Optimasi Proses Produksi dan Karakterisasi Maltodekstrin Derajat Polimerisasi Moderat (DP 3-9) dari Pati Gandum

Beni Hidayat [1]
Adil Basuki Ahza [2]

ABSTRACT
This research was aimed to optimize production process of maltodextrin DP 3-9 from wheat starch using hydrolysis enzymatic and membrane separation technique and to characterize maltodextrin DP 3-9 related to potential of its application as carbohydrate source on isotonic sport drink compared to glucose and maltodextrin commercial. The research showed that process optimizing can be achieved on treatment combination of starch concentration 200 g/l, enzyme concentration 1207,50 unit/ml, and hydrolysis duration 30 minutes, continued with ultrafiltration process. Compared to glucose, application of maltodextrin DP 3-9 has main advantages investigated from characteristics of absorption rate that was 2 times longer (60 compared to 30 minutes), and osmolality degree that was 5,6 times lower (178 compared to 1000 mOsmol/kg). Compared to maltodextrin commercial, maltodextrin DP 3-9 will more ideal which especially investigated from characteristics of storage stability on refrigerator temperature that was better.
Key words : maltodextrin DP 3-9, wheat starch.

Penelitian ini ditujukan untuk melakukan optimasi proses produksi maltodekstrin DP 3-9 dari pati gandum, menggunakan teknik hidrolisis enzimatis dan separasi membran, serta karakterisasi maltodekstrin DP 3-9 berkaitan dengan potensi penggunaannya sebagai sumber karbohidrat pada minuman olahraga isotonik, dengan pembanding glukosa dan maltodekstrin komersial. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa optimasi proses, dihasilkan dari kombinasi perlakuan konsentrasi pati 200 g/l, konsentrasi enzim 1207,50 unit/l, dengan lama hidrolisis 30 menit; dilanjutkan dengan proses ultrafiltrasi. Dibandingkan glukosa, penggunaan maltodekstrin DP 3-9 memiliki beberapa keunggulan utama ditinjau dari karakteristik laju absorpsinya yang 2 kali lipat lebih lama (60 berbanding 30 menit), dan derajat osmolalitasnya yang 5,6 kali lebih rendah (178 berbanding 1000 mOsmol/kg). Dibandingkan maltodekstrin komersil, maltodekstrin DP 3-9 akan lebih ideal, terutama karena stabilitas penyimpanannya pada suhu rendah yang lebih baik.
Kata kunci : maltodekstrin DP 3-9, pati gandum.

Penelitian ini dalam rangka Bogasari Nugraha IV 2001 untuk Kategori Mahasiswa S-2 sekaligus terpilih sebagai penerima Grand Award-Peneliti Terbaik Bogasari Nugraha 1998-2001

[1] Peneliti adalah alumni Program Studi Ilmu Pangan Program Pascasarjana IPB, dan Staf Pengajar Program Studi Teknologi Pangan Politeknik Negeri Lampung
[2] Dosen pembimbing adalah staf pengajar Jurusan Teknologi Pangan dan Gizi, Fakultas Teknologi Pertanian IPB

PENDAHULUAN

Pati gandum merupakan hasil samping utama pada industri tepung gluten (Kearsley and Dziedcic, 1995). Salah satu upaya untuk meningkatkan nilai tambah pati gandum, adalah pengolahan pati gandum lebih lanjut dalam bentuk produk maltodekstrin.

Salah satu bentuk aplikasi maltodekstrin yang sedang dikembangkan saat ini adalah penggunaannya sebagai sumber karbohidrat pada produk minuman olahraga, khususnya minuman olahraga isotonik (Ford, 1995). Penggunaan *maltodekstrin* tersebut, terutama ditujukan agar pelepasan energi terjadi lebih lambat, serta untuk menurunkan derajat osmolalitas (Austin and Pierpoint, 1998), dan derajat kemanisan produk (Kearsley and Dziedcic, 1995), tanpa merubah penampilan dan karakteristik isotonik produk (Ford, 1995).

Berdasarkan karakteristik minuman olahraga isotonik dan tujuan penggunaan maltodekstrin pada produk minuman tersebut, maka diperlukan upaya untuk mengembangkan produk maltodekstrin yang komposisi utamanya adalah oligosakarida dengan derajat polimerisasi/DP moderat (DP 3-9). Dibandingkan dengan produk maltodekstrin yang mengandung oligosakarida rantai linier pendek (DP 1-2) dengan konsentrasi yang tinggi, maka maltodekstrin DP moderat diharapkan akan terabsorpsi pada laju lebih lambat, lebih bersifat tidak manis, serta memiliki derajat osmolalitas yang lebih rendah pula. Sebaliknya, dibandingkan dengan produk maltodekstrin yang mengandung oligosakarida rantai linier panjang (DP > 10), maka maltodekstrin DP moderat diharapkan akan memiliki laju absorpsi yang lebih cepat, bersifat tidak terlalu kental (*viscous*), kelarutan yang lebih baik, dan lebih stabil selama penyimpanan.

Menurut Marchall *et al.* (1999), upaya untuk menghasilkan maltodekstrin dengan komposisi sakarida yang spesifik, antara lain dapat dilakukan dengan mengefektifkan teknik ekstraksi produk, misalnya teknik separasi membran (Sims and Cheryan, 1992; Cheryan, 1986).

Melalui penggunaan membran dengan karakteristik tertentu, dapat diupayakan agar hanya sakarida dengan DP tertentu pada produk maltodekstrin yang dominan dapat melewati membran sedangkan campuran-campuran lainnya akan tertahan oleh membran (Cheryan, 1986). Agar penggunaan teknik separasi membran mampu menghasilkan produk maltodekstrin dengan komposisi sakarida yang spesifik, maka diperlukan pula upaya untuk mengkondisikan larutan hasil hidrolisis pada komposisi yang ideal. Salah satu upaya yang dapat dilakukan untuk mengontrol proses hidrolisis pati adalah penggunaan metode hidrolisis enzimatis yang akan memutus rantai polimer pati secara spesifik (Schwardt, 1990), sehingga akan menghasilkan produk hasil hidrolisis dengan komposisi yang spesifik dan optimal untuk dipisahkan pada proses separasi membran.

Penelitian ini bertujuan untuk: (1) melakukan optimasi proses produksi maltodekstrin DP 3-9 dari pati gandum menggunakan teknik hidrolisis enzimatis dan separasi membran; (2) karakterisasi maltodekstrin hasil optimasi proses, berkaitan dengan penggunaannya sebagai sumber karbohidrat pada minuman olahraga isotonik, dengan pembanding glukosa dan maltodekstrin komersial.

