

PENGUNAAN GETAH PAPAYA DALAM SINTESIS ESTER XILITOL ASAM LEMAK (EXAL)

[The Use of Papaya Exudates for Fatty Acid Xylitol Synthesis]

Suhardi

Staf Pengajar FATETA-UGM, Jl. Sosio Yustisia Bulaksumur Yogyakarta 55281

Diterima 23 September 2002 / Disetujui 10 November 2003

ABSTRACT

Fatty acid xylitol-ester (FAXILE) are xylitol esters of fatty acids with one to five DE (degree of esterification) value. FAXILE with DE value of 3 or higher can be used as low calorie fat replacer since they have low digestive property; while the xylitol ester with DE of less than 3 can be used as emulsifier. The FAXILE synthesis experiments were carried out by esterification of xylitol with palm oil's fatty acid (POFA) using papaya exudates as a lipase source. The objective of this experiment was to evaluate the potential of papaya exudates for the synthesis of FAXILE. In this first experiment, tests were carried out to determine hydrolytic activity of lipases obtained from different part of papaya plant. The tests were performed with the presence of CaO and under different pH value. The papaya exudates were used for FAXILE synthesis under an optimum condition obtained from the first experiment. Samples were drawn during incubation at 40°C for 1,2,3, and 4 days and hydroxyl number was analyzed to confirm the ester formation. The results showed that the most active exudate was from papaya leaves, followed by exudates from fruit with hydrolytic activity of 653 and 296 $\mu\text{mol/g. minutes}$, respectively. The hydrolytic activity of the fruit exudate was optimum at pH 6.0, at 45-50°C, with the addition of CaO 4% dry exudates. The FAXILE synthesis with acid of papaya exudates was optimum at pH 6.0, at 45°C with molar ratio of xylitol: fatty acids was 1 to 6,3 days incubation. At this condition the conversion rate xylitol to FAXILE was 79%.

Key words : Papaya exudates, ester of xylitol-fatty acid, FAXILE, POFA (Fatty acid xylitol ester)

PENDAHULUAN

Dewasa ini pada kelompok masyarakat menengah keatas di Indonesia terdapat kecenderungan penurunan konsumsi karbohidrat dan peningkatan konsumsi lemak dan protein. Meskipun lemak dapat memberikan cita rasa enak, namun konsumsi yang berlebihan dapat mengakibatkan masalah kesehatan seperti penyakit jantung koroner, atherosklerosis dan obesitas (kegemukan). Penyakit jantung koroner merupakan salah satu penyebab kematian tertinggi di Indonesia. Produk pengganti lemak (*fat replacer*) dengan sifat-sifat fungsional seperti lemak namun berkalori rendah telah diproduksi secara komersial yaitu berupa sukrosa poliester (SPE) dengan nama perdagangan olestra (Giese, 1996).

Untuk mengurangi nilai kalori lemak dan mempertahankan sifat fungsional serta fisiknya adalah dengan mengubahnya menjadi ester asam lemak dari gula atau ester asam lemak dari gula alkohol dengan nilai absorpsi dan nilai cerna yang rendah. Sintesis konvensional dari sukrosa poliester (SPE) telah banyak dibahas oleh banyak kelompok peneliti (Feuge et al., 1970; Mattson et al., 1971; Rizzi dan Taylor, 1976, 1978; Jandacek dan Webb, 1978; Toma et al., 1988).

