

PEMBUATAN MALTODEKSTRIN DENGAN PROSES HIDROLISA PARSIAL PATI SINGKONG MENGGUNAKAN ENZIM α -AMILASE

Anita Nurfida (L2C308005) dan Ika Nawang Puspitawati (L2C308020)

Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro
Jalan Prof. Soedarto, Tembalang, Semarang, 50239, Telp/Fax : (024) 7460058
Pembimbing : Ir. Kristinah Haryani, MT

Abstrak

Maltodekstrin merupakan produk hasil hidrolisa parsial pati singkong dengan menggunakan asam maupun enzim. Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji berbagai variabel yang berpengaruh dalam proses serta mengamati perubahan sifat-sifat fisika maupun kimia dari maltodekstrin yang dihasilkan. Proses pembuatannya dilakukan melalui 3 tahap, yaitu (1) tahap persiapan, (2) tahap pembentukan dekstrin (dekstrinisasi), (3) tahap analisa produk. Tahap pembentukan dekstrin terdiri dari 2 tahap yaitu tahap gelatinisasi dan tahap liquifaksi yang dilakukan dengan proses pengadukan dalam waktu tertentu. Variabel kendali dalam penelitian ini meliputi : suhu operasi, kecepatan pengadukan, kebutuhan CaCl_2 , dan konsentrasi enzim. Variabel bebasnya berupa pH (6 ; 7), waktu operasi (60 ; 90 ; 120 menit), dan konsentrasi pati (12 ; 14 ; 16 ; 18% w/v). Produk kemudian dianalisa dengan menghitung harga Dekstrosa Ekuivalen (DE) berdasarkan United States Patents no. 6054302 (2000), besarnya yield didapatkan dengan perhitungan menurut Coulson & Richardson (1983), analisa swelling power berdasarkan metode Leach (1959), dan % solubility menggunakan metode Kainuma (1967). Hasil yang didapat dari penelitian adalah maltodekstrin dengan harga Dekstrosa Ekuivalen (DE) maksimal sebesar 19,59, dan diketahui bahwa semakin lama waktu dekstrinisasi maka semakin besar pula harga DE maltodekstrin yang dihasilkan. Akan tetapi hal ini berbanding terbalik dengan peningkatan konsentrasi pati dan pH larutan yang menghasilkan nilai DE yang semakin kecil. Persentase kelarutan (solubility) dan swelling power dipengaruhi interaksi antara konsentrasi pati, waktu dekstrinisasi dan pH larutan.

Kata kunci : Dekstrosa Ekuivalen (DE), enzim α -amilase, hidrolisa parsial, maltodekstrin

Abstract

Maltodextrin is partial hydrolysis product from tapioca starch using acid and enzyme catalyst. The aim of this research are to investigate various variables which influence in hydrolysis process with enzymatic method and observed changes in physical and chemical characteristic of maltodextrin. The production of maltodextrin include in three step, (1) preparation, (2) dextrin formation (dextrinization), and (3) product analysis. Dextrin formation consist of two phase, there are gelatinization and liquefaction phase which is done by mixing in certain time. Control variables in this research include : operation temperature, string speed, CaCl_2 need, and enzyme concentration. Independent variables such as pH (6 ; 7), operation time (60 ; 90 ; 120 minutes) and concentration starch (12 ; 14 ; 16 ; 18% w/v). Product are then analyzed by calculating Dextrose Equivalent (DE) value based on United States Patents no. 6054302 (2000), the yield obtained by calculation according to Coulson & Richardson (1983), swelling power analysis based on the method of Leach (1959), and % solubility using the method of Kainuma (1967). Result obtained from this research is maltodextrin with Dextrose Equivalent value (DE) maximum at 19.59, and it is known that the longer time dextrinization the greater the value of maltodextrin DE generated. But this is inversely proportional to the increase in starch concentration and pH of the solution that produces a smaller DE values. Percentage solubility and swelling power is influenced by interactions between starch concentration, dextrinization time, and pH of the solution.