METODOLOGI

Bahan dan Alat

Bahan utama yang digunakan diantaranya adalah tepung terigu lencana merah produksi PT ISM Bogasari Flour Mills, membran ultrafiltrasi tife PLAC MWCO 1000 dan PLBC MWCO 3000 yang diperoleh dari PT Hartech Indonesia, Jakarta; serta enzim *α-amylase* (Termamyl 120 L) produksi NOVO Industries yang diperoleh dari UPT EPG (Ethanol, Protein Sel Tunggal, dan Gula) Slusuban, BPP Teknologi Lampung.

Alat-alat utama yang digunakan dalam penelitian antara lain adalah alat separasi membran skala laboratorium merk Sartorius, *advanced digimatic milk cryoscope* model 4D2, *mini spray dryer* Bucchi, *High Performance Liquid Chromatography* (HPLC), *chromameter* Minolta tife Cr 200, *ultra sentrifius, hot plate*, pemanas vakum, pH-meter, timbangan analitik, serta alat -alat gelas untuk keperluan analisis.

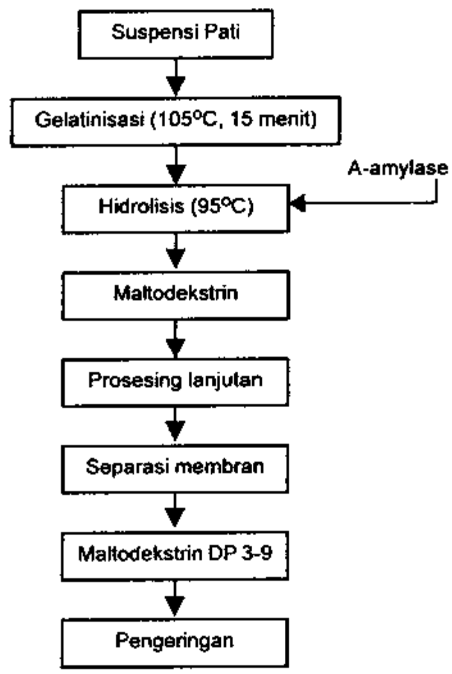
Metode

Penelitian dilakukan dalam empat tahap utama yaitu penelitian pendahuluan, optimasi proses separasi membran, optimasi parameter proses hidrolisis, dan karakterisasi maltodekstrin DP 3-9 hasil optimasi.

Kegiatan penelitian pendahuluan dilakukan dalam bentuk pengujian terhadap komposisi kimia pati gandum hasil ekstraksi (Sudarmaji *et al.*, 1986), pengujian aktivitas volumetrik enzim a-amylase (Rahman, 1992), pengamatan komposisi membran ultrafiltrasi dan prinsip pemisahan sampel, pengujian selektifitas membran (modifikasi metode Toledo, 1991), serta pengujian driving force proses separasi membran.

Kegiatan optimasi proses separasi membran dilakukan dalam bentuk optimasi permeabilitas dan produktivitas membran pada pemisahan komponen oligosakarida DP > 9 (modifikasi metode Toledo, 1991). Optimasi permeabilitas membran dilakukan berdasarkan penentuan besar tekanan, serta konsentrasi sampel dan suhu sampel yang akan diseparasi. Adapun optimasi produktivitas akan diamati melalui penggunaan tahap filtrasi pendahuluan sebelum sampel diseparasi.

Kegiatan optimasi parameter proses hidrolisis dilakukan dalam bentuk optimasi parameter konsentrasi pati, konsentrasi enzim *α-amylase*, dan lama hidrolisis. Kondisi operasional proses separasi membran yang digunakan untuk mengekstraksi produk hasil hidrolisis adalah kondisi operasional berdasarkan hasil optimasi proses separasi membran.



Gambar 1. Proses produksi maltodekstrin pati gandum dengan menggunakan teknik hidrolisis enzimatis dan separasi membran

Kondisi optimal parameter proses hidrolisis akan ditentukan berdasarkan pengamatan terhadap kandungan sakarida DP 1-2, DP 3-9, dan DP > 9 (Robards *et al.*, 1994); serta rendemen maltodekstrin DP 3-9 yang diperoleh pada akhir proses. Secara ringkas, proses produksi maltodekstrin DP 3-9 dari pati gandum disajikan pada Gambar 1.

Karakterisasi maltodekstrin hasil optimasi dilakukan dalam bentuk karakterisasi kimiawi, serta karakterisasi sifat-sifat fungsional fisik dan biologis dengan pembanding glukosa dan maltodekstrin komersil. Karakterisasi kimia yang dilakukan berupa pengamatan komposisi sakarida maltodekstrin berdasarkan nilai DP (Robards *et al.*, 1994), dan tipe pembentukan kompleks warna antara produk dengan pereaksi iodium (Kearsley and Dziedcic, 1995). Sedangkan karakterisasi sifat-sifat fungsional fisik yang dilakukan meliputi pengujian viskositas (modifikasi metode Toledo, 1991), stabilitas selama penyimpanan hingga 8 minggu pada suhu refrigerasi dan suhu kamar, warna (Francis, 1994), derajat kemanisan (Soekarto, 1985) dan derajat osmolalitas (modifikasi metode Kearsley dan Dziedcic, 1995). Karakterisasi sifat fungsional biologis dilakukan dalam bentuk pengukuran laju absorpsi secara *in vivo*, melalui pengamatan perubahan kadar gula darah tikus percobaan (modifikasi metode Heine *et al.*, 2000).

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Optimasi Proses Separasi Membran

Berdasarkan hasil penelitian pendahuluan, maka proses separasi membran dilakukan menggunakan membran ultrafiltrasi MWCO 1000 dengan tekanan sebagai *driving force* proses (sumber tekanan berupa gas nitrogen). Hasil uji selektifitas membran (Tabel 1), menunjukkan bahwa membran MWCO 1000 memiliki kemampuan menolak *(reject)* oligosakarida DP > 9 mendekati 100%.

Optimasi Permeabilitas Membran

Permeabilitas membran menunjukkan laju kecepatan aliran *feed* melewati permukaan membran, yang dinyatakan sebagai volume *permeate* yang melewati membran per satuan luas dan waktu (ml/cm^2.detik).