Indonesia merupakan penghasil minyak kelapa sawit terbesar kedua setelah Malaysia. Produksi minyak sawit Indonesia pada tahun 2002 diperkirakan mencapai 8,3 juta ton. Pada proses pemurnian minyak kelapa sawit kasar (CPO= *crude palm oil*) umumnya digunakan metoda fisik menghasilkan produk utama berupa minyak sawit murni dan hasil samping berupa distilat asam lemak sawit (DALMS). Komponen utama DALMS adalah asam-asam lemak maka dapat digunakan untuk pembuatan ester xilitol asam lemak (EXAL). Pembentukan xilitol poliester dengan bahan dasar xilitol sebagai poliolnya dan DALMS sebagai sumber asam lemaknya pernah dilakukan disertai optimasi menggunakan kinetika reaksi (Tranggono et al., 1998^a, 1998^b; Suhardi, et al., 2001^a, 2001^b, 2001^c). EXAL yang dihasilkan cara kimia ini berwarna coklat dan kurang disukai maka perlu penjernihan. Perlu dicari alternatif cara sintesis EXAL dengan menggunakan enzim lipase dari getah papaya, dan ini belum pernah dilakukan. Dalam makalah ini dilaporkan hasil penelitian sintesis ester xilitol asam lemak antara asam lemak minyak sawit dan xilitol dengan variasi lama waktu reaksi. Sintesis enzimatik ini dipilih untuk mengatasi kelemahan sintesis cara kimia yang menghasilkan EXAL yang berwarna coklat kehitaman dikarenakan penggunaan suhu tinggi. Sintesis secara enzimatik dimungkinkan mendapatkan produk EXAL yang

berwarna jernih karena menggunakan suhu yang relatif rendah. Daya cerna EXAL oleh lipase pankreatik hanya sepertiga daya cerna minyak sawit (Suhardi et al., 2000).

Akhir-akhir ini diketahui bahwa getah papaya dapat mengkatalisis untuk asam lemak rantai medium (8-10), pada posisi sn-1-3, tetapi perpindahan gugus asil sangat lebih baik pada posisi sn-3 (Caro et al., 2000). Selain itu getah papaya sangat baik untuk reaksi esterifikasi dengan asam lemak tidak jenuh dengan konfirmasi Cis-9 misalnya asam oleat dan asam alfa linoleat (Lee, et al., 2000). Gandhi et al., 2001, menyatakan bahwa reaksi esterifikasi dengan getah papaya dipengaruhi oleh struktur kimia alkohol seperti panjang rantai nomor dan konfigurasi ikatan olefinik, adanya cincin aromatis dan posisi primer, sekunder, tersier dari gugus hidroksi.

METODOLOGI

Bahan dan alat

Minyak sawit diperoleh dari pasar di Yogyakarta, sedangkan xilitol diperoleh dari PT. Sama Patria Pasific, Sidoarjo, Jawa Timur. Standar asam lemak palmitat, asam oleat dan asam linoleat dari Sigma Co. St Louis, MO, USA, sedangkan reagen yang digunakan untuk analisis yang digunakan berkualitas analitik,

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebuah reaktor yang dilengkapi dengan pemanas dan kontrol suhu, pengaduk, pendingin balik dan pompa vakum. Spektrofotometer UV-Vis, Sentrifus, Freeze drier, Shacker waterbatch.

Metode

Sumber dan preparasi lipase papaya

Daun, tangkai daun dan getah yang disadap dari buah papaya jenis Thailand yang masih muda umur kira-kira 2 bulan dari pembungaan, penyadapan dilakukan pada pagi hari sekitar jam 5-7, selanjutnya dikeringkan dengan freeze-drier pada suhu -55°C dengan tekanan 1- 0,8 m bar sampai kering, lebih kurang 48 jam, kemudian di giling halus lolos 50 mesh.

Pengujian aktivitas lipase (Marseno, et al., 1998)

Lipase yang berasal dari getah, daun, tangkai papaya jenis Thailand dan kapang *Mucor meihei* diuji aktivitasnya dengan cara spektrofometri. Yang dimaksud aktivitas hidrolitik disini adalah banyaknya asam lemak yang dibebaskan oleh lipase setiap g bahan tiap menit dari substrat minyak sawit dinyatakan dalam μmol asam lemak/g. menit.

Pembuatan kurva standar asam palmitat: Kurva standar disiapkan dengan melarutkan asam palmitat dalam

isooktan dengan berbagai konsentrasi 0,4-2 μmol . Setiap konsentrasi asam palmitat dilarutkan dalam 2 ml isooktan, selanjutnya ditambah 0,4 ml kupri asetat-piridin 5% pH 6,0, di tambahkan, dan digojok selama 90 detik dengan tangan. Kandungan asam palmitat dalam fase supernatan (fraksi isooktan) diukur dengan spektrofotometer pada 715 nm.

