

PEMBUATAN DAN KARAKTERISASI MINYAK GORENG RENDAH KALORI XILITOL POLIESTER

(PRODUCTION AND CHARACTERIZATION OF XILITOL POLIESTER AS LOW CALORY FRYING OIL)

Suhardi¹, Tranggono¹, Supranto¹, Sri Hastuti²

ABSTRACT

Xilitol poliester was produced by esterification involving xilitol and fatty acid metil ester (FAME) from DALMS (destilate fatty acid from palm oil). The reaction was affected by : reaction time, temperature and reactant molar ratio. Optimum condition based on response surface methodology (RSM) analysis was as follows : reaction time 6,78 h, reaction temperature 144,5°C, substrate molar ratio 10,3:1 and conversion of xilitol poliester 86,4%.

Xilitol poliester produced was composed of short chain fatty acid. The physical properties of xilitol poliester (smoke point, melting point, refractive index, specific gravity and viscosity) were little bit lower than those of palm oil. Analysis of hydrophilic lipophilic balance showed that xilitol poliester may be used as emulsifier. Hydrolitic activity of pancreatic lipase to xilitol poliester lower than that of palm oil. Perokside value of xilitol poliester was lower than that of palm oil.

Key words : DALMS, response surface methodology, xilitol poliester was oil low calory

PENDAHULUAN

Minyak dan lemak memberikan cita rasa enak pada bahan makanan karena banyak komponen senyawa cita rasa merupakan derivat dari minyak. Namun di lain pihak konsumsi minyak/lemak yang tinggi dapat mengakibatkan masalah nutrisi yang antara lain kolesterol darah tinggi, trigliserida darah tinggi, penyakit jantung koroner, atherosklerosis, kegemukan karena kelebihan kalori. Untuk mengatasi masalah tersebut perlu dilakukan penelitian tentang produk pengganti lemak yang mempunyai sifat-sifat fungsional seperti lemak/ minyak, namun berkalori rendah.

Pengganti lemak yang sudah dikenal adalah olestra yang disintesis melalui reaksi esterifikasi antara asam lemak dengan gugus hidroksil dari sukrosa dengan bantuan katalis dan menghasilkan produk yang tersusun dari satu molekul sukrosa dengan 4-8 asam lemak terikat pada gugus hidroksilnya. Destilat asam lemak minyak sawit (DALMS) yang merupakan hasil samping pemurnian fisis minyak sawit, dapat digunakan sebagai sumber asam lemak dan xilitol yang mungkin juga dapat diproduksi dari xilan (komponen kayu) limbah padat pabrik minyak sawit, sebagai sumber gula alkohol.

DALMS kaya asam palmitat, asam oleat, dan asam linoleat. Selain itu juga memiliki nilai ekonomis yang tinggi, dapat digunakan sebagai bahan industri kosmetika, farmasi dan industri pangan. Adapun xilitol adalah bentuk alkohol pentahidrat dari xilosa dengan rumus kimia $CH_2OH(CHOH)_3CH_2O$ (Sudarmadji, 1982). Xilitol yang digunakan mudah teresterifikasi oleh EMAL (ester metil asam lemak), karena bentuk strukturnya lebih sederhana dari pada sukrosa.

Metode respon permukaan (RSM) adalah suatu teknik matematika dan statistik untuk menganalisis problem - problem dengan sebuah respon yang dipengaruhi oleh beberapa variabel dan tujuannya adalah untuk mengoptimasi respon (Montgomery, 1991). Diniz dan Martin (1996) juga menyatakan bahwa RSM dapat digunakan untuk mempelajari hubungan antara satu atau lebih respon (*dependent variables*) dan sejumlah faktor (*independent variables*).

Tujuan penelitian ini adalah optimasi pembuatan dan karakterisasi minyak goreng xilitol poliester dari DALMS.

