STUDI KARAKTERISASI SIFAT FUNGSI MALTODEKSTRIN DARI PATI SINGKONG

(STUDY ON CHARACTERIZATION OF FUNCTIONAL PROPERTIES OF MALTODEXTRIN OF CASSAVA SLURRY)

Husniati
Baristand Industri Bandar Lampung
Telp. 0721-706353, Fax. 0721-771357
husniati.eni@gmail.com

ABSTRAK

Maltodekstrin adalah produk modifikasi pati yang dihasilkan dari hidrolisis pati oleh enzim α-amilase secara parsial. Penelitian ini menggunakan pati dari singkong dan bubur maltodekstrin dibuat pada DE (*Dextrose Equivalent*) 5-10. Maltodekstrin pada DE tersebut mempunyai sifat mudah larut dalam air dingin, derajat kemanisan rendah dan dapat diaplikasikan sebagai bahan tambahan dalam industri makanan, minuman, dan obat-obatan. Proses pembuatan berlangsung optimal kurang lebih 90 menit pada suhu 85°C. Kemudian *bubur* dikonversikan menjadi bubuk menggunakan pengering *spray drier*. Hasil pengamatan mikrostruktur granular mempunyai bentuk sperikal dan berpori dengan ukuran diameter 10-20 μm. Pengamatan mikrostruktur granular diamati menggunakan alat SEM (scanning electron microscopy). Karakteristik sifat fungsi maltodekstrin diperoleh dari data amilografi, menunjukkan bahwa viskositas maksimum 155 BU pada suhu 32,5 °C selama 2:50 menit sedangkan pati alaminya adalah 608 torque pada suhu 76,1°C selama 11:45 menit.

Kata kunci: maltodekstrin DE 5-10, modifikasi pati, singkong, α-amilase

ABSTRACT

Maltodextrin is a modified starch produced through partial hydrolizatipn of starch using α-amylase. In this research cassava starch was used to produce maltodextrin slurry at DE 5-10. The maltodextrin has a characteristic of easily dissolve in cool water, low degree of sweetness and can be used in food and pharmaceutical industries. Production process is optimal at 85°C in 90 minutes.,The slurry of maltodextrin was spray-dried to get a granule form. Under the Scanning Electron Microscope, the microsturcture of the granule was spherical, porous, and has a size of 10-15 μm. The function characteristic was studied using amylography, indicating that maximum viscosity was 155 BU at 32,5 °C during 2:50 minutes, while its native starch has maximum viscosity of 608 BU at 76,1 °C during 11:45 minutes.

***Keywords**: maltodextrin DE 5-10, starch modified, cassava, α-amilase*

I. PENDAHULUAN

Pati (starch) alami memiliki keterbatasan dalam kegunaannya untuk aplikasi komersial. Sifat alami pati diantaranya tidak larut dalam air dingin dan tidak dapat dicerna oleh tubuh manusia (Hay, 2002). Wurzburg (1989) dalam Ojinnaka, M.C, 2009, telah memberikan pengetahuan yang mendalam tentang sifat fisika dari pati alami dibandingkan dengan pati modifikasi. Modifikasi pati memberikan perubahan dari sifat fisika dan sifat kimia. Perubahan ini mempunyai sasaran utama untuk aplikasi produk makanan lebih spesifik yang dapat memperbaiki sifat fungsi produk terhadap viskositasnya, stabilitas, integritas, tekstur, dan pengemulsi sebagaimana keterbatasan pati dalam bentuk alaminya (Hay, 2002).

Maltodekstrin sebagai produk modifikasi pati mempunyai rumus kimia $(C_6H_{10}O_5)_nH_2O$, adalah produk degradasi bahan baku pati yang mengandung unit α-D-glukosa yang saling berikatan oleh ikatan glikosidik. Kualitas maltodekstrin dipresentasikan ke dalam nilai DE (*Dextrose Equivalent*) sesuai dengan spesifisitas Pharmacopeial standar USPNF XVII untuk produk maltodektrin yang mempunyai nilai kisaran DE 5-20. Kelebihan produk ini dapat bercampur dengan air membentuk cairan koloid bila dipanaskan dan mempunyai kemampuan sebagai perekat, dan tidak bersifat toksik sehingga dapat digunakan dalam pembuatan tablet obat (Jufri, 2004).