Penentuan aktivitas lipase : Sampel 60% (60 ml sample ditambah 40 ml isooktan) sebanyak 2 ml ditambah larutan enzim (0,001 g dalam 10 ml buffer kalium fosfat pH 7,0) sebanyak 20 μl , diinkubasikan dalam water bath shaker pada suhu 37°C selama 20 menit dan reaksi diakhiri dengan menempatkannya dalam ruang pendingin selama 10 menit. Kemudian supernatannya diambil sebanyak 200 μl , ditambah 1800 μl isookatan dan 400 μl kuprisulfat 5%-piridin, digojok dengan tangan selama 90 detik, dan disentrifus selama 200 rpm selama 2 menit, dan supernatan ditera dengan spektrofotometer pada 715 nm. Sebagai blanko adalah perlakuan tanpa penambahan enzim. Satu unit aktivitas lipase adalah banyaknya enzim yang membebaskan 1 μmol asam lemak per menit.

Perhitungan : aktivitas lipase ($\mu\text{mol/g.menit} = \frac{A \times B / C \times D / E}{F \times G}$)

A = dari kurva standar ($\mu\text{mol/ml}$)

B = pengenceran enzim (ml)

C = volume larutan enzim yang ditambahkan (μl)

D = volume campuran sampel yang direaksikan (ml)

E = jumlah supernatan yang diambil (μl)

F = berat lipase (g)

G = lama reaksi (menit)

Pembuatan asam lemak dari minyak sawit

Asam lemak dibuat dengan memanaskan 100 g minyak sawit suhu 70°C, ditambahkan 1000 g NaOH 45% (b/b), dalam reaktor, reaksi berlangsung selama satu jam. Sabun yang terbentuk kemudian ditambahkan HCl 37%, sebanyak 1000 ml sehingga terbentuk garam NaCl dan asam lemak. Selanjutnya dilakukan pemisahan menggunakan corong pisah, bagian atas berupa asam lemak padat, bagian bawah sebagai larutan NaCl. Kemudian larutan NaCl dikeluarkan dan asam lemak dicuci dengan air panas sampai semua basa dan garam terbuang.

Pembuatan ester xilitol asam lemak (EXAL)

Asam lemak ditimbang dalam erlenmeyer ditambahkan xilitol dengan perbandingan molar 6 : 1. Selanjutnya asam lemak dan xilitol dan getah papaya kering (10,15, 20% b/b) dimasukkan dalam exikator yang mempunyai Aw 0,75 dengan pengaturan menggunakan NaCl jenuh selama 24 jam. Setelah itu semua reaktan

dicampur dan diaduk dan diinkubasikan pada suhu 40°C dalam shaker waterbath dikocok 120 rpm, selama 4 hari. Setiap hari pada jam yang sama diambil sampel untuk dianalisis angka hidroksil untuk menentukan konversi xilitol yang menjadi ester xilitol asam lemak (EXAL).

Pengujian angka hidroksil (AOAC 965:32) (AOAC, 1995):