METODA PENELITIAN

Penentuan kondisi optimum dan karakterisasi xilitol poliester ini dapat digambarkan pada skema di bawah ini:

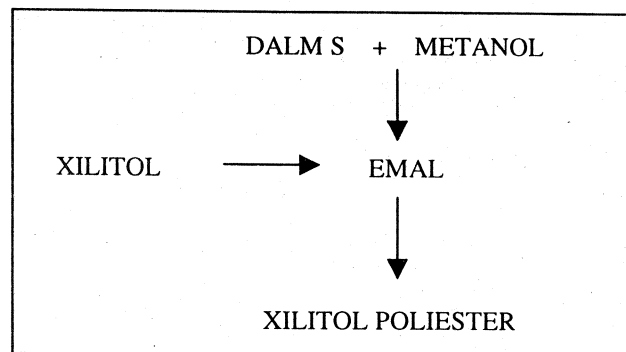


Figure 1. Diagram sintesis of xilitol poliester from DALMS

Pembuatan xilitol poliester dilakukan dengan 15 kombinasi waktu reaksi, suhu reaksi dan perbandingan molar EMAL dan xilitol. Rancangan percobaan sesuai dengan Desain Box dan Behnken (1960) untuk tiga variabel, yang digunakan untuk analisa data percobaan

¹ Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Gadjah Mada Yogyakarta

² Alumni Pasca Sarjana Program Studi Ilmu dan Teknologi Pangan UGM

metode respon permukaan (RSM).

Pembuatan xilitol poliester menggunakan prosedur Shieh *et al.*, (1996). KOH sebanyak 2,5 % dilarutkan dalam metanol sebanyak 40 % (terhadap berat EMAL + gula alkohol) dicampur dengan EMAL sejumlah tertentu sesuai rencana percobaan, dalam labu berleher tiga, diaduk selama 30 menit pada suhu ruang. Xilitol ditambahkan dan dipanaskan sampai 85°C selama 15 menit pada tekanan atmosfer untuk membentuk sabun. Rasio EMAL / gula alkohol adalah 8:1, 10:1, 12:1. Sisa metanol dihilangkan dengan penghampaan terputus-putus sampai buih hilang. Pemanasan dilanjutkan dengan suhu eksperimen (130,140, 150°C). Setelah dua jam, kalium karbonat 0,5%(berat EMAL+gula alcohol) ditambahkan untuk mengkatalisis reaksi gula alkohol poliester agar terjadi transesterifikasi dan pemanasan dilanjutkan sampai waktu eksperimen (0, 3. 5. 7. 9. 11 jam). Pada akhir percobaan hasil reaksi didinginkan sampai 80°C dan dinetralkan dengan asam asetat (2-3 ml) dan siap untuk dimurnikan.

Produk kasar hasil reaksi dicuci 3 kali dengan 40 ml aquades (70 °C) dan etanol 95% pada suhu 80 °C pada masing-masing eksperimen suhu, lama waktu reaksi dan ratio EMAL / gula alkohol. Kemudian disentrifuse pada 3000 rpm selama sepuluh menit. Poliester dilarutkan dalam heksan, digojok dan dipucatkan dengan karbon aktif (30% b/b) dua kali.. Partikel karbon aktif dipisahkan dengan penyaringan dan sisa heksan diuapkan.

Tahap berikutnya dilaksanakan pemurnian dengan kolom silika gel. Sampel sebanyak 50 gram dimasukkan ke dalam kolom silika gel (4,5cm i.d. x 42cm) yang berisi 320 gram silika gel G 60 (ukuran partikel 0,063-0,200mm atau 70-230 mesh) yang telah ditambahkan H₂O 5%. Kemudian dilakukan elusi pertama dengan petroleum ether : ethil ether = 95:5 v/v, sedangkan elusi ke dua dengan petroleum ether : ethil ether =50:50 v/v. kemudian hasil elusi didestilasi (Rios *et al.*, 1994).

Konfirmasi xilitol poliester menggunakan TLC (*thin layer chromatografi*) menurut metode Akoh dan Swanson (1987), sedangkan analisis GC (*gas chromatografi*) menurut Christopherson dan Glass (1969) yang disitasi Adnan (1997). Penentuan angka hidrosil dengan metoda AOAC 965.32 (AOAC, 1995).

Xilitol poliester yang dianalisa : titik asap , titik leleh (Sudarmadji, 1989), indeks bias menggunakan refraktometer Abbe, gravitas spesifik (Apriyantono, 1989), viskositas menggunakan viskosimeter Brokfield model RV, hidrolisa lipase (Marseno *et al.*, 1998) dan penentuan bilangan peroksida menurut cara Hills dan Thief (1949) yang dimodifikasi oleh Adnan (1980).