Secara teori, maltodekstrin dapat dibuat dengan dua cara yaitu hidrolisis asam dan hidrolisis secara enzimatis. Hidrolisis asam menghasilkan lebih banyak produk tidak jelas atau tidak terkontrol, glukosa bebas dan kecenderungan yang tinggi untuk membentuk retrogradasi. Untuk beberapa aplikasi dari produk hidrolisis asam dengan DE rendah membentuk agregat tidak larut dan lebih tidak disukai. Untuk tujuan komersial hidrolisis enzim lebih disukai karena produk yang dihasilkan lebih terkontrol dengan DE yang diingini (http://books.google.co.id/books?id=Ck1cwsch_UcC&pg=PA65&dq=maltodextrin&lr=&ei=T6l2SpKSBJiCkQS9xcSjAQ#v=onepage&q=maltodextrin&f=false).

Produk maltodekstrin telah banyak dimanfaatkan sebagai bahan tambahan dalam industri makanan, minuman, dan obat-obatan (Shuler and Kargi, 2002).

Pemanfaatan maltodektrin dalam produk makanan dan minuman mempunyai peran sebagai pensuplay bahan pemanis nutritif dengan derajat kemanisan rendah namun berkalori. Untuk mengetahui bahan pemanis mempunyai nilai gizi (pemanis nutritif) atau tidak diperhatikan bahwa seluruh karbohidrat didegradasi oleh enzim yang spesifik untuk menghasilkan glukosa selanjutnya glukosa diubah menjadi piruvat dan memasuki siklus Crebs Asam karboksilat menghasilkan energi ATP. Sementara pemanis nonnutritif tidak dapat diubah menjadi energi ATP karena enzim yang spesifik pada proses glikolisis tidak mengenal struktur jenis pemanis ini (Hui, 1992).

Kebutuhan bahan pemanis berkalori pada makanan maupun minuman baik dikonsumsi oleh dewasa maupun anak-anak. Bahan pemanis ini berfungsi sebagai sumber energi yang bermanfaat bagi kontinuitas aktivitas berlebih. Pada kondisi demikian, tubuh memerlukan energi yang diperoleh dari cadangan glikogen di hati, glukosa dalam darah atau asupan glukosa dari luar tubuh (http://www.wikipedia.org/).

Berdasarkan hasil penelitian, pada kondisi normal manusia memerlukan gula di dalam darah setiap hari sebanyak 200-240 kalori, bila kekurangan dari jumlah tersebut menimbulkan penyakit hipoglikemia dan kelebihannya dapat menyebabkan penyakit diabetes (Pintauro, 1977). Maltodektrin dalam minuman berenergi yang direkomendasikan untuk olahragawan atau kita yang melakukan aktivitas berlebih mempunyai peran sebagai penyedia energi berkelanjutan melalui absorpsi komponen-komponen dari maltodekstrin oleh tubuh berlangsung secara berkala.

Manfaat maltodekstrin untuk kesehatan dilihat dari fungsinya di dalam tubuh. Maltodekstrin berfungsi sebagai sumber oligosakarida bagi pertumbuhan bakteri prebiotik dan kehadirannya dapat menguntungkan perkembangbiakan bakteri prebiotik sehingga dapat memperlancar proses degradasi oleh bakteri prebiotik yang berlangsung dalam saluran pencernaan (http://no.wikipedia.org/wiki/Maltodekstri

Pembuatan maltodekstrin pada penelitian ini dilakukan melalui proses hidrolisis dengan enzim. Pati dari singkong (tapioka) dilarutkan dalam air kemudian ditambahkan enzim □-amilase termomyl. Proses hidrolisis berlangsung pada suhu tinggi hingga diperoleh suspensi maltodekstrin dengan nilai DE 5-20. Proses berikutnya menge-ringkan suspensi hingga diperoleh bentuk bubuk. Pengering secara udara panas bermanfaat untuk menghilangkan air dari produk makanan berbentuk *slurry* menjadi bentuk powder kering merupakan prinsip spray drier (http://en.wikipedia.org/wiki/Spraydrying).

