enzimatik asam laurat dan gliserol

Pengaruh parameter-parameter pada esterifikasi enzimatik asam lemak rantai sedang dengan gliserol diperlihatkan pada Tabel 2. Pengaruh parameter itu teramati bahwa percobaan 16 menghasilkan konversi asam lemak tertinggi yakni sebesar 0.56. Sementara nilai konversi asam lemak terendah dihasilkan dari percobaan 14 yakni hanya 0.24. Terlihat bahwa pada rasio mol 6:1, dan waktu reaksi selama 6 jam telah dapat memberikan hasil konversi asam lemak tertinggi bila dilakukan pada suhu maksimum 60 °C. Pada suhu reaksi 60 °C, bertambahnya waktu reaksi dan rasio mol substrat tidak menyebabkan kenaikan konversi asam lemak. Rendahnya konversi asam lemak berkorelasi dengan rendahnya triglisierid yang terbentuk.

Analisis statistik

Suatu rancangan Box-Behnken untuk 17 percobaan dengan tiga faktor dan tiga level, termasuk lima kali pengulangan pada titik pusat, digunakan untuk respon muka order dua yang sesuai. Lima titik pusat (percobaan 1, 4, 7, 9, dan 11) ditambah-

kan untuk menghasilkan suatu pengukuran kestabilan proses dan variabilitas yang melekat. Variasi yang cukup besar dalam konversi asam lemak yang dihasilkan dari esterifikasi asam lemak dan gliserol dibawah kondisi proses yang berbeda diperlihatkan pada Tabel 3. Konversi asam lemak yang diprediksi oleh model kuadratik dan nilai yang teramati diperlihatkan juga. Nilai prediksi konversi asam lemak yang diperoleh dari model dan data eksperimen sangat sesuai, dengan perbedaan nilai yang kecil.

Selanjutnya, kemampuan model diperiksa menggunakan F-test dan koefisien determinasi R². Fokus pada model dengan memaksimalkan "Adjusted R-Squared" dan "Predikted R-Squared". Nilai F model sebesar 5.2 menyiratkan bahwa model Box-Behnken yang diusulkan signifikan. Sementara itu nilai "Prob > F" kurang dari 0.05 menunjukkan bahwa hal model adalah signifikan. Model polinomial untuk konversi asam lemak (Y) diregresi dengan hanya mempertimbangkan persyaratan signifikan dan ditampilkan dalam persamaan sebagai berikut.

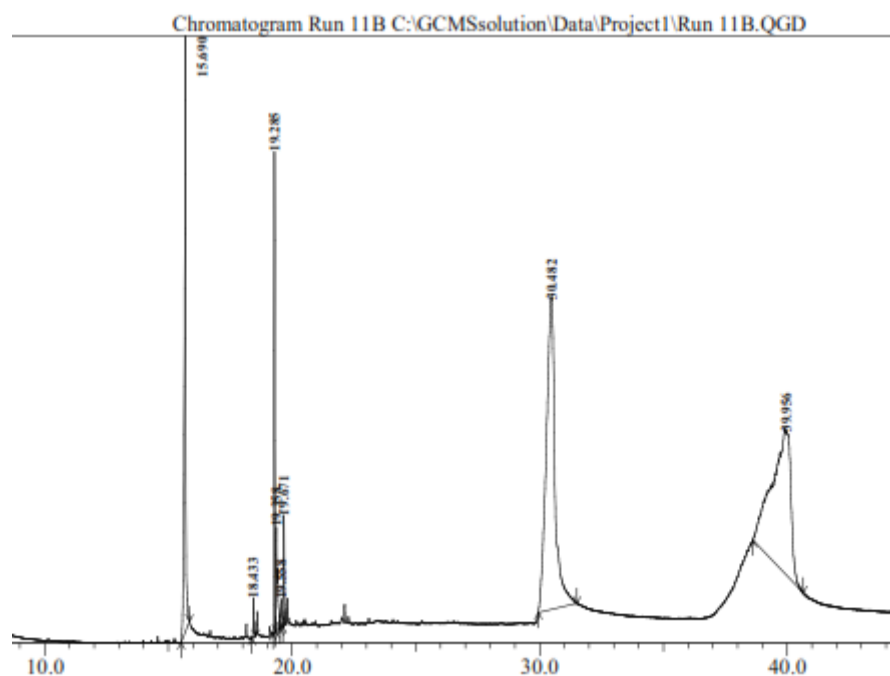
$$Y=0.41 - 0.077x_1 + 0.00375x_2 + 0.014x_3 - 0.018 x_1x_2 + 0.017x_1x_3 - 0.14x_2x_3$$