Percobaan didesain dengan 3 faktor dan 3 level dengan 3 ulangan pada titik pusat sesuai dengan desain yang dibuat oleh Box-Behnken (1960) untuk 3 variabel. Reaksi diasumsikan dipengaruhi oleh 3 variabel yaitu waktu (x_1), suhu (x_2) dan rasio molar (x_3) dengan 3 level setiap variabelnya. Data percobaan dianalisis dengan menggunakan metode respon permukaan (RSM).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil percobaan optimasi pembuatan xilitol poliester dari DALMS disajikan pada Tabel 1.

Kondisi optimum dari berbagai faktor yang meliputi suhu, waktu dan konsentrasi molar ditentukan dengan menggunakan metode respon permukaan, sehingga diperoleh kondisi reaksi yang ekonomis namun konversi yang diperoleh cukup besar. Desain Box & Behnken (1960) yang diterapkan dalam percobaan ini tertera pada Tabel 1 dan dilakukan secara random. Menurut Floros dan Chinnan (1987), karena hubungan antara x_1 , x_2 dan x_3 terhadap konversi, Y tidak diketahui dan sangat kompleks (tidak sederhana), maka hubungan antara faktor dan konversi (sebagai respon) diasumsikan merupakan persamaan polinomial orde dua. Setelah dilakukan prosedur *Non Linear Estimation* terhadap data hasil percobaan (Tabel 1), maka diperoleh model persamaan orde dua sebagai berikut :

$$Y = 82,86 - 7,29x_1 + 13,65x_2 + 0,53x_3 - 30,62x_1^2 - 15,60x_2^2 - 8,02x_3^2 + 0,80x_1x_2 + 0,96x_1x_3 + 4,47 x_2x_3$$

Model persamaan ini mempunyai syarat cukup untuk daerah penerimaan 10% dengan harga $R^2 = 0,96$.

Table 1. Coded levels for Independent Variabels Used in Developing Experimental Data : (Variables : time, temperature, mole ratio of FAME to xilitol)

No sampel	Reaction time = X_1 (h) (code)	temperature = X_2 (°C) (code)	Mole ratio of FAME to xilitol= X_3 Mole (code)	Conversion FAME to ester (%)
1	5 (-1)	130 (-1)	10:1 (0)	38,34
2	5 (-1)	150 (1)	10:1 (0)	58,34
3	9 (1)	130 (-1)	10:1 (0)	13,34
4	9 (1)	150 (1)	10:1 (0)	36,55
5	5 (-1)	140 (0)	8:1 (-1)	44,23
6	5 (-1)	140 (0)	12:1 (1)	50,00
7	9 (1)	140 (0)	8:1 (-1)	36,54
8	9 (1)	140 (0)	12:1 (1)	46,15
9	7 (0)	130 (0)	8:1 (-1)	50,00
10	7 (0)	130 (-1)	12:1 (1)	35,48
11	7 (0)	150 (-1)	8:1 (-1)	74,07
12	7 (0)	150 (1)	12:1 (1)	77,42
13	7 (0)	140 (0)	10:1 (0)	92,31
14	7 (0)	140 (0)	10:1 (0)	75,93
15	7 (0)	140 (0)	10:1 (0)	80,35

Keterangan : code : diberikan pada masing-masing variabel percobaan, tanda (0) : prediksi optimum, tanda (-) dibawah optimum, dan tanda (+) kondisi diatas optimum.