Penelitian ini mempunyai tujuan memproduksi maltodekstrin dari sumber pati yang diperoleh dari tapioka (pati singkong). Maltodekstrin diproduksi pada DE 5-10. Karakterisasi produk diamati dari data amilografi untuk mengetahui sifat fungsi dari pati alami dibandingkan dengan bentuk termodifikasi. Untuk mengetahui perubahan morfologi granula pati dapat diidentifikasi di bawah mikroskop cahaya menggunakan alat SEM yaitu dengan mengamati perubahan bentuk yang terjadi dari keadaan awal (*native*) maupun setelah dilakukan suatu perlakuan.

Oksidasi adalah suatu reaksi yang berlangsung karena adanya sejumlah oksigen (oksigen triplet dan oksigen singlet) yang menyebabkan berkurangnya elektron pada suatu atom atau ion (Raharjo, 2006). Reaksi oksidasi tidak hanya terjadi pada makanan tetapi juga dapat terjadi dalam tubuh. Terjadinya oksidasi ini akan mengakibatkan terbentuknya suatu senyawa radikal. Senyawa radikal adalah suatu molekul/atom yang tidak stabil dimana struktur kimianya kekurangan satu elektron pada kulit terluarnya, sehingga menjadi bebas dan sangat reaktif menyerang molekul lain untuk mendapatkan kekurangan elektron pasangannya. Radikal bebas dapat menyerang sel-sel tubuh

sehingga menyebabkan kerusakan pada jaringan dan DNA serta dapat mempercepat proses penuaan dan menyebabkan berbagai penyakit seperti kanker dan penyakit degeneratif lainnya (Price, 2003; Kabara, 2005).

Untuk menghambat terjadinya proses oksidasi dan terbentuknya senyawa radikal sering digunakan senyawa antioksidan. Senyawa antioksidan dapat bersumber dari antioksidan yang dibuat oleh tubuh kita berupa enzim, antioksidan sintetik yang dibuat dari bahan-bahan kimia dan antioksidan alami yang dapat diperoleh dari tanaman dan hewan. Senyawa antioksidan alami dari tumbuhan umumnya merupakan senyawa fenolik yang dapat berupa golongan flavonoid, tokoferol dan asam organik (Kumalaningsih, 2006).

Virgin Coconut Oil (VCO) atau minyak kelapa murni adalah salah satu jenis minyak nabati yang dapat bermanfaat dari aspek medis dan nutrisi karena dapat mencegah dan membantu mengobati penyakit tertentu serta dapat mempermudah proses pencernaan makanan dan penyerapan gizi (Price, 2003). VCO mengandung asam lemak tak jenuh ±10% dan asam lemak jenuh ±90% yang didominasi oleh asam lemak laurat yaitu sekitar 47% – 53%. Asam lemak jenuh di dalam VCO merupakan asam lemak golongan rantai sedang (MCFA) yang lebih mudah dilarutkan dan tidak ditimbun dalam tubuh sebagai jaringan lemak, sehingga dari berbagai khasiat VCO yang telah diketahui, asam lemak terutama asam laurat dengan berbagai sifat kimianya diyakini sebagai komponen bioaktif yang berperan (Alamsyah, 2005). Kandungan kimia VCO selain asam lemak yang merupakan komponen mayor, VCO juga mengandung komponen minor (mikronutrien).

Komponen minor yang terdapat dalam VCO belum banyak dipublikasi sehubungan dengan khasiat VCO terutama hubungannya dengan khasiat/ manfaat dari VCO sebagai antioksidan dan antifotooksidan. Menurut Sahidi dan Wanasundara (2002), Halliwel dan Aruoma (1997) keberadaan komponen minor pada minyak nabati berupa senyawa fenolik memegang peranan penting di dalam tubuh yang dapat dihubungkan dengan proses penuaan, mutagenesis, karsinogen dan asthereosklerosis. Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari aktivitas dan potensi komponen minor dari VCO sebagai antioksidan dan antifotooksidan, mengidentifikasi komponen minor di dalam VCO yang memiliki aktivitas antioksidan dan antifotooksidan.