Menurut Rao (1994), upaya untuk meningkatkan permeabilitas membran dapat dilakukan melalui upaya memperbesar tekanan selama proses atau menurunkan viskositas *feed* melalui pengaturan konsentrasi dan suhu sampel. Berdasar-

Senyawa Oligosakarida DP 1-2, DP 3-9, dan DP > 9

DP Oligosakarida/ MWCO membran	DP 1 - 2			DP 3 - 9			DP > 9		
	C_A (%)	C_T%	% R	C_A (%)	C_T%	% R	C_A (%)	C_T%	% R
MWCO 1000	17,11	19,02	» 0,00	69,84	80,98	» 0,00	13,05	tt	» 0,00
MWCO 3000	17,11	17,46	» 0,00	69,84	77,86	» 0,00	13,05	4,68	64,14

Keterangan tabel
C_A = konsentrasi awal (% kromatograf)
C_T = konsentrasi akhir (% kromatograf)
% R = persen rejeksi
tt = tidak terdeteksi

konsentrasi hingga 5% dan pemanasan sampel pada 45°C, akan menyebabkan membran memiliki permeabilitas yang lebih tinggi untuk memisahkan sampel pada tekanan 2 dan 2,5 atm.

Meningkatnya kemampuan sampel untuk melewati membran pada tekanan 2 atm disebabkan terjadinya penurunan viskositas larutan dengan semakin kecilnya konsentrasi dan adanya peningkatan suhu sampel. Walaupun pada tekanan 2,5 atm membran akan memiliki permeabilitas yang lebih besar, tetapi penggunaan tekanan tersebut tidak dilakukan karena keterbatasan kemampuan tekanan maksimum operasional alat.

Optimasi Produktivitas Membran

Produktivitas membran menunjukkan perubahan permeabilitas membran selama waktu proses (menit proses). Pengamatan dilakukan dengan menghi-

Tabel 2. Hubungan antara Besar Tekanan, Konsentrasi dan Suhu Sampel terhadap Permeabilitas Membran MWCO 1000

Perlakuan	Permeabilitas rata-rata (ml/cm2 detik)
Tek 2 atm, kon 5%, suhu 29-30°C	Tidak lewat
Tek 2 atm, kon 5%, suhu 45°C	$12{,}26.10^{-3}$
Tek 2 atm, kon 10%, suhu 29-30°C	Tidak lewat
Tek 2 atm, kon 10%, suhu 45°C	Tidak lewat
Tek 2.5 atm, kon 5%, suhu 29-30°C	Tidak lewat
Tek 2.5 atm, kon 5%, suhu 45°C	$20{,}58\ .10^{-3}$
Tek 2.5 atm, kon 10%, suhu 29-30°C	Tidak lewat
Tek 2.5 atm, kon 10%, suhu 45°C	$12{,}00.\ 10^{-3}$

terdapat indikasi terjadinya penyumbatan *(fouling)* pada membran sejak menit ketiga proses. Upaya optimasi produktivitas membran dilakukan pada tahap prosesing lanjutan (Gambar 1), dalam bentuk proses filtrasi pendahuluan menggunakan filter *whatman* dan membran filter 0,2 mikron.

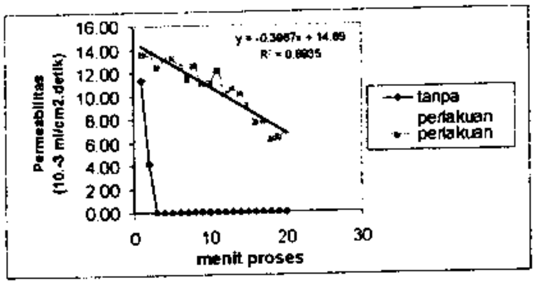
Hasil penelitian (Gambar 2), menunjukkan bahwa penggunaan proses filtrasi pendahuluan akan menyebabkan membran tetap memiliki permeabilitas yang memadai dan tidak mengalami penyumbatan hingga menit ke dua puluh proses.

Berdasarkan hasil optimasi permeabilitas dan produktivitas membran, maka proses separasi membran selama kegiatan penelitian akan mampu secara efektif digunakan untuk memisahkan oligosakarida DP > 9 dengan permeabilitas sebesar 10.5245 ± 2.4831 (10.-3ml/cm².detik), selama 20 menit. Kondisi operasional proses secara lengkap, disajikan pada Tabel 3.

B. Optimasi Parameter Proses Hidrolisis

Berdasarkan hasil penelitian pendahuluan dan optimasi proses separasi membran, maka optimasi parameter proses hidrolisis dilakukan dengan kondisi sebagai berikut :

a. Pati gandum hasil ekstraksi yang digunakan sebagai substrat hidrolisis, memiliki karakteristik kadar pati 96,050 (% bk) dan kadar protein 1,012 (% bk), dengan ukuran butiran pati kurang dari 50 mesh.



Gambar 2. Pola perubahan permeabilitas membran MWCO 1000 akibat perlakuan filtrasi pendahuluan pada sampel (kondisi operasi : konsentrasi sampel 5%, suhu sampel 45oC, tekanan 2 atm, serta laju aliran sampel 10 ml per menit)

b. Enzim *a-amylase* yang digunakan memiliki aktivitas volumetrik sebesar 201,25 unit/ml dan parameter konsentrasi enzim yang digunakan akan dinyatakan dengan satuan unit enzim per liter media hidrolisis.

c. Proses separasi membran hanya efektif digunakan untuk memisahkan oligosakarida dengan DP > 9, sehingga pemilihan perlakuan terbaik hasil optimasi akan dilakukan berdasarkan perlakuan yang memiliki kandungan sakarida DP 1-2 terendah, dengan mempertimbangkan karakteristik komponen oligosakarida lainnya (oligosakarida DP 3-9 dan DP > 9) serta rendemen maltodekstrin DP 3-9 yang diperoleh.

Hasil optimasi proses berdasarkan kondisi di atas, menunjukkan bahwa perlakuan terbaik untuk memproduksi maltodekstrin DP 3-9 adalah perlakuan konsentrasi pati 200 g/l, konsentrasi enzim 1207,50 unit/l, dengan lama hidrolisis 30 menit. Perlakuan tersebut akan menghasilkan maltodekstrin DP 3-9 dengan rendemen sebesar 52,77%. Perbandingan relatif keunggulan perlakuan terbaik tersebut dibandingkan dengan perlakuan terpilih lainnya disajikan pada Tabel 4.