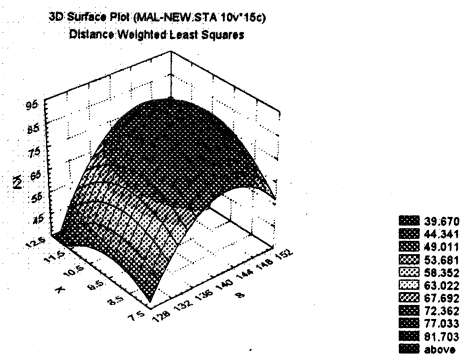
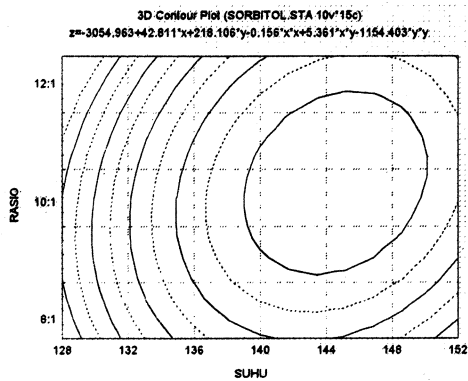
Kondisi optimum ditentukan dengan analisis seperti yang digambarkan oleh SAS- (SAS Institute, Inc., 1990). Hasil analisis menunjukkan bahwa titik stasioner (kondisi optimum) dari prediksi persamaan di atas adalah waktu reaksi 6,78 jam, suhu reaksi 144,57°C dan konsentrasi molar 10,3:1 dengan konversi sebesar 86.4%. Hasil plot kontour data eksperimen dapat dilihat pada Gambar 2 (pada kondisi waktu reaksi optimum, suhu reaksi optimum dan konsentrasi molar substrat optimum). Titik optimum dapat dilihat pada puncak yang diberi tanda x. Sifat titik stasioner tersebut dapat ditentukan dengan membentuk persamaan kanonis sebagai berikut :

$$Y = 86,4239 - 30,6352W_1^2 - 16,2083W_2^2 - 7,3940W_3^2$$

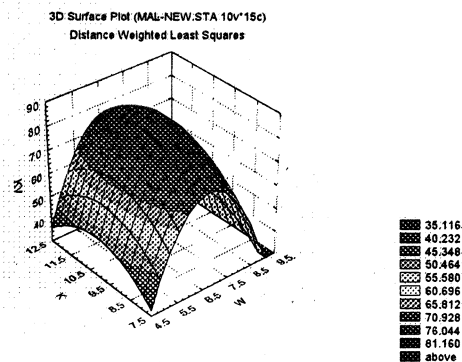
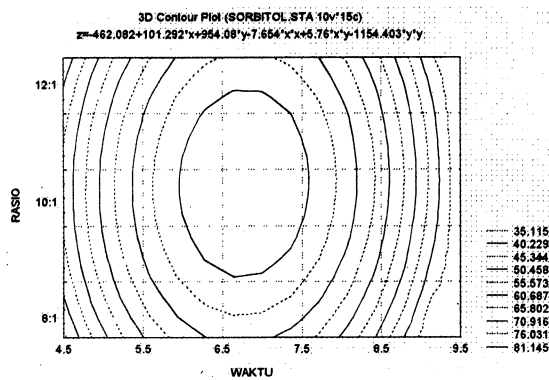
Dimana W_1 , W_2 , dan W_3 adalah variabel hasil transformasi variabel bebas dan Y adalah persen konversi. Tanda minus

pada persamaan kanonis tersebut menunjukkan bahwa titik stasioner data eksperimen merupakan bentuk maksimum.

Waktu = 6,78 Jam



Suhu = 144,57° C



Rasio molar = 10,31:1

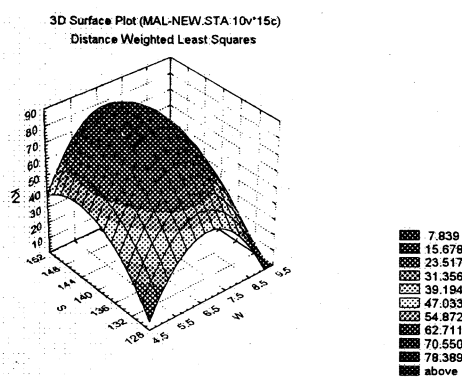
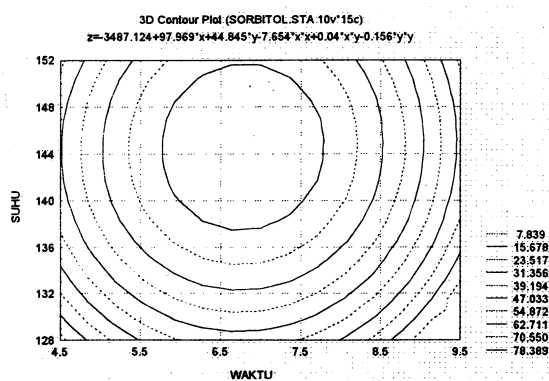


Figure 2. Response surface contours for yields of xilitol polyester as a function of reaction temperature, reaction time, mole ratio FAME to xilitol as plotted for two variables with the other two variables fixed at 0 coded levels.