II. BAHAN DAN METODE

Bahan Baku : tapioka yang ada di pasar tradisional, Metro, Lampung Tengah (No. 118270), enzim Thermamyl L120 dari Novo, $CaCl_2$, bahan kimia untuk penentuan gula pereduksi metode modifikasi Somogy.

2.1. Metode

Optimasi Produksi Maltodekstrin: 35% pati (tapioka) disuspensikan dalam air yang mengandung 200 ppm $CaCl_2$. Larutan dibuat hingga pH 6,5. Enzim amilase thermamyl 0,1v/b ditambahkan setelah suhu 6585 ^{0}C. Reaksi hidrolisis enzim dilakukan sampai diperoleh DE 5-10. Campuran didinginkan sampai suhu 30-40 ^{0}C dan inaktif enzim dengan penambahan asam hingga pH 3,7 untuk selanjutnya dinetralkan kembali setelah 30 menit (Jufri, 2004). Nilai DE ditetapkan dengan metode modifikasi Somogy (JICA manual; Barbosa, Ma., and Barletta, 1997; Yeshajahu, and Meloan, 1987).

Selanjutnya *slurry* dikeringkan dengan alat penering *spray drier* berlangsung pada suhu 100 ^{0}C selama 3 jam.

2.2. Penentuan Spesifikasi Produk

Spesifikasi produk maltodekstrin hasil penelitian ditentukan berdasarkan standar persyaratan mutu Pharmacopeial untuk produk maltodekstrin.

Bentuk dan ukuran granula ditentukan menggunakan alat SEM (Scanning electron microscope).

2.3. Amilografi dalam Penentuan Sifat Fungsional Tepung

Sifat fungsional tepung ditentukan menggunakan alat Brabender micro visco-amylograph sesuai instruksi alat. Penentuan sifat gelatinisasi berdasarkan variasi parameter suhu. Kondisi alat ditetapkan suhu awal pada 30 ^{0}C dan dinaikkan hingga konstan pada suhu maksimum 93 ^{0}C. Temperatur akhir ditetapkan pada suhu 50 ^{0}C.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Optimasi pembuatan maltodektrin DE 5-10 dari pati tapioka

Pada konsentrasi substrat 35% tapioka memberikan nilai DE yang diinginkan yaitu DE 5-10 dan tercapai pada waktu hidrolisa kurang lebih 90 menit. Melalui pengamatan dari waktu hidrolisis enzim ada suatu

kecenderungan makin lama reaksi hidrolisis berlangsung maka nilai DE yang diperoleh makin tinggi hingga pada suatu waktu tertentu tidak terjadi kenaikan nilai DE lebih lanjut maka seluruh pati telah terhidrolisis oleh enzim amilase thermamyl 0,1 v/b. Pada Tabel 1 ditunjukkan pengaruh waktu hidrolisis substrat pati terhadap nilai DE.

Pada Tabel di atas, maltodekstrin DE 5-10 dihasilkan dari hidrolisis pati 35% selama kurang lebih 90 menit. Waktu hidrolisis melewati waktu tersebut diperoleh DE melebihi DE 10 demikian halnya untuk waktu hidrolisa kurang dari 30 menit diperoleh DE kurang dari 5. DE kurang dari 5 tidak sesuai dengan spesifikasi Pharmacopeial standar USPNF XVII untuk produk maltodektrin yang mempunyai nilai kisaran DE 5-20. Maltodekstrin DE 5-10 mempunyai alasan untuk pemanfaatan produk lebih lanjut dan DE 5-10 mempunyai karakteristik kurang higroskopik dibandingkan DE 10-20.

3.2. Spesifikasi Persyaratan Mutu Produk

Berdasarkan Tabel 2 bahwa maltodekstrin hasil penelitian memiliki spesifikasi sesuai dengan standar persyaratan mutu Pharmacopeial USPNF XVII produk maltodekstrin dengan DE kurang dari 10.