Key words : Dextrose Equivalent (DE), enzyme α -amilase, partial hydrolysis, maltodextrin,

1. Pendahuluan

Singkong merupakan salah satu varietas umbi-umbian yang tidak asing bagi penduduk Indonesia, hal ini dikarenakan keberadaannya dapat disejajarkan dengan beras dan jagung yang merupakan bahan pokok sebagian besar masyarakat Indonesia. Masyarakat Indonesia biasa mengolah singkong menjadi berbagai makanan olahan seperti tiwul, utri, kerupuk, tape dan gethuk. Disamping itu, singkong juga dapat diolah menjadi tepung tapioka atau pati, yang nantinya dapat dimanfaatkan pada berbagai industri pangan dan industri kimia lainnya (Trubus, 2009).

Pati alami (belum dimodifikasi) mempunyai beberapa kekurangan pada karakteristiknya yaitu membutuhkan waktu yang lama dalam pemasakan (sehingga membutuhkan energi tinggi), pasta yang terbentuk keras dan tidak bening, selain itu sifatnya terlalu lengket dan tidak tahan perlakuan dengan asam. Dengan berbagai kekurangan tadi, maka dikembangkan berbagai modifikasi terhadap tepung tapioka yang diharapkan dapat memenuhi kebutuhan pasar (industri) baik dalam skala nasional maupun internasional (ekspor). Industri menginginkan pati yang mempunyai kekentalan yang stabil baik pada suhu tinggi maupun rendah, mempunyai ketahanan baik terhadap perlakuan mekanis, dan daya pengentalannya tahan pada kondisi asam dan suhu tinggi. Sifat-sifat penting lainnya yang diinginkan pada pati termodifikasi diantaranya adalah kecerahan lebih tinggi (pati lebih putih), kekentalan lebih tinggi, gel yang terbentuk lebih jernih, tekstur gel yang dibentuk lebih lembek, kekuatan regang rendah, granula pati lebih mudah pecah, waktu dan suhu gelatinisasi yang lebih rendah, serta waktu dan suhu granula pati untuk pecah lebih rendah (Ebookpangan, 2006).

Berbagai proses kimia yang dapat diterapkan pada modifikasi pati diantaranya oksidasi, hidrolisa, *cross-linking* atau *cross bonding* dan substitusi (Fleche, 1985). Maltodekstrin merupakan salah satu produk hasil hidrolisa pati dengan menggunakan asam maupun enzim, yang terdiri dari campuran glukosa, maltosa, oligosakarida, dan dekstrin (Deman, 1993). Lloyd dan Nelson, 1984 dan Kennedy et al, 1995 dalam ebookpangan menyatakan bahwa produk hasil hidrolisis enzimatis pati mempunyai karakteristik yaitu tidak higroskopis, meningkatkan viskositas produk, mempunyai daya rekat, dan ada yang dapat larut dalam air seperti laktosa.

Karakteristik maltodekstrin yang dihasilkan sangat dipengaruhi oleh karakteristik tepung yang digunakan dan proses yang dipilih. Maltodekstrin dapat diproduksi dengan tiga macam proses, yaitu secara enzimatik, basah dan proses kering (ebookpangan, 2006). Pada penelitian yang dilakukan oleh O.S. Azeez (2005) dengan judul produksi dekstrin dari tepung tapioka, variabel proses yang digunakan yaitu waktu hidrolisa, temperatur hidrolisa, dan konsentrasi katalis. Respon yang diuji adalah *relative solubility*. Sedangkan penelitian dilakukan oleh Hiroki Takata, Takhesi Takata, Hiroyasu Nakamura, et al (1997) dengan judul *Production and some properties of a dextrin with narrow size distribution by cyclization reaction of branching enzim*, variabel yang digunakan dalam penelitian tersebut adalah konsentrasi amilopektin, jenis amilopektin dan waktu hidrolisa. Respon berupa nilai *dextrose equivalent* dan *relative solubility* di uji dengan *gel permeation chromatography*.