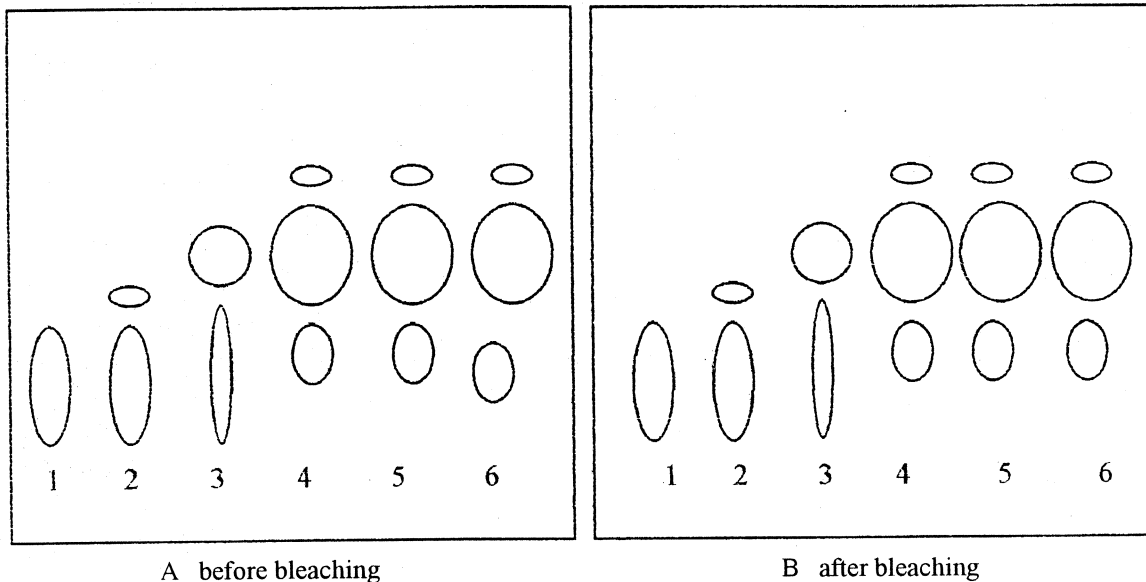


Figure 3. A typical TLC of polyol-polyester; 1. Sorbitan monopalmitat, 2. Sorbitan monooleat, 3. Sorbitan trioleat, 4. xilitol poliester, 5. Sorbitol poliester, 6. Maltitol poliester

Hasil analisa TLC (*thin layer chromatografi*) ditunjukkan pada Gambar 3 (solven PE:DE:asam asetat=75:25:1). Dari gambar tersebut, dapat diketahui bahwa xilitol poliester berada di atas standar (sorbitan monooleat, sorbitan monopalmitat, dan sorbitan trioleat), hal ini menunjukkan telah terbentuk xilitol poliester yang sifatnya lebih non polar dari standar. Sedangkan xilitol yang mempunyai sifat polar tetap berada di bawah, karena tidak ikut dalam pelarut yang sifatnya nonpolar. Dengan melihat standar sorbitan monooleat dan sorbitan monopalmitat agak ke bawah dan sorbitan trioleat berada di atasnya, sedangkan xilitol poliester ada paling atas, maka dapat diprediksi bahwa xilitol poliester tersebut pada kondisi derajat esterifikasi 4-5. Penelitian pada sukrosa poliester menunjukkan bahwa derajat esterifikasi antara 4-7.