Angka hidroksil menunjukkan jumlah milligram KOH yang diekuivalen dengan kandungan hidroksil dalam 1 gram sampel xilitol yang mempunyai 5 gugus hidroksil. Jika xilitol teresterkan dengan asam lemak, maka kandungan gugus hidroksilnya akan menurun dan angka hidroksilnya semakin kecil. Oleh karenanya angka hidroksil dapat digunakan sebagai parameter proses esterifikasi yaitu makin kecil angka hidroksil menunjukkan proses esterifikasi makin baik (derajat esterifikasi/DE yang diperoleh makin tinggi). Prosedur analisis angka hidroksi sebagai berikut : sampel (0,5 g ester xilitol asam, lemak, dimasukkan kedalam erlenmeyer A (100 ml) untuk diasetilasi. Kedalam erlenmeyer B ditimbang 1 g sampel untuk penentuan keasaman. Setengah mililiter reagen C (campuran 3 volume piridin dan 1 volume asetat anhidrat) dipipet kedalam erlenmeyer yang mengandung sampel asetilasi (A), untuk sampel dengan angka hidroksi 0-20 ditambahkan lagi 0,5 ml reagen C dan 0,5 ml piridin kedalam blanko. Erlenmeyer ditutup refluks dan dipanaskan dengan penangas uap selama 1 jam. Satu mililiter aquades ditambahkan melalui kondensor dan dipanaskan lagi selama 10 menit. Selanjutnya ditambah 1,25 ml butanol dan erlenmeyer dibiarkan dingin dengan kondensor, kemudian dilepaskan dari kondensor. Ditambahkan lagi 1,25 ml butanol dan 0,1 ml pp kemudian dititrasi sampai merah jambu dengan 0,5 N KOH alkoholik. Butanol yang digunakan sebelumnya dinetralkan dengan KOH alkoholik 0,5 N sampai berwarna pink. Pada sampel untuk penentuan keasaman (B) ditambahkan 1 ml piridin digoyang sampai bercampur, kemudian ditambah 0,1 ml pp. dan dititrasi dengan 0,5 N KOH alkoholik sampai titik akhir warna pink.

Perhitungan :

$$\text{Angka hidroksil} = [B + W \times V/C - S] \times N \times 56,1/W$$

B = ml KOH (blanko) S = ml KOH (asetilasi)

V = ml KOH (keasaman) C = g sampel (keasaman)

W = g sampel (asetilasi) C = g sampel (keasaman)

Konversi xilitol menjadi EXAL dinyatakan presentase angka hidroksil akhir dikurangi angka hidroksi awal dibagi angka hidroksil awal dikalikan 100.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil pengamatan analisis aktivitas lipase dari daun, tangkai dan getah papaya, serta *Mucor meihei* disajikan pada Tabel 1, 2, dan 3, serta Gambar 1.

Sedangkan sintesis ester xilitol asam lemak (EXAL) dari asam lemak menggunakan getah papaya disajikan pada Gambar 2.

Untuk mengetahui bagian tanaman mana saja yang berpotensi sebagai sumber lipase maka dilakukan percobaan menguji aktivitas lipase dari bagian daun, tangkai dan getah serta dibandingkan dengan lipase *Mucor meihei* komersial. Pada percobaan ini dibandingkan tiap satuan berat preparat sumber lipase yang sama, diuji aktivitas hidrolitiknya pada kondisi lingkungan yang sama data percobaan seperti tercantum dalam Tabel 1.

Tabel 1. Aktivitas lipase dari berbagai sumber

No.	Sumber lipase	Aktivitas hidrolitik ($\mu\text{mol/g.menit}$)
1.	Akar papaya	0
2.	Batang papaya	0
3.	Tangkai papaya	22
4.	Bunga papaya	37
5.	Buah papaya muda	221
6.	Getah buah papaya	296
7.	Daun papaya muda	653
8.	<i>Mucor meihei</i> amobil	580

Berdasarkan data percobaan Tabel 1. diketahui bahwa bagian daun mempunyai lipase dengan aktivitas hidrolitik yang paling tinggi dibandingkan bagian tanaman yang lainnya maupun dengan lipase *Mucor meihei* komersial. Bagian daun ini selanjutnya digunakan untuk sintesis EXAL. Pada percobaan menggunakan daun sebagai katalisator sintesis ester xilitol asam lemak mengalami kesulitan dalam pengamatan karena daun berwarna hijau maka percobaan selanjutnya menggunakan getah papaya yang berwarna putih.

Lipase umumnya memerlukan ion kalsium (Ca) untuk aktivitasnya, (Brockhoff, H., Jensen, R.G., 1974) untuk itu pada percobaan ini ditambahkan CaO. Ion Ca diperlukan enzim lipase antara lain untuk mempertahankan konformasi protein enzim sehingga dalam kedudukan yang stabil selama menjalankan aktivitasnya. Berdasarkan Tabel 2 aktivitas lipase paling besar pada penambahan CaO sebanyak 6g tiap 150 g getah papaya kering atau sebanyak 4%. Untuk percobaan berikutnya dilakukan aktivitas lipase dengan CaO sebelum digunakan. Nampaknya CaO yang ditambahkan relatif tinggi (4%), ini mungkin disebabkan karena CaO sulit larut sehingga akan memberikan ion Ca yang kecil. Untuk memperbesar ion Ca yang tersedia

sebaiknya digunakan dalam bentuk garam kalsium misalnya $CaCl_2$, yang akan dicoba pada waktu mendatang.