3.3. Mikrostruktur granula pati alami dengan termodifikasi

Pengamatan di bawah mikroskop SEM menggunakan perbesaran 2500x, bahwa bentuk granula pati alami mempunyai pola *spherical* dengan distribusi ukuran granula tidak homogen yaitu granul kecil memiliki diameter ukuran berkisar 5-10 dan granul besar 15-20 µm (Gambar 1). Gambar mikrostruktur tapioka sesuai dengan literatur dari sumber : Banks and Greenwood, 1975 dalam Hay, 2002.

Bentuk dan ukuran granula pati termodifikasi (maltodektrin) mempunyai pola *spherical* berpori dengan diameter berkisar 10-20 µm dilihat menggunakan mikroskop SEM dengan perbesaran 2500x (Gambar 2).

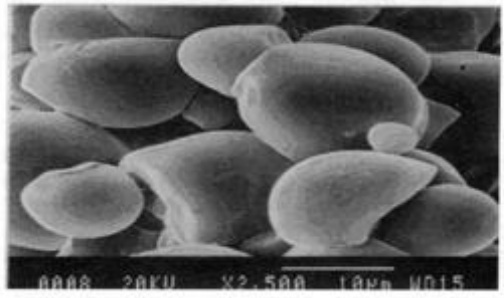
Bentuk granul pati alami dengan granul termodifikasi dari kedua Gambar terlihat telah mengalami perubahan dari bentuk *spherical* tanpa pori menjadi berpori. Peru-

Tabel 1. Pengaruh waktu hidrolisa pati 35% terhadap nilai DE

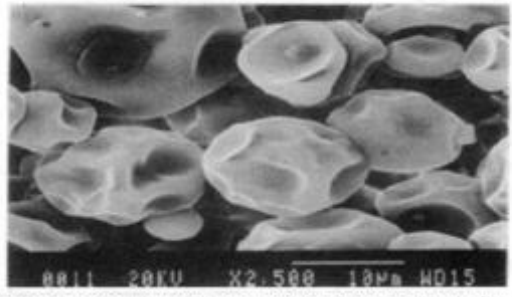
Waktu hidrolisa (menit)	$\%DE = \frac{\text{Gula pereduksi}}{\text{Total gula}}$
30	4,86
90	9,61
120	12,17
180	13,77

Tabel 2. Spesifikasi persyaratan mutu produk maltodekstrin hasil penelitian

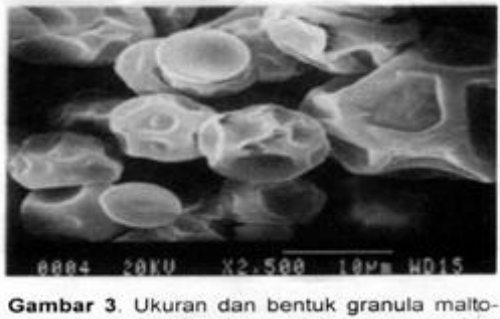
Analisa kualitas produk	35% b/b tepung tapioka	Baku standar
Protein	0,1%	≤0,1%
Viskositas	-	≤ 20mPa s
pH	6,64	4-7
Dekstrosa[7]	9,61	< 20
Kelarutan air dingin	90,09%	>50%
Warna	Putih	Putih/putih kekuningan



Gambar 1. Ukuran dan bentuk granula tapioka menggunakan SEM



Gambar 2. Ukuran dan bentuk granula maltodektrin menggunakan SEM



Gambar 3. Ukuran dan bentuk granula maltodektrin komersial menggunakan SEM perbesaran 2500x

bahan tersebut terjadi setelah hidrolisis enzimatis dan perlakuan panas dalam reaksi pembuatannya. Mikrostuktur dari maltodekstrin hasil penelitian ini selanjutnya dibandingkan dengan maltodekstrin komersial. Bentuk dan ukuran granula pati maltodektrin komersial mempunyai kesamaan dengan hasil penelitian. Mikrostruktur komersial ditunjukkan dalam Gambar 3 yaitu mempunyai pola yang sama yaitu *spherical* berpori dengan diameter berkisar 10-20 µm.