Xilitol poliester yang terbentuk juga dapat dibuktikan dengan angka hidroksil, yaitu dengan membandingkan angka hidroksil xilitol dengan poliester yang telah terbentuk. Angka hidroksil xilitol berkisar antara 72.9 – 84 mg KOH/ gram bahan sedangkan xilitol poliester berkisar 11.22 – 22.44 mg KOH/ gram bahan. Angka hidroksil xilitol poliester yang telah terbentuk lebih kecil dari xilitol, ini sebagai bukti telah terjadi esterifikasi yaitu OH xilitol telah terikat sebagian oleh ester dari asam lemak.

Hasil kromatografi gas pada xilitol poliester menunjukkan bahwa asam lemak penyusun xilitol poliester adalah asam lemak yang mempunyai rantai lebih pendek dari pada EMAL yang merupakan bahan dasar pembuatan xilitol poliester. Penyebab terpecahnya asam lemak menjadi asam lemak rantai pendek karena adanya oksidasi sehingga oleat dan linoleat yang ada dalam ester metil asam lemak yang mempunyai ikatan rangkap rentan sekali diserang radikal, sehingga dengan adanya oksigen maka terjadi pengikatan baru interesterifikasi. Oksidasi selama

pemanasan bahan pangan yang dipengaruhi lamanya pemanasan, suhu, komposisi campuran asam lemak penyusun trigliserida dan adanya akselerator seperti senyawa hasil oksidasi (Ketaren, 1986).

Tabel 2. Characterization xylitol poliester and palm oil

Characterization	Xylitol poliester	Palm oil
Smoke point	190°C	210°C
Melting point	15-20°C	20-24°C
Refractive index	1,429 (27°C)	1,464 (27°C)
Specific gravity	0,82723	0,89270
Viscosity	16 cp	18 cp
HLB	3-6	-
Pancreatic lipase hidrolitic	28.846,1539 u/g lipase	167.735,0427 u/g lipase
Peroxide value	1,2465 meq/kg oil	3,1611 meq/kg oil

Titik asap (*smoke point*) xilitol poliester adalah 190°C sedangkan minyak sawit 210°C. Titik asap xilitol poliester sedikit lebih rendah dari minyak sawit. Ketaren (1986) menyatakan bahwa titik asap merupakan kriteria mutu yang penting dalam hubungannya dengan minyak yang digunakan untuk menggoreng. Xilitol poliester digunakan untuk menggoreng pada suhu yang sedikit lebih rendah dari pada minyak sawit.

Data titik leleh ini terutama berguna untuk lemak hewani dan lemak olahan, sedangkan untuk minyak nabati tidak terlalu berguna karena pada suhu ruang biasanya berbentuk cair. Xilitol poliester merupakan produk olahan yang perlu diketahui titik lelehnya dan perlu dibandingkan dengan minyak sawit untuk mengetahui karakternya. Titik leleh xilitol poliester juga lebih rendah dari minyak sawit yaitu xilitol poliester berkisar 15 – 20°C, minyak sawit 20 – 24°C. Sudarmaji *dkk.*, (1989) menyatakan bahwa rantai atom C dan derajat ketidakjenuhan minyak dapat

ditentukan titik leleh. Semakin tinggi titik leleh, rantai atom C semakin panjang dan semakin rendah titik leleh, derajat ketidakjenuhan semakin tinggi.

Indeks bias suhu 27°C pada xilitol poliester rata-rata 1,429 sedangkan pada minyak sawit 1,464. Apabila dilihat indeks bias tersebut xilitol mempunyai indeks bias yang sedikit lebih kecil / hampir sama dengan minyak sawit. Gardjito & Supriyanto (1982) menyatakan bahwa indeks bias dipengaruhi oleh struktur dan komposisi asam lemak serta gliserida, juga ada kaitannya dengan tingkat ketidakjenuhan asam lemak penyusunnya. Indeks bias makin besar, makin panjang rantai hidrokarbon dan makin banyak ikatan rangkap. Ketaren (1986) menambahkan bahwa indeks bias asam lemak akan bertambah dengan meningkatnya bobot molekul.

Gravity spesifik / berat jenis / densitas digunakan untuk memperkirakan proporsi dari fraksi padat dan fraksi cair terhadap lemak komersial pada suhu tertentu. Gravitasi spesifik xilitol poliester rata-rata adalah 0,8272 dan minyak sawit 0,8927. Xilitol poliester mempunyai nilai gravitasi spesifik yang sedikit lebih kecil dari minyak sawit, jadi untuk sifat ini xilitol poliester mempunyai sifat yang agak mirip dengan minyak sawit.