Tabel 2. Pengaruh parameter-parameter yang berbeda pada esterifikasi enzimatik

Run	Rasio Mol Substrat	Waktu Reaksi (Jam)	Suhu Reaksi (Celcius)	Konversi asam lemak (XA)
1	6	15	55	0.41
2	9	6	55	0.25
3	6	24	50	0.51
4	6	15	55	0.41
5	3	15	50	0.47
6	6	24	60	0.25
7	6	15	55	0.41
8	3	6	55	0.45
9	6	15	55	0.41
10	3	15	60	0.48
11	6	15	55	0.41
12	6	6	50	0.28
13	9	15	60	0.47
14	9	24	55	0.24
15	9	15	50	0.39
16	6	6	60	0.56
17	3	24	55	0.51

Tabel 3. Rancangan Box-Behnken dengan nilai eksperimen dan prediksi dari konversi asam lemak

Run	X1	X2	X3	Conversion of fatty acid (XA)		
				Predicted	Experimental	Difference
1	0	0	0	0.410	0.41	0.000
2	1	-1	0	0.347	0.25	-0.097
3	0	1	-1	0.540	0.51	-0.030
4	0	0	0	0.410	0.41	0.000
5	-1	0	-1	0.490	0.47	-0.020
6	0	1	1	0.288	0.25	-0.038
7	0	0	0	0.410	0.41	0.000
8	-1	-1	0	0.465	0.45	-0.015
9	0	0	0	0.410	0.41	0.000
10	-1	0	1	0.484	0.48	-0.004
11	0	0	0	0.410	0.41	0.000
12	0	-1	-1	0.252	0.28	0.028
13	1	0	1	0.364	0.47	0.106
14	1	1	0	0.319	0.24	-0.079
15	1	0	-1	0.302	0.39	0.088
16	0	-1	1	0.560	0.56	0.000
17	-1	1	0	0.509	0.51	0.001



Gambar 1. Spektra GC-MS pada Produk MCT (Run 16 - R.time on 40 minutes)

Hasil kromatografi gas

Hasil reaksi esterifikasi enzimatis gliserol dan asam laurat dianalisis menggunakan alat Pirolisis Kromatografi Gas Spektrometri Massa (Py-GC/MS). Gambar 1 menunjukkan hasil analisis produk MCT menggunakan Pirolisis Kromatografi Gas Spektrometri Massa (Py-GC/MS) yang mengandung 8.83% trilaurat, 39.66% dilaurat, 2.2% monolaurat, dan 11.91% asam laurat. Berdasarkan kromatogram GC/MS ini maka selektifitas produk MCT (Trilaurat) adalah sebesar 48.81% dan konversi asam laurat 88.19%. Adapun komposisi produk MCT yang dihasilkan dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Komposisi produk MCT dari reaksi enzimatis gliserol dan asam laurat

Waktu, menit	Konsentrasi, %	Nama
15.69	11.91	Asam Laurat
18.43	0.41	Asam palmitat
19.28	5.04	Metil oleat
19.35	2.2	Mono-laurat
19.56	0.56	Asam oleat
30.49	39.66	Di-laurat
39.95	38.83	Tri-laurat

Hasil ini membuktikan bahwa enzim lipase spesifik 1,3 *Rhizomucor miehei* terimobilisasi memiliki aktifitas yang tinggi pada pembentukan MCT (trilaurat). Sementara itu percobaan yang dilakukan oleh Wibowo *et al.* (2010) yang menggunakan organomontmorillonite sebagai katalis reaksi esterifikasi gliserol dan asam laurat, kondisi optimum dicapai pada suhu reaksi 130 °C, waktu reaksi 8 jam dengan konversi asam laurat 80% dan komponen monolaurat sebesar 73%. Berdasarkan perbandingan dua percobaan tersebut terlihat bahwa katalis lipase spesifik 1,3 *Rhizomucor miehei* terimobilisasi memiliki efektifitas yang tinggi pada pembentukan trilaurat.