Hasil optimasi proses menunjukkan bahwa perlakuan hidrolisis optimal untuk memproduksi maltodekstrin DP 3-9, adalah perlakuan dengan konsentrasi pati tinggi dan konsentrasi enzim rendah dengan lama hidrolisis optimal. Hasil penelitian menunjukkan bahwa semakin tinggi rasio enzim-pati dan semakin lama proses hidrolisis, maka akan semakin sempurna proses hidrolisis pati yang terjadi dan terdapat kecenderungan semakin tinggi kandungan senyawa sakarida DP 1-2 pada produk hasil hidrolisis. Rasio enzim-pati akan menentukan laju perombakan substrat pati dan laju

Tabel 3. Kondisi operasional proses separasi membran untuk memproduksi maltodekstrin DP 3-9

Jenis proses	ultrafiltrasi sistem batch menggunakan separator membran skala laboratorium merk sartorius kapasitas 250 ml
Jenis membran	Membran ultrafiltrasi tife PLAC MWCO 1000, diameter 47 mm, merk milipore, dengan material utama regenerated cellulose
Driving force	Tekanan 2 atm, sumber tekanan berupa gas nitrogen
Kondisi sampel	Konsentrasi 5%, suhu 45°C
Perlakuan pendahuluan pada sampel	Sentrifius 3000 rpm selama 15 menit, dan filtrasi pendahuluan dengan filter whartman dan membran filter 0,2 mikron

suatu reaksi hidrolisis enzimatis (Hollo, *et al.*, 1983). Pengaturan lama hidrolisis diperlukan karena penggunaan rasio enzim-pati yang rendah dengan lama hidrolisis yang rendah pula akan cenderung menyebabkan terjadinya peningkatan kandungan oligosakarida DP > 9, serta penurunan kandungan oligosakarida DP 3-9 dan rendemen maltodekstrin DP 3-9.

C. Karakterisasi Kimia Maltodekstrin DP 3-9

Komposisi Sakarida

Perbedaan komposisi sakarida antara maltodekstrin hasil penelitian (*maltodekstrin* DP 3-9) dan maltodekstrin komersil disajikan pada Tabel 5. Pada tabel tersebut terlihat bahwa *maltodekstrin* hasil penelitian akan memiliki kandungan sakarida DP 1-2 dan oligosakarida DP >

Tabel 4. Karakteristik Komposisi Sakarida Perlakuan-perlakuan Hasil Optimasi

DP Oligosakarida/ MWCO membran	Komposisi sakarida (% kromatograf)			Rendemen (%)
	DP 1 - 2	DP 3 - 9	DP > 9	
Konsentrasi pati 200 g/l, konsentrasi enzim 603,75 unit/l, lama hidrolisis 15 menit	12.03	87.53	0.44	13.13
Konsentrasi pati 200 g/l, konsentrasi enzim 603,75 unit/l, lama hidrolisis 30 menit	13.26	86.54	0.20	25.96
Konsentrasi pati 200 g/l, konsentrasi enzim 603,75 unit/l, lama hidrolisis 60 menit	14.75	85.36	0.20	44.01
Konsentrasi pati 200 g/l, konsentrasi enzim 1207,50 unit/l, lama hidrolisis 15 menit	11.28	88.52	0.20	25.89
Konsentrasi pati 200 g/l, konsentrasi enzim 1207,50 unit/l, lama hidrolisis 30 menit	11.84	87.96	0.20	52.77
Konsentrasi pati 250 g/l, konsentrasi enzim 603,75 unit/l, lama hidrolisis 15 menit	11.27	87.89	0.84	18.35
Konsentrasi pati 250 g/l, konsentrasi enzim 603,75 unit/l, lama hidrolisis 30 menit	11.90	87.56	0.54	26.06
Konsentrasi pati 250 g/l, konsentrasi enzim 603,75 unit/l, lama hidrolisis 60 menit	14.58	85.22	0.20	30.06
Konsentrasi pati 250 g/l, konsentrasi enzim 1207,50 unit/l, lama hidrolisis 15 menit	13.72	86.07	0.21	20.66
Konsentrasi pati 300 g/l, konsentrasi enzim 603,75 unit/l, lama hidrolisis 15 menit	14.02	79.40	6.59	22.66
Konsentrasi pati 300 g/l, konsentrasi enzim 603,75 unit/l, lama hidrolisis 30 menit	14.33	80.05	5.61	29.35

9 yang lebih rendah serta kandungan oligosakarida DP 3-9 lebih besar.

Berdasarkan karakteristik komposisi sakarida tersebut, terlihat bahwa komponen oligosakarida DP 3-9 merupakan komponen utama pada maltodekstrin hasil penelitian. Berdasarkan karakteristik tersebut, dapat disimpulkan *maltodekstrin* yang dihasilkan pada kegiatan penelitian adalah maltodekstrin DP 3-9 dengan kemurnian kurang lebih 90%.

Hasil pengujian, juga menunjukkan bahwa maltodekstrin komersil mengandung oligosakarida DP > 9 sebesar 5,27%. Jumlah tersebut diduga lebih rendah dari kondisi sebenarnya, mengingat pada uji komposisi dilakukan terlebih dahulu penyaringan dengan membran 0,45 mikron. Penyaringan dengan membran

Tabel 5. Perbedaan Komposisi Sakarida antara Maltodekstrin Hasil Penelitian dan Maltodekstrin Komersil

Jenis Bahan	Komposisi sakarida (%)		
	DP 1 - 2	DP 3 - 9	DP > 9
Maltodekstrin hasil penelitian	10.87	89.13	Tidak terdeteksi
Maltodekstrin komersil	16.07	78.66	5.27

0,45 mikron yang merupakan prosedur standar pada analisis HPLC, akan menurunkan kandungan oligosakarida dengan derajat polimerisasi yang sangat tinggi (memiliki ukuran molekul lebih besar dari ukuran pori-pori membran). Hal tersebut didukung oleh hasil penelitian Zakour *et al.* (1993), yang menunjukkan bahwa membran 0,2 mikron cukup efektif digunakan untuk memisahkan pektin pada sari buah apel.