Masalah utama yang menjadi tujuan dalam penelitian ini adalah peningkatan mutu tepung tapioka sehingga dapat meningkatkan nilai ekonomis dari tepung tapioka itu sendiri. Peningkatan mutu tepung tapioka dapat dilakukan dengan cara modifikasi tepung tapioka menggunakan proses hidrolisa parsial secara enzimatik. Maka dalam penelitian ini dilakukan pengamatan terhadap berbagai variabel proses yang berpengaruh dalam proses hidrolisa parsial pati singkong secara enzimatik dalam pembuatan maltodekstrin.

Penelitian ini bertujuan untuk (1) menerapkan proses hidrolisa parsial secara enzimatik pada modifikasi tepung tapioka sehingga dapat meningkatkan kualitas tepung tapioka, (2) mengkaji berbagai variabel yang berpengaruh dalam proses operasi hidrolisa parsial pati singkong secara enzimatik dalam pembuatan maltodekstrin, (3) mengamati perubahan sifat-sifat fisika maupun kimia dari maltodekstrin yang dihasilkan.

2. Bahan dan Metode Penelitian

Bahan yang digunakan dalam pembuatan maltodekstrin adalah tepung tapioka dengan merk "Gunung Agung" produksi PT. Sungai Budi Lampung, spesifikasi terteta pada table 1 (Lab.Kimia Analitik FMIPA UNDIP, 2009), enzim α -amilase yang diperoleh dari Laboratorium Bahan Makanan Teknik Kimia UNDIP, $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ yang diperoleh dari Laboratorium Teknik Kimia 1 UNDIP, aquadest yang diperoleh dari Laboratorium Proses Teknik Kimia UNDIP, HCl p.a. yang diperoleh dari Laboratorium Teknik Kimia 1 UNDIP, NaOH p.a. yang diperoleh dari Laboratorium Teknik Kimia 1 UNDIP, glukosa anhidrit yang diperoleh dari Laboratorium Teknik Kimia 1 UNDIP, indikator metylen blue yang diperoleh dari Laboratorium Teknik Kimia 1 UNDIP, larutan fehling A dan B yang diperoleh dari Laboratorium Teknik Kimia UNDIP.

Tabel 1. Spesifikasi Tepung Tapioka "Gunung Agung"

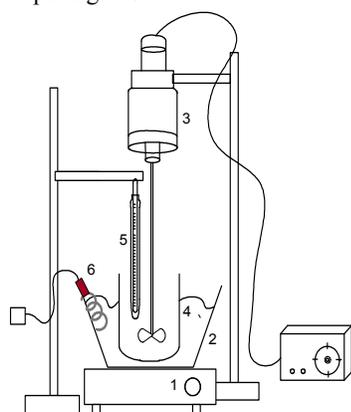
Parameter	Hasil Analisa
Kadar air	11,90%
Kadar abu	11,72%
Kadar lemak	1,02%
Kadar protein	0,56%
Karbohidrat	74,80%

Alat utama yang digunakan adalah seperangkat peralatan hidrolisa yang terdiri dari kompor listrik, *waterbath* yang dilengkapi dengan *heater*, *beaker glass*, pengaduk motor, dan termometer. Sedangkan untuk hasil akhir yaitu produk maltodekstrin diperlukan peralatan berupa oven dan blender.