SIMPULAN

Kondisi proses optimum pada pembua-tan MCT dicapai dengan perbandingan rasio mol substrat 1:6, temperatur reaksi 60 °C, dan waktu proses esterifikasi enzimatis 6 jam dengan selektifitas MCT (Trilaurat) sebesar 48.81% dan konversi asam laurat sebesar 88.19%. Kon-

versi produk MCT terendah diperoleh pada kondisi operasi selama 24 jam, temperatur reaksi 55 °C dan perbandingan rasio mol substrat 1:9 dengan konversi produk sebesar 0.24.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim. 2014. Palm Kernel Oil Production 2013. Dilihat 5 Mei 2014. <<http://www.indexmundi.com>>
- Anonim. 2014. The Price of Palm Kernel Oil in April 2014. Dilihat 5 Mei 2014. <<http://www.mpob.gov.my>>
- Anonim. 2014. The Price of Coconut Oil in April 2014. Dilihat 5 Mei 2014. <<http://www.bappebti.go.id>>
- Hartman, L, Regina C, A, L, Azeredo, L, C, Azeredo, M, A, A. 1987. Determination of Hydroxyl Value in Fats and Oils Using an Acid Catalyst. *Analyst.* (112):145-147
- Heydinger, JA. 1999. Physical Properties of Medium-Chain Triglyceride and Application in Food. Dalam Neil Widlak (ed.). *Physical Properties of Fats, Oils, Emulsifier.* AOCS Press, United State of America
- Kasai, M, Nosaka, N, Maki, H, Negishi, S, Aoyama, T, Nakamura, M, Suzuki, Y, Tsuji, H, Uto, H, Okazaki, M, and Kondo, K. 2003. Effect of Dietary Medium- and Long-Chain Triacylglycerols (MLCT) on Accumulation of Body Fat in Healthy Humans. *Asia Pac J Clin Nutr.* 12(2):151-160
- Nandi, S, Gangopadhyay, S, Ghosh, S. 2005. Production of Medium Chain Glycerides From Coconut and Palm Kernel Fatty Acid Distillates by Lipase-Catalyzed Reactions. *Journal of Enzyme and Microbial Technology.* 36(5-6):725-728
- Traul, K, A, Driedger, A, Ingle, D, L, Nakhasi, D. 2000. Review of The Toxicologic Properties of Medium-Chain Triglyceride. *Food Chem. Toxicol.* 38(1):79-98
- Wahyu, B, S, Norulaini, N, Yunus, M, A, C, Kadir, M, O, A. 2007. Medium-Chain Triglycerides Rich Oil Extraction Using Supercritical Carbon Dioxide. *Proceeding of ICCS 2007,* UGM, Yogyakarta, pp. 1-7
- Wibowo, T, Y, Abdullah, A, Z, and Zakaria, R. 2010. Organo-Montmorillonites as Catalysts for Selective Synthesis of Glycerol Monolaurate. *Applied Clay*

Science. 50(2):280-281

Xue C, Liu, Y, Wang, J, Zhang, R, Zhang, Y, Zhang, J, Zhang, Y, Zheng, Z, Yu, X, Jing, H, Nosaka, N, Arai, C, Kasai, M, Aoyama, T, and Wu, J. 2009. Consumption of Medium and Long-Chain Triacylglycerols Decreases Body Fat and Blood Triglyceride in Chinese Hypertriglyceridemic Subjects. *European Journal of Clinical Nutrition*. 63(7):879-886