Tipe Pembentukan Kompleks Warna dengan Larutan Iodium

Hasil pengujian (Tabel 6), menunjukkan maltodekstrin DP 3-9 memiliki karakteristik yang lebih menyerupai glukosa dibandingkan maltodekstrin komersil. Terbentuknya kompleks warna kuning

Tabel 6. Perbedaan Karakteristik Tipe Pembentukan Kompleks Warna dengan Larutan Iodium antara Maltodekstrin DP 3-9 dengan Glukosa dan Maltodekstrin Komersil

Perlakuan	Tipe pembentukan kompleks warna dengan larutan iodium
Glukosa	kuning
Maltodekstrin DP 3-9	kuning
Maltodekstrin komersil	ungu kemerahan

pada maltodekstrin DP 3-9, menunjukkan produk memiliki kandungan sakarida dengan DP kurang dari 12. Pembentukan kompleks warna ungu kemerahan pada maltodekstrin komersil, menunjukkan produk juga mengandung oligosakarida dengan DP lebih dari 20 (Kearsley and Dziecdzic, 1995).

D. Karakterisasi Fisik Maltodekstrin DP 3-9

Pengujian Stabilitas

Hasil pengujian (Tabel 7), menunjukkan bahwa maltodekstrin hasil penelitian memiliki stabilitas penyimpanan suhu refrigerasi yang lebih baik dibandingkan maltodekstrin komersil baik pada perlakuan sterilisasi maupun tanpa sterilisasi. Hasil penelitian juga menunjukkan, perlakuan sterilisasi secara umum akan meningkatkan stabilitas penyimpanan.

Tabel 7. Kondisi Pembentukan Endapan Maltodekstrin DP 3-9

Jenis larutan/ Perlakuan penyimpanan	Suhu kamar		Suhu refrigerasi	
	Tanpa sterilisasi	Sterilisasi	Tanpa sterilisasi	Sterilisasi
Glukosa 10%	--------	--------	--------	--------
Maltodekstrin DP 3-9	--------	--------	--------	--------
Maltodekstrin komersil	--------	--------	+++ (1)	+++ (4)

Keterangan
------- : tidak terbentuk endapan hingga lama penyimpanan 8 minggu
+++ (1) : mulai terbentuk endapan pada penyimpanan minggu ke-1
+++ (4) : mulai terbentuk endapan pada penyimpanan minggu ke-4

Pengujian Warna

Pengujian warna maltodekstrin DP 3-9 dilakukan dalam bentuk pengamatan derajat putih, yang berdasarkan nilai L *(lighness value)*. Hasil pengujian (Tabel 8), menunjukkan bahwa maltodekstrin DP 3-9, memiliki derajat putih yang tidak berbeda nyata dibandingkan maltodekstrin komersil, yang menunjukkan bahwa proses *bleaching* yang dilakukan pada kegiatan penelitian telah cukup optimal.

Tabel 8. Hasil Pengukuran Derajat Putih Maltodekstrin DP 3-9 Dibandingkan dengan Maltodekstrin Komersil

Perlakuan	Derajat putih *(L value)*		
	Ulangan I	Ulangan II	Rata-rata
Maltodekstrin DP 3 - 9	93.45	93.51	93.48
Maltodekstrin komersil	92.57	92.45	92.51

Pengujian Derajat Osmolalitas

Pengujian derajat osmolalitas dilakukan secara tidak langsung melalui penentuan berat molekul rata-rata sampel. Kalibrasi *cryoscope*, dilakukan dengan menggunakan larutan glukosa pada berbagai konsentrasi yang telah diketahui nilai osmolalitasnya sebagai standar penentuan. Penentuan nilai kalibrasi glukosa dan berat molekul rata-rata maltodekstrin DP 3-9 dan maltodekstrin komersil, dilakukan menggunakan persamaan berikut.

$$\text{Penurunan titik beku } (m^oC) = \frac{1{,}86 \times \text{berat padatan} \times 1000}{\text{BM rata-rata} \times \text{berat pelarut (air)}}$$

Keterangan
m^oC = mili °C (10^{-3}°C)
1,86 = konstanta penurunan molalitas air

Setelah berat molekul rata-rata maltodekstrin DP 3-9 dan maltodeks-trin komersil diketahui, selanjutnya ditentukan nilai derajat osmolalitasnya dengan menggunakan basis 1 mol glukosa (180 gram).

Berdasarkan hasil pengujian, didapatkan berat molekul rata-rata maltodekstrin DP 3-9 sebesar 1011, dan maltodekstrin komersil sebesar 1979. Nilai osmolalitas maltodekstrin DP 3-9 dan maltodekstrin dan Maltodekstrin Komersil

Perlakuan	Berat molekul rata-rata	mol produk (basis 180 g)	Nilai osmolalitas produk
Glukosa	180	1 mol	1 Osmol/kg (1000 mOsmol/kg)
Maltodekstrin DP 3-9	1011	0,178 mol	0,178 Osmol/kg (178 mOsmol/kg)
Maltodekstrin komersil	1979	0,091 mol	0,091 Osmol/kg (91 mOsmol/kg)

komersil, disajikan pada Tabel 9. Pada tabel tersebut dapat dilihat bahwa maltodekstrin DP 3-9 memiliki nilai osmolalitas yang lebih besar dibandingkan maltodekstrin komersil, tetapi lebih kecil dibandingkan glukosa. Nilai osmolalitas sumber karbohidrat merupakan salah satu karakteristik penting pada produk minuman olahraga isotonik yang akan menentukan mudah tidaknya produk tersebut terserap oleh tubuh. Nilai osmolaritas glukosa yang tinggi, akan membatasi total kandungan padatan pada produk, yang berarti juga akan membatasi jumlah karbohidrat (sumber energi/kalori), vitamin, dan mineral yang mampu disediakan oleh produk.

Dibandingkan glukosa, maltodekstrin DP 3-9 memiliki nilai osmolalitas lebih rendah (5,6 kali lipat). Lebih rendahnya nilai osmolalitas maltodekstrin DP 3-9, disebabkan dominannya kandungan oligosakarida DP 3-9 (89,13%) pada produk. Fenomena tersebut menunjukkan, penggunaan maltodekstrin DP 3-9 sebagai sumber karbohidrat di minuman olahraga isotonik dapat 5,6 kali lipat lebih tinggi dibandingkan glukosa, sehingga penggunaannya akan berpotensi untuk meningkatkan kandungan padatan produk.

Dibandingkan maltodektrin komersil, maltodekstrin DP 3-9 memiliki nilai osmolalitas yang lebih besar. Lebih tingginya nilai osmolalitas tersebut, terutama disebabkan karena perbedaan komposisi oligosakarida berantai panjang (DP > 9) antar kedua produk. Oligosakarida berantai panjang yang memiliki berat molekul lebih besar, akan menyebabkan lebih rendahnya nilai osmolalitas maltodekstrin komersil. Walaupun demikian, penggunaan maltodekstrin DP 3-9 sebagai sumber karbohidrat akan lebih berpotensi terutama ditinjau dari karakteristik stabilitas dan laju absorpsinya yang lebih baik.