Aktivitas hidrolitik enzim lipase dipengaruhi oleh pH medium antara 4 sampai dengan 9 (Brockerhoff, and Jensen 1974). Untuk itu dicoba pH medium dibuat antara 5-8 dengan penambahan buffer fosfat. Bahan sumber enzim ditambah buffer fosfat 0,1 M sesuai dengan yang dikehendaki percobaan yaitu $\pm 20\%$ berat, selanjutnya diaduk 30 menit, dan disaring serta getah papaya dikeringkan menggunakan freeze drier, dan kemudian diamati aktivitas hidrolitik terhadap trigliserida. Ternyata aktivitas hidrolitik lipase getah papaya dipengaruhi oleh pH lingkungannya, dan paling baik pada pH 6 (Tabel 3). Dengan demikian kondisi percobaan berikutnya menggunakan aktivitas CaO 6/150 g atau 4% getah papaya kering dan pH 6.

Tabel 2. Pengaruh penambahan CaO terhadap aktivitas hidrolitik lipase getah papaya

No	CaO/getah papaya kering (g/g)	Aktivitas μ mol/g.menit
1	0/150	698
2	1/150	703
3	2/150	706
4	3/150	708
5	4/150	711
6	6/150	715
7	8/150	71
8	10/150	333

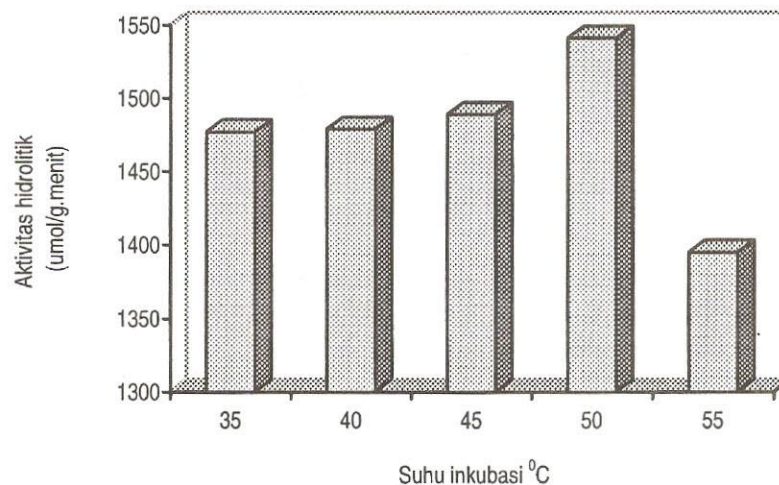
Tabel 3. Pengaruh pH terhadap aktivitas lipase getah papaya

No.	pH	Aktivitas μ mol/g.menit
1	5	691
2	5,5	682
3	6	742
4	6,5	712
5	7	500
6	7,5	664
7	8	200

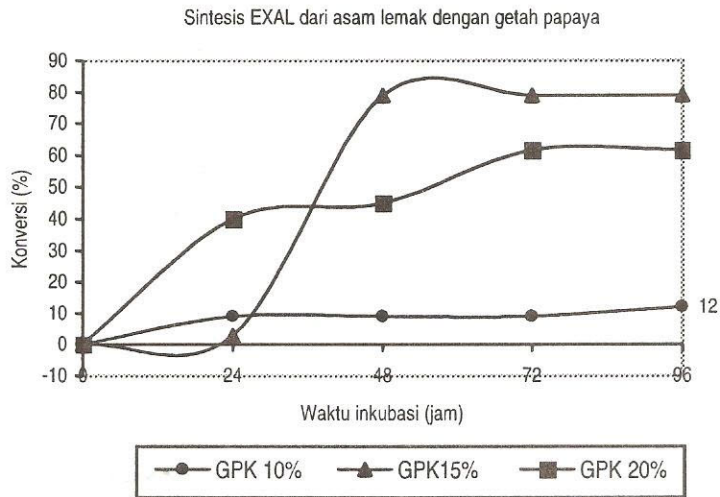
Pada Gambar 1. Terlihat makin tinggi suhu inkubasi sampai 50°C aktivitas hidrolitik makin besar. Tetapi diatas 50°C aktivitas menurun yang kemungkinan diakibatkan protein getah papaya mengalami denaturasi sehingga lipase kurang aktif. Melihat data tersebut nampaknya getah papaya dapat bekerja baik pada suhu 45-50°C.