Xilitol poliester mempunyai nilai viskositas 16 cp dan minyak sawit 18 cp, sedangkan air sebagai pembanding adalah 15 cp. Viskositas dapat diartikan sebagai suatu ukuran terhadap kecepatan aliran. Viskositas menggambarkan tingkat kekentalan minyak/ketidakmampuan untuk mengalir. Tingkat kekentalan berkurang viskositasnya semakin kecil. Hal ini menunjukkan bahwa xilitol poliester lebih kental dari air, tetapi lebih encer dari minyak sawit.

Nilai HLB digunakan untuk mengetahui kemampuan xilitol poliester sebagai pengemulsi. Hasil titrasi air untuk analisa HLB adalah 1,88 ml. Berdasarkan grafik Gupta (1983), setelah hasil titrasi diinterpolasikan, maka HLB berkisar antara 3-6 adalah nilai rendah (*low value*) yang menunjukkan dapat sebagai pengemulsi air dalam minyak dan dapat digunakan sebagai pengemulsi di dalam butter, margarin, karamel, coklat.

Daya cerna xilitol poliester diketahui dengan uji aktivitas lipase bebas (Marseno, 1998). Daya cerna xilitol poliester oleh lipase pankreatik sebesar 28.846 u/gram lipase, sedangkan minyak sawit sekitar 167.735 u/gram lipase. Aktivitas lipase pada xilitol poliester lebih kecil (kurang lebih 1/5) dari minyak sawit. Hal ini membuktikan xilitol poliester lebih sulit dihidrolisa enzim lipase, sehingga tidak dapat diabsorpsi oleh saluran pencernaan (non kalori). Menurut Giese (1986) struktur asam lemak olestra yang menyebabkan olestra tidak bisa dicerna dan non kalori. Pada lemak normal terdiri dari satu molekul gliserol berpasangan dengan tiga molekul asam lemak, sedangkan olestra molekul gliserol digantikan oleh xilitol dan masing-masing mempunyai 4-5 asam lemak terpasang. Dengan banyaknya asam lemak ini enzim pencernaan tidak dapat memecah pusat xilitol poliester.

Tingkat kerusakan pada minyak dapat diketahui dengan bilangan peroksida. Sudarmaji dkk.(1989) melaporkan bahwa kerusakan lemak atau minyak yang utama adalah karena peristiwa oksidasi dan hidrolitik, baik enzimatis maupun non enzimatis. Diantara kerusakan

minyak yang mungkin terjadi ternyata kerusakan karena autooksidasi yang paling besar pengaruhnya terhadap cita rasa. Hasil yang diakibatkan oksidasi lemak antara lain peroksida, asam lemak, aldehid dan keton. Bau tengik dan ransid terutama disebabkan oleh aldehid dan keton. Setelah dilaksanakan analisa bilangan peroksida, xilitol mempunyai bilangan peroksida rata-rata yang lebih kecil dari minyak sawit. Bilangan peroksida xilitol poliester 1,2465 meq O₂/kg sedang minyak sawit 3,1611 meq/kg. Bilangan peroksida xilitol poliester lebih kecil dari minyak sawit. Standart Codex (1986) menyatakan bahwa bilangan peroksida pada berbagai minyak rata-rata maksimum adalah 10 meq / kg minyak. Bilangan peroksida pada xilitol poliester jauh lebih kecil dari nilai tersebut, berarti tingkat kerusakan jauh lebih kecil dari rata-rata berbagai minyak. Ketaren (1986) juga melaporkan bahwa peroksida juga dapat mempercepat proses timbulnya bau tengik dan flavor yang tidak dikehendaki dalam bahan pangan. Jika jumlah peroksida pangan lebih besar dari 100 akan bersifat sangat beracun dan tidak dapat dimakan, disamping bahan pangan tersebut mempunyai bau yang tidak enak.