Peningkatan kandungan padatan produk dengan tetap menjaga karakteristik isotoniknya merupakan salah satu potensi penggunaan maltodekstrin DP 3-9 karena akan memungkinkan konsumsi produk pada intensitas yang lebih rendah (tidak perlu dikonsumsi berulang kali), dan meminimalisasi timbulnya gejala-gejala kelelahan akibat konsumsi air yang berlebihan/*water intoxication* (Ford, 1995).

Pengujian Viskositas

Hasil pengujian (Tabel 10), menunjukkan bahwa maltodekstrin DP 3-9

Tabel 10. Hasil Pengujian Viskositas Maltodekstrin DP 3-9 Dibandingkan Glukosa dan Maltodekstrin Komersil pada Dua Konsentrasi Berbeda

Perlakuan	Viskositas pada konsentrasi 4% (cSt)	Viskositas pada konsentrasi 5% (cSt)
Glukosa	1,22	1,29
Maltodekstrin hasil penelitian	1,29	1,37
Maltodekstrin komersil	1,37	1,42

memiliki nilai viskositas lebih besar dibandingkan glukosa tetapi lebih kecil dibandingkan maltodekstrin komersil. Hasil pengujian tersebut juga menunjukkan bahwa perbedaan nilai viskositas terutama disebabkan oleh adanya perbedaan berat molekul antara ketiga perlakuan. Semakin tinggi bobot molekul rata-rata terlarut pada suatu senyawa maka cenderung akan semakin tinggi nilai viskositasnya.

Lebih tingginya nilai viskositas maltodekstrin DP 3-9 dibandingkan glukosa, menunjukkan kecenderungan bahwa penggunaan maltodekstrin DP 3-9 sebagai sumber karbohidrat pada konsentrasi yang lebih tinggi akan menghasilkan produk yang lebih *viscous* (kental).

Pengujian Tingkat Kemanisan

Hasil pengujian tingkat kemanisan, menunjukkan bahwa glukosa memiliki tingkat kemanisan setara dengan sukrosa 2,00% pada konsentrasi 3,25 hingga 3,50%. Hasil pengujian juga menunjukkan bahwa perlakuan maltodekstrin hasil penelitian dan maltodekstrin komersil memiliki tingkat kemanisan yang relatif sama yaitu antara 27,50 hingga 32,50%.

Tidak berbedanya tingkat kemanisan antara perlakuan maltodekstrin hasil penelitian dan maltodekstrin komersil, menunjukkan bahwa tingkat kemanisan lebih disebabkan kandungan senyawa sakarida berantai pendek (glukosa dan maltosa). Hal ini sesuai dengan pendapat Kearsley and Dziedzic (1995), bahwa kandungan senyawa sakarida berantai pendek merupakan komponen paling dominan penentu tingkat kemanisan suatu campuran hasil hidrolisis. Seperti dapat dilihat di Tabel 5, maltodekstrin DP 3-9 dan maltodekstrin komersil memiliki perbedaan kandungan sakarida DP 1-2 yang tidak terlalu besar (10% dan 16%).

Bervariasinya persepsi panelis terhadap tingkat kemanisan maltodekstrin hasil penelitian dan maltodekstrin komersil, diduga karena konsentrasinya yang tinggi dan rasa manis yang ditimbulkan memiliki karakteristik yang berbeda dibandingkan glukosa dan sukrosa.

Selanjutnya, dengan menggunakan sukrosa sebagai standar tingkat kemanisan, hasil pengujian menunjukkan glukosa memiliki tingkat kemanisan 57,00-61,00 sedangkan maltodekstrin DP 3-9 dan maltodekstrin komersil memiliki tingkat kemanisan antara 6,15 hingga 7,20 (Tabel 11).

Hasil uji tingkat kemanisan tersebut, menunjukkan bahwa pada tingkat penambahan yang sama, maltodekstrin DP 3-9 akan memiliki tingkat kemanisan kurang lebih sepuluh kali lebih rendah dibandingkan glukosa. Hal ini juga menunjukkan bahwa penggunaan maltodekstrin DP 3-9 sebagai sumber karbohidrat pengganti glukosa dalam jumlah 5,6 kali lipat lebih besar tidak akan menimbulkan persepsi tingkat kemanisan yang berlebihan oleh konsumen terhadap produk minuman olahraga yang dihasilkan.

Karakterisasi Biologis Maltodekstrin DP 3-9

Berdasarkan Gambar 3, dapat dilihat, bahwa terdapat perbedaan pola perubahan kadar glukosa darah tikus hingga lama pengamatan 120 menit antara ketiga perlakuan.

Tabel 11. Perbedaan Tingkat Kemanisan Relatif, Maltodekstrin DP 3-9 Dibandingkan dengan Maltodekstrin Komersil dan Glukosa, dengan Menggunakan Tingkat Kemanisan Sukrosa (100) sebagai Standar

Perlakuan	Tingkat kemanisan relatif
Glukosa	57,00 - 61,00
Maltodekstrin DP 3-9	6,15 - 7,20
Maltodekstrin komersil	6,15 - 7,20

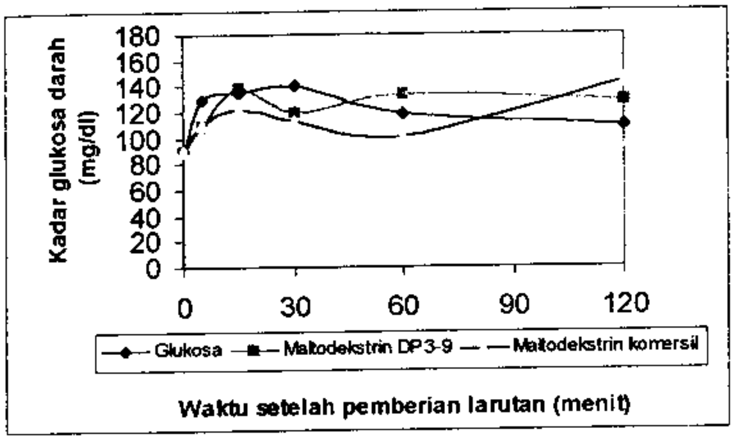
Peningkatan kadar glukosa darah pada perlakuan maltodekstrin DP 3-9 dan maltodekstrin komersil sejak menit ke-5 waktu pemberian, disebabkan adanya gula-gula sederhana pada kedua perlakuan (berupa glukosa dan maltosa, Tabel 5) yang bersifat relatif lebih mudah diserap oleh tubuh. Terjadinya penurunan mulai dari menit ke-15 pada kedua perlakuan, diduga karena kandungan senyawa-senyawa tersebut telah mulai menipis, dan tikus mulai mencerna karbohidrat dalam bentuk lain yang lebih kompleks (oligosakarida). Karbohidrat dalam bentuk kompleks (oligosakarida) akan tercerna oleh tubuh dalam waktu yang relatif lambat dibandingkan karbohidrat dalam bentuk sederhana (glukosa dan maltosa).