3.4. Sifat Fungsional Maltodektrin

Tapioka adalah hasil ekstraksi pati dari ubi kayu dengan kandungan terbanyak 70-85%. Pati tapioka tersusun atas dua fraksi amilosa dan amilopektin saling berikatan α-poliglukan.

Amilosa adalah molekul berantai linier yang dihubungkan oleh ikatan α-1,4 dari sejumlah 500-5000 unit glukosa. Amilosa bertindak sebagai pengisi amorf dalam granula. Sementara molekul amilopektin merupakan molekul bercabang yang terdiri atas rantai pendek dari 10-60 unit glukosa berikatan α-1,4 kemudian rantai-rantai pendek ini terhubung satu sama lain dengan ikatan α-1,6, tersusun seperti *double helix* dalam suatu kelompok karakter kristal. Bentuk granula bergantung pada asal tanaman (Shamekh, 2002).

Amilosa dapat dihidrolisis oleh amilase sementara amilopektin berantai cabang dihidrolisis oleh pululanase. Hasil hidrolisis tsb memberikan proporsi kandungan amilosa dan amilopektin yang berbeda dengan alaminya dan mempengaruhi komponen tsb menjadikan tingkatan dari pati tsb untuk mudah didigesti (Hui, YH., 2007). Amilosa dari tapioka/pati alami terdapat 17-20% (Charles, 1953; Hay, M., 2002).

Granul pati alami bersifat tidak mudah larut di bawah suhu 70 °C atau dalam air dingin. Berdasarkan data amilografi dari Tabel 3 bahwa absorbsi air dan reaktivitas fisika kimia dari inert granul pati alami dapat ditingkatkan melalui proses pemanasan yang disebut gelatinisasi yaitu suatu proses agar pati alami lebih mudah dicerna. Pada proses gelatinisasi melibatkan amilosa dalam peyerapan air, *swelling*, dan gelasi pati. Pada kondisi pembentukan gelatinisasi, ikatan

Tabel 3. Data amilografi pati singkong (tapioka) pada konsentrasi 6%

Gelatinisasi		Granul pecah		Viskositas (BU)		
Suhu, °C	Waktu (menit)	Suhu °C	Waktu (menit)	Puncak	50°C	Balik
70,2	10:50	76,1	11:45	608	456	-21

Tabel 4. Data amilografi maltodektrin pada konsentrasi 50%

Gelatinisasi		Granul pecah		Viskositas (BU)		
Suhu °C	Waktu (menit)	Suhu °C	Waktu (menit)	Puncak	50°C	Balik
30	1:20	32,5	2:50	155	43	-3

glikosidik antara amilosa dan amilopektin mudah terputus karena sifat mobilitas air yang cukup tinggi. Pemutusan dalam ikatan ini diikuti selanjutnya hingga memberikan monomer-monomer glukosa atau gula-gula sederhana. (Hui, YH., 2007; http://www.sciencedirect.com/science/; Sajilata, et.al., 2006). Data amilografi pati alami ditunjukkan pada Tabel 3. Sementara itu amilografi dari maltodekstrin, modifikasi pati melalui perlakuan enzim amilase ditunjukkan dalam Tabel 4.

Produk modifikasi pati dari pati alami untuk memperoleh maltodekstrin dengan cara gelatinisasi dan hidrolisis enzim memberikan data amilografi sebagai berikut: terjadi penurunan viskositas (Vmax pati=608 torque dan maltodekstrin=155 torque), kelarutan yang tinggi dalam air dingin (suhu 32,5 °C untuk maltodekstrin dan 76 °C untuk patinya) serta kecenderungan lebih lambat dibandingkan pati alaminya untuk terjadi proses retrogradasi ditunjukkan dari viskositas dingin pada 50 °C yang rendah (Viskositas dingin untuk maltodekstrin 43 torque dan pati alaminya 456 torque). Hal tersebut disebabkan amilosa sulit bersatu untuk penyusunan ulang struktur rantai lurus setelah mengalami proses gelatinisasi dalam pembentukan misel (gel).