KESIMPULAN

1. Gugus hidroksil xilitol dapat diesterifikasi sebagian oleh asam lemak dari DALMS (destilat asam lemak minyak sawit), sehingga dapat terbentuk xilitol poliester sebagai pengganti lemak.
2. Kondisi optimum pembuatan xilitol poliester dicapai pada waktu reaksi 6,78 jam, suhu reaksi 144,57°C dan rasio molar EMAL : xilitol = 10,3 : 1. Kondisi optimum ini menghasilkan konversi fame menjadi poliester sebesar 86,4%.
3. Xilitol poliester mempunyai sifat-sifat fisik hampir sama dengan minyak sawit, namun sebagai produk pengganti lemak mempunyai keunggulan yaitu lebih tahan terhadap enzim lipase, sehingga rendah kalori. Xilitol poliester mempunyai bilangan peroksida yang relatif lebih rendah dibanding minyak kelapa sawit.

DAFTAR PUSTAKA

- Adnan, M. 1980. Lipid Properties and Stability of Partially Defated Peanuts. Ph. D. Thesis, University of Illinois, Urbana Champaign.
- Adnan, M. 1997. Teknik Kromatografi untuk Analisis Bahan Makanan. Penerbit Andi, Yogyakarta
- Akoh, C.C. and B.G. Swanson, 1987. One Stage Synthesis of Raffinosa Fatty Acid Polyester. *J. of Food Science* 52, 1570.
- AOAC. 1995. Official Methodes of Analisis of the Association of Official Analysis Chemists. Sidney W. (ed.). The AOAC inc., Virginia, USA.
- Apriyantono, A., D. Fardiaz, N. Puspitasari, Sedarnawati, S. Budiyanto, 1989. Petunjuk Laboratorium Analisis Pangan. PAU Pangan dan Gizi-IPB.
- Box, G.E.P., and D.W. Behnken, 1960. Some New Three Level Design for The Study of Quantitative Variables. *Technometrics* 2 (4) : 455-475
- Diniz, F. M. and A. M. Martin, 1996. Use of Response Surface Methodology to Describe the Combined

- Effects of pH, temperature and E/S Ratio on the Hydrolysis of Dogfish Muscle. *J of Food Sci. and Tech.*, 31:419-426.
- Giese, J., 1996. Olestra: Properties, Regulatory Concerns and Applications. *Food Tech.* (3) Hal : 130 – 131.
- Gardjito, M. dan Supriyanto, 1987. Teknologi Pengolahan Minyak. PAU pangan dan Gizi, UGM Yogyakarta.
- Gupta, R. K., K. James and F. J. Smith. 1983. Sucrose Ester and Sucrose Ester Glycerida Blends as Emulsifiers. *J Am. Oil Chem. Soc.* 60 (4): 862-869.
- Floros, J.D., and M.S. Chinan, 1987. Optimization of Pimiento Pepper Lye Peeling Process Using Respons Surface Methodology. *Transaction of the ASAE*, 30:560-565
- Ketaren, S., 1986, Pengantar Teknologi Minyak dan Lemak Pangan,
- Marseno, D. W., R. Indrati, & Y. Ohta, 1998. A Simplified Method for Determination of Free Fatty Acids for Soluble and Immobilized Lipase Assay. *J Indonesian Food and Nutrition Progress.* 5 (2) : 79-83.
- Montgomery, D.C., 1991. Design and Analysis of Experiments. 3rd ed. John Wiley & Sons, Singapore.
- Rioss, J.J., M. C. P. Camino, G. M. Ruiz and M. C. Dobarganes, 1994. Isolation and Characterization of Sucrose Polyester. *J Am. Oil. Chem. Soc.* 71 (4).
- Shieh, C.J., C.C. Akoh, and E.K. Philip, 1996. Optimizaition of Sucrose Polyester Synthesis Using Respons Surface Methodology. *J. Food Sci.* 61 (1) : 97 – 100.
- Sudarmadji, S., B. Haryono, dan Suhardi. 1989. Analisa Bahan Makanan dan Pertanian. Ed. 1. Liberty. Yogyakarta.
- Sudarmadji, S. 1982. Bahan-Bahan Pemanis. Ed.1, Agritech, Yogyakarta
- SAS Institute, Inc., 1990, SAS User's Guide. SAS Institute, Inci, Cary, NC.