Pada perlakuan maltodekstrin DP 3-9 dan perlakuan maltodekstrin komersil setelah adanya kecenderungan penurunan, maka terjadi fenomena peningkatan kembali kadar glukosa darah, walaupun terdapat perbedaan pola kecenderungan peningkatan antara kedua perlakuan. Pada perlakuan maltodekstrin komersil peningkatan kadar glukosa darah baru akan terjadi pada menit ke 60 dan terus menunjukkan kecenderungan peningkatan hingga menit ke-120, sedangkan pada perlakuan maltodekstrin DP 3-9 peningkatan telah mulai terjadi sejak menit ke 30 dan mulai menunjukkan kecenderungan menurun sejak menit ke-60.

Fenomena tersebut menunjukkan bahwa dibandingkan maltodekstrin komersil maka maltodekstrin DP 3-9 akan terabsorsi oleh tubuh relatif lebih cepat. Lebih cepatnya laju absorpsi pada per-

Tabel 12. Karakteristik Laju Absorpsi Maltodekstrin DP 3-9 Dibandingkan dengan Glukosa dan Maltodekstrin Komersil

Perlakuan	Karakteristik laju absorpsi
Glukosa	Terabsorpsi secara cepat (kurang dari 30 menit).
Maltodekstrin DP 3-9	Terabsorpsi secara moderat (lebih lambat dibandingkan glukosa tetapi lebih cepat dibandingkan maltodekstrin komersil). Waktu optimal laju absorpsi hingga menit ke-60.
Maltodekstrin komersil	Terabsorpsi oleh tubuh secara lambat (lebih lambat dibandingkan glukosa dan maltodekstrin DP 3-9). Produk tetap menunjukkan indikasi terabsorpsi oleh tubuh hingga lebih dari menit ke-120.



Gambar 3. Pola perubahan kadar glukosa darah tikus Sprague Dawley jantan berumur 2.5 bulan, sebagai respon terhadap pemberian larutan maltodekstrin DP 3-9 dibandingkan dengan glukosa dan maltodekstrin komersil (dosis pemberian larutan 0,3 g /kg berat badan, lama puasa 24 jam)

lakuan maltodekstrin DP 3-9, sangat berkaitan dengan kandungan oligosakarida berantai panjang yang lebih rendah serta kandungan oligosakarida berantai moderat (DP 3-9) yang lebih tinggi. Oligosakarida berantai panjang (DP > 9), akan lebih sulit terabsorpsi oleh tubuh. Karbohidrat dalam bentuk oligosakarida, akan diuraikan terlebih dahulu menjadi gula-gula sederhana pada *fase brush border* agar dapat diserap oleh tubuh (Muchtadi, 1998). Kesimpulan tersebut didukung pula oleh fenomena peningkatan kadar glukosa darah pada perlakuan maltodekstrin DP 3-9 yang meningkat dengan proporsi relatif lebih tinggi dibandingkan perlakuan maltodekstrin komersil hingga waktu pengamatan pada menit ke-60. Perbedaan karakteristik laju absorpsi antara ketiga perlakuan dirangkum pada Tabel 12.

Berdasarkan karakteristik laju absorpsi, terlihat bahwa penggunaan maltodekstrin DP 3-9 sebagai sumber karbohidrat pada minuman olahraga isotonik akan sangat potensial menjaga keseimbangan kadar glukosa darah lebih baik dibandingkan glukosa dan maltodekstrin komersil. Penurunan kadar glukosa darah dan cadangan glikogen tubuh merupakan merupakan pertanda utama telah terjadinya penurunan stamina tubuh selama aktivitas berolahraga (Ford, 1995). Dibandingkan maltodekstrin komersil, penggunaan maltodekstrin DP 3-9 akan lebih ideal ditinjau dari karakteristik stabilitas pola perubahan kadar glukosa darah yang menunjukkan kesempurnaan absorpsi produk oleh tubuh.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Hasil optimasi, menunjukkan bahwa perlakuan terbaik proses hidrolisis adalah perlakuan konsentrasi pati 200 g/l, konsentrasi enzim 1207,50 unit/l, dengan lama hidrolisis 30 menit yang dilanjutkan proses separasi membran dengan kondisi operasional: konsentrasi sampel 5%, suhu sampel 45° C, tekanan 2 atm, disertai perlakuan filtrasi pendahuluan.

Berdasarkan komposisi sakarida dan tipe pembentukan kompleks warna dengan larutan Iodium, maltodekstrin DP 3-9 dapat dibedakan dari maltodekstrin komersil. Dibandingkan maltodekstrin komersil, maltodekstrin DP 3-9 memiliki perbedaan karakteristik dalam hal kandungan DP 1-2 lebih rendah (10,87% berbanding 16,07%), kandungan DP 3-9 lebih tinggi (89,13% berbanding 78,66%), dan kandungan DP > 9 lebih rendah (tidak terdeteksi berbanding 5,27%).

Pada pengamatan tipe pemben-tukan kompleks warna dengan larutan Iodium, maltodekstrin DP 3-9 akan menghasilkan warna kuning, sedangkan maltodekstrin komersil akan menghasilkan warna ungu kemerahan.