IV. KESIMPULAN

1. Maltodektrin DE 5-10 dapat dibuat melalui hidrolisis pati tapioka menggunakan enzim amilase thermamyl dan reaksi hidrolisis berlangsung pada suhu 85 °C kurang lebih 90 menit.
2. Pati alami dari bahan singkong mempunyai viskositas maksimum pada nilai 608 torque, suhu 76,1 °C selama 11:45 menit sedangkan maltodektrin DE 5-10 memberikan penurunan viskositas maksimum pada nilai 115 torque, suhu 32,5 °C selama 2:50 menit.

V. DAFTAR PUSTAKA

1. Barbosa, C.V., L, Ma., and Barletta, B., 1997. "Food Engineering Laboratory

Manual". Technomic Publish. Comp. Inc. USA. p55-103
2. Charles, A.B., 1953. "Starch: Its Sources, Production and Uses", Reinhold Publish. Coorp., New York.
3. Hay, M., 2002. "The Extent of gelatinization and Change to the Microstructure of starch as a result of extrusion processing", Depart. Of Chemical engineering. The University of Queensland
4. http://www.wikipedia.org/diakses tanggal 25 Juli 2006 pukul 11.15 WIB.
5. http://en.wikipedia.org/wiki/Spray_drying diakses pada tgl 5 Maret 2009 pukul 11:18 wib
6. http://no.wikipedia.org/wiki/Maltodekstri diakses pada tanggal 24 desember 2008 pukul 10:05 WIB.
7. http://www.sciencedirect.com/science? Philipp , W. Bock , F. Schierbaum, 2001. "Application of polysaccharides and their derivatives as supporting materials and auxiliary substances in medicine and nutrition,
8. Food and Bioproducts Processing Vol. 79 (1), p 41-45
9. http://books.google.co.id/books?id=Ck1cwsch_UcC&pg=PA65&dq=maltodextrin&lr=&ei=T6I2SpKSBJiCkQS9xcSjAQ#v=onepage&q=maltodextrin&f=false Kearsley M.W. and Dzietic, S.Z.
10. "Handbook of Starch Hydrolysis and their Derivatives", diakses pada tgl 3 Agustus 2009 pukul 16.14 WIB
11. Hui, Y.,H., 1992. "Encylopedia of Food Science and Technology". A.Willey-interscience Publ. Vol 4., New York, p2487-2504
12. Jufri, M., Anwar, A., Djajadisastra, J., 2004. "Pembuatan Niosom Berbasis Maltodekstrin DE 5-10 dari Pati Singkong", Majalah Ilmu Kefarmasian, Vol.1 (1), p.34-46
13. Ojinnaka, M.C., Akobundu, E.N.T., and Iwe, M.O., 2009. "Cocoyam Starch Modification on Functional, Sensory and Cookies Qualities", Pa-kistan J. Of Nutrition, 8 (5), p.558-567.
14. Pintauro, N.D., 1977. "Sweetener and Enhancers", Park Ridge. Noyes Data Corp. USA., P234-239
15. Radley, J. A. 1968. "Starch and Its Derivaties". Chapman and Hall Ltd. 4th ed. p430-457
16. Sajilata, M.G., Singhal, R.S., Kulkarni, P.R. 2006. "Resistant Starch: A Review" Comprehensive Reviews in Food and Food Safety, Vol. 5, p.1-16
17. Shuler, M., L., and Kargi, F. 2002. "Bioprocess Engineering Basic Concepts", Prentice Hall Inc., 2nd ed., USA, p378-379.
18. Shamekh, S.S., 2002. " Effects of Lipid, heating and enzymatic treatment on Starch". VTT Publ., Findland
19. Uno, *et.al.*, 1996. "New Viscograph for Rheological Analysis of Small Quantity of Wheat Flour", American Ass. Of cereal chemists, incS
20. Yeshajahu, P., and Meloan, C.P., 1987. "Food Analysis : theory and Practice". The AVI books. New York, p 637-659.

UCAPAN TERIMAKASIH

Terimakasih atas kerjasamanya kepada Laboratorium Proses Balai Besar Pati BPPT Sulusuban Lampung Tengah