Ester xilitol asam lemak (EXAL) terbentuk selama inkubasi melalui jalan yang tidak linier namun mengalami naik turun. Hal ini dimungkinkan karena lipase merupakan biokatalisator yang dapat mengkatalisis sintesis dan hidrolisis. Pada waktu tidak ada air dalam reaktan maka reaksi cenderung kearah sintesis EXAL sebaliknya apabila cukup air akan terjadi hidrolisis menjadi asam lemak dan xilitol kembali.

Pada Gambar 2 terlihat pada hari ketiga sintesis EXAL mencapai puncaknya dan selanjutnya mengalami hidrolisis. Kadar getah papaya mempengaruhi kecepatan reaksi, makin banyak getah papaya yang ditambahkan reaksi makin cepat sampai kadar 15%. Kadar getah papaya 20% justru reaksi sintesis relatif kecil, hal ini mengindikasikan terjadinya reaksi hidrolitik dengan data



Gambar 1. Aktivitas hidrolitik getah papaya terhadap minyak sawit pada berbagai suhu inkubasi



Gambar 2. Hubungan waktu inkubasi dengan konversi xilitol menjadi EXAL pada berbagai Kadar getah papaya kering beku

tersebut dapat dikemukakan bahwa panen EXAL harus dilakukan pada hari ketiga dan tidak boleh ditunda karena akan terhidrolisis kembali menjadi asam lemak.

Alternatif lain untuk meningkatkan konversi xilitol menjadi EXAL adalah selama proses dilakukan pengambilan air yang terbentuk selama reaksi misalnya dengan cara divakum atau diberikan zat penyerap air seperti silika gel. Dengan pemvakuman akan dapat dihilangkan airnya sehingga reaksi akan mengarah ke sintesis sehingga pembentukan EXAL menjadi lebih baik. Selain itu dengan pemvakuman akan terjadi pula penghilangan metanol hasil reaksi esterifikasi, yang diduga dapat mempercepat reaksi sintesis EXAL. Untuk itu pada penelitian yang selanjutnya dianjurkan dilakukan pemvakuman yang cukup.

KESIMPULAN

Lipase dapat dihasilkan dari hampir semua bagian tanaman papaya yaitu getah, daun, buah muda dan tangkai.

Bagian daun papaya mempunyai aktivitas lipase yang paling tinggi diikuti getah buah muda dan tangkai. Aktivitas lipase dipengaruhi oleh pH, kadar Ca, dan suhu, dan paling baik aktivitasnya pada pH 6 dan CaO sebanyak 4% getah papaya kering, suhu 45-50°C

Lipase daun dan getah papaya dapat digunakan untuk sintesis ester xilitol asam lemak dan xilitol. Pada suhu 45°C, inkubasi 3 hari dihasilkan konversi xilitol menjadi EXAL 79%.