Dibandingkan glukosa, penggunaan maltodekstrin DP 3-9 sebagai sumber karbohidrat pada minuman olahraga isotonik memiliki beberapa keunggulan, ditinjau dari karakteristik laju absorpsinya yang 2 kali lipat lebih lama (60 menit berbanding 30 menit), derajat osmolalitasnya yang 5,6 kali lebih rendah (178 mOsmol/kg berbanding 1000 mOsmol/kg), dan tingkat kemanisan relatifnya yang 10 sampai 11 kali lebih rendah (6,15-7,20 berbanding 57,00-61,00). Berdasarkan karakteristik laju aborpsi yang lebih lambat, maka penggunaan maltodekstrin DP 3-9 akan menyebabkan tubuh tetap memiliki cadangan sumber energi untuk menjaga stamina tetap dalam kondisi prima untuk jangka waktu yang lebih lama. Karakteristik derajat osmolalitas maltodekstrin DP 3-9 yang lebih rendah, akan memberikan keuntungan karena penggunaannya sebagai sumber karbohidrat akan memungkinkan untuk ditingkatkan konsentrasinya, serta memungkinkan pula peningkatan kandungan mineral pada produk tanpa merubah karakteristik isotonik produk. Peningkatan penambahan maltodekstrin DP 3-9 sebagai sumber karbohidrat pada produk, juga didukung oleh karakteristik tingkat kemanisan yang lebih rendah, sehingga penggunaannya pada konsentrasi tinggi tidak akan menimbulkan persepsi rasa manis yang berlebihan.

Penggunaan maltodekstrin DP 3-9 sebagai sumber karbohidrat pengganti glukosa pada minuman olahraga isotonik, memiliki faktor pembatas terutama dari karakteristik viskositasnya. Pada konsentrasi 4% dan 5%, maltodekstrin DP 3-9 akan memiliki viskositas yang 5,70 sampai 6,20% lebih tinggi (1,29 cSt dan 1,37 cSt berbanding 1,22 cSt dan 1,29 cSt), sehingga penggunaannya cenderung menghasilkan produk yang lebih *viscous* (kental).

Dibandingkan maltodekstrin komersil, maltodekstrin DP 3-9 akan lebih ideal digunakan sebagai sumber karbohidrat pada minuman isotonik karena karakteristik laju absorpsinya lebih dari 2 kali lipat lebih cepat (60 menit berbanding lebih dari 120 menit) dan stabilitas penyimpanan pada suhu rendah yang lebih baik berdasarkan hasil uji pembentukan endapan (perlakuan tanpa sterilisasi, lebih dari 8 minggu berbanding 1 minggu; perlakuan sterilisasi, lebih dari 8 minggu berbanding 4 minggu).

Saran

Oleh karena maltodekstrin DP 3-9 akan lebih ideal digunakan sebagai sumber karbohidrat pada minuman isotonik, maka diperlukan penelitian lebih lanjut dalam bentuk formulasi produk. Tujuan penelitian lanjutan tersebut, terutama dititikberatkan pada optimasi jumlah penambahan maltodekstrin DP 3-9 dan mineral pada produk, serta karakterisasi fisik dan biologis produk minuman olahraga isotonik hasil optimasi. Faktor pembatas yang harus dipertimbangkan pada optimasi formulasi produk adalah tingkat penerimaan konsumen terhadap tingkat viskositas produk yang akan dihasilkan.

Secara umum, berdasarkan karakteristik fisik dan biologis, maltodekstrin DP 3-9 dapat digunakan sebagai pengganti glukosa dan maltodekstrin komersil pada berbagai keperluan lain yang spesifik selain sebagai sumber karbohidrat pada minuman olahraga isotonik. Potensi penggunaan maltodekstrin DP 3-9 lainnya yang dapat dikembangkan misal-nya sebagai sumber karbohidrat pada minuman energi *(energy drink)*.

DAFTAR PUSTAKA

Austin, C.L. and D.J. Pierpoint. 1998. ***The Role of Starch - Derived Ingredient in Beverages Applications***. J. Cereal Foods World, 43 (10), 748-752.

Cheryan, M. 1986. ***Ultrafiltration Handbook***. Technomic Pub. Co. Inc. Lancaster, PA.

Ford, 1995. ***Formulation of Sport Drink***. In Carbonated Fruit Juices & Fruit Beverages, P.R. Ashurt (ed). Blackie Academic & Professional, Glasgow, 1995.

Francis, F.J. 1994. ***Colometric Properties of Foods. In Engineering Properties of Food***. Edited by M.A. Rao and S.S.H. Rizvi. Marcell Dekker, Inc.

Heine, P.A., J.A. Taylor, G.A. Iwamoto, D.B. Lubahn, and P.S. Cooke. 2000. ***Increased Adipose Tissue in Male and Female Estrogen Receptor-a Knockout Mice***. J. Proc. Natl. Sci. U.S.A., 97 (23), 12729-12734.

Hollo, J., E. Laszlo, and A. Hoschke. 1983. ***Enzyme Engineering in Starch Industry***. J. Starch, 35 (5), 169-173.

Kearsley, M.W. and S.Z. Dziedzic. 1995. ***Handbook of Starch Hydrolysis Product and Their Derivatives***. Blackie Academic & Professional, Glasgow.

Marchal, L.M., H.H. Beeftink, and J. Tramper. 1999. ***Towards a Rational Design of Commercial Maltodekstrin***. J. Trends in Food Science and Technology, 10. 345-355.

Muchtadi, D. 1988. ***Petunjuk Laboratorium Evaluasi Nilai Gizi Pangan***. PAU Pangan dan Gizi, Institut Pertanian Bogor. Bogor.

Robards, K., P.R. Haddad, and R.E. Jackson. 1994. ***Principles and Practice of Modern Chromatography Methods***. Academic Press Limited, London.

Schwardt, E. 1990. *Production and Use of Enzymes Degrading Starch and Some Other Polysaccharides*. ***Proceeding of The International Conference on Biotechnology and Food***, Food Biotechnology, 4 (1), 337-351.

Sims, K.A. and M. Cheryan. 1992. ***Continous Production of Glucose Syrup in an Ultrafiltration Reactor***. J. Food Sci., 57 (1), 163-166.

Soekarto, S.T. 1985. ***Penilaian Organoleptik untuk Industri Pangan dan Hasil Pertanian***. Bhratara. Jakarta.

Rahman, A. 1992. ***Teknologi Fermentasi***. Penerbit Arcan, Jakarta.

Sudarmaji, S., B. Haryono, dan Suhardi. 1986. ***Prosedur Analisa untuk Bahan Makanan dan Pertanian***. Fakultas Teknologi Pertanian. Universitas Gadjah Mada.

Toledo, R.T. 1991. ***Fundamental of Food Process Engineering; Second edition***. Chapman & Hall, New York.

Zakour, O.P. and M.R. McLellan. 1993. ***Optimization and Modelling of Apple Juice Cross-Flow Microfiltration with a Ceramic Membrane***. J. Food Sci., 58 (2), 369-374.