Proses hidrolisa tepung pati tapioka menjadi maltodekstrin menggunakan enzim α -amilase, agar kinerja dari enzim α -amilase ini optimal maka kondisi operasinya harus disesuaikan. Adapun pada penelitian ini variabel tetapnya meliputi : suhu operasi (87°C), kecepatan putaran pengaduk (skala 7 = 1080 rpm), kebutuhan CaCl_2 (40 ppm), dan konsentrasi enzim (0,5 - 0,6 kg/ton tepung kering). Sedangkan untuk variabel bebasnya yaitu pH (6 ; 7) menurut L.M Marchal et. al (1999), waktu operasi (60 ; 90 ; 120 menit), dan konsentrasi pati (12 ; 14 ; 16 ; 18% w/v).

Penelitian ini dibagi menjadi 3 tahap yaitu (1) tahap pembuatan maltodekstrin terdiri dari tahap persiapan yang meliputi karakterisasi pati tapioka dan pembuatan suspensi pati dalam air; (2) tahap pembentukan maltodekstrin terdiri dari gelatinasi dan *liquifaksi* dalam rangkaian alat hidrolisa, (3) tahap uji hasil meliputi uji DE berdasarkan US Patent no. 6054302 [16]; uji yield dengan perhitungan Coulson & Richardson [6]; uji solubility dengan metode Kainuma [10] dan uji swelling power dengan metode Leach [11].

Tahap awal sebelum membuat dekstrin adalah menimbang pati (12, 14, 16, 18 % w/v) yang mempunyai kadar air $\pm 12\%$ sesuai dengan variabel proses, kemudian dilarutkan menggunakan aquadest dan diatur pHnya sesuai variabel proses (6, 7) menggunakan HCl ataupun NaOH. Setelah itu, baru ditambahkan $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ sebanyak 40 ppm dan enzim α -amilase sesuai dengan konsentrasi yang diinginkan. Pengadukan dilakukan pada suhu 87°C dengan kecepatan putar (skala 7=1080 rpm) selama waktu tertentu sesuai dengan variabel proses yang dikehendaki (60, 90, 120 menit). Larutan maltodekstrin yang dihasilkan dinonaktifkan enzimnya dengan menambahkan HCl 0,5N hingga pH ± 4 . Adapun rangkaian alat hidrolisa yang digunakan dalam penelitian ini dapat dilihat pada gambar 1.



Keterangan gambar :

1. Kompor listrik
2. *Waterbath*
3. Pengaduk motor
4. *Beaker glass*
5. Termometer
6. *Heater*

Gambar 1. Rangkaian alat hidrolisa

3. Hasil dan Pembahasan

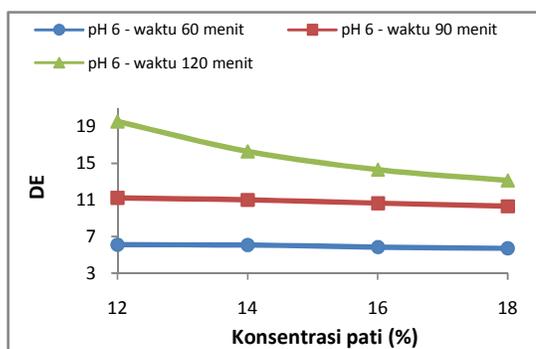
Dalam penelitian kami, proses modifikasi yang digunakan adalah proses hidrolisa parsial dengan menggunakan enzim α -amilase. Selain enzim α -amilase mudah didapatkan, juga penggunaan enzim ini dalam rangka pengoptimalan hasil maltodekstrin dengan karakteristik yang sesuai kebutuhan pasar. Maltodekstrin yang dihasilkan berwarna putih, bau tidak enak atau apek, dan rasanya tawar.

Pada pembuatan maltodekstrin menggunakan enzim α -amilase (*Bacillus licheniformis*) yang tahan terhadap suhu tinggi dan bekerja pada pH optimum 6,0-6,5 (U.S Patent No. 3,912,590). Maka hasil uji DE, yield, solubility dan swelling power terhadap varian konsentrasi pati dan waktu dekstrinisasi antara pH 6 dan 7 menunjukkan hasil optimum pada perlakuan proses pH 6.