DAFTAR PUSTAKA

- AOAC, 1995 Official Methods of Analysis of the Association of Official Analysis Chemists. Sidney W. (ed). The AOAC Inc., Virginia, USA.
- Brockerhoff, H., and Jensen, R., 1974. Lipolytic enzyme. Academic Press, New York. Pp 330.
- Caro, Y., Villeneuve, P., Pina, M., Reynes, M., and Graille, J., 2000. Investigation of crude latex from various *Carica papaya* varieties for lipid bioconversions. J. Am. Oil Chem. Soc. Vol 77, no. 8, pp 891-901.
- Feuge, R.O., Zeringue, Jr. H.J., Weiss, T.J., and Brown, M., 1970. Preparation of sucrose esters by interesterification. J. Am. Oil Chem. Soc. 47 : 56
- Giese, J., 1996. Olestra : Properties, regulatory concerns and applications. Food Technol. 50: 130-131
- Jandacek, R.J., Ramirez M.M and Crouse J.R., 1990. Effects of partial replacement of dietary fat by olestra on dietary cholesterol absorption in Man. Metabolism 39 : 848-852.
- Lee, K.T., and Foglia, T.A, 2000. Synthesis, purification, and characterization of structure lipids produced from chicken fat. J. Am. Oil Chem. Soc. Vol 77, no 10. pp 1027-1034.
- Marseno, D.W., Indrati R., and Ohta, Y, 1998. A Simlified method for determination of free fatty acids immobilized lipase assay. Indonesia Food and Nutrition Progress, Vol. 5 no. 2 pp. 79-83

- Rizzi, G.P., and , H.M. Taylor, 1976.** Synthesis of higer polyol fatty acid polyester, dalam Chung, Ha-Yull, Park, Jiyong., Kim, Jung-Han., dan Kong, Un-Yong., 1996, Preparation of sorbitol fatty acid polyesters, potential fat substitutes: optimization of reaction conditions by Response Surface Methodology. J. Am. Oil Chem.Soc., vol 73(5):637-643.
- Rizzi, G.P. and H.M. Taylor, 1978.** A Solvent free synthesis of sucrose polyester. J. Am. Oil Chem. Soc. 55:398 – 401
- Suhardi, Tranggono, Supranto, 2000.** Pembuatan gula alkohol poliester dengan menggunakan destilat asam lemak minyak sawit (DALMS) sebagai sumber asam lemaknya. Laporan Akhir Riset Unggulan Terpadu VI (1988-2000). KMNRT-PUSPIPTEK.
- Suhardi, Tranggono, Amanda, 2001^a.** Sintesa xilitol poliester dari destilat asam lemak minyak sawit. Prosiding Seminar Nasional Peran Teknologi untuk Meningkatkan Keterkaitan serta Pemberdayaan Pertanian dan Industri dalam Rangka Pengembangan Industri Pangan. Diselenggarakan oleh PATPI, di Semarang, 9-10 Oktober 2001. ppAO34:241-252
- Suhardi, Purnama Darmadji, Metha Monica, 2001^b.** Pembuatan minyak makan sulit dicerna maltitol poliester dari minyak kelapa sawit. Prosiding Seminar Nasional “Kejuangan” Teknik Kimia Fakultas Teknologi Industri UPN “Veteran” Yogyakarta, Januari 30-31 Januari 2001.
- Suhardi, Tranggono, Supranto. Sri Hastuti, 2001^c.** Pembuatan dan karakterisasi minyak goreng rendah kalori xilitol poliester. Agritech Volume 21, No. 3 Tahun 2001 p 89-94
- Toma, R.B., Curtis, D.J., dan Sobotor, S., 1988,** Sucrose polyester: It's metabolic role and possible future application. Food Technol.,42:93-95.
- Tranggono, Suhardi, dan Ria Armunanto 1998^a .** Penentuan kondisi optimum pembuatan FAME (fatty acid methyl ester) dari DALMS (distilat asam lemak minyak sawit) dengan Metoda Respon Permukaan. Prosiding Seminar Nasional Pangan 98, Bandung 19-21 Oktober 1998. pp 295-305
- Tranggono, Suhardi, Ria Armunanto, dan Supranto, 1998^b.** Tinjauan kinetis optimum reaksi pembentukan ester metil asam lemak (EMAL). Prosiding Seminar Nasional Teknologi Pangan dan Gizi pp. 166-171.
- Tranggono, Suhardi, dan B. S. Utami 2000.** Optimasi sintesis dan karakterisasi sorbitol poliester dari ester metil minyak sawit. Prosiding Nasional Industri Pangan Vol. I, Surabaya 10-11 Oktober 2000. pp 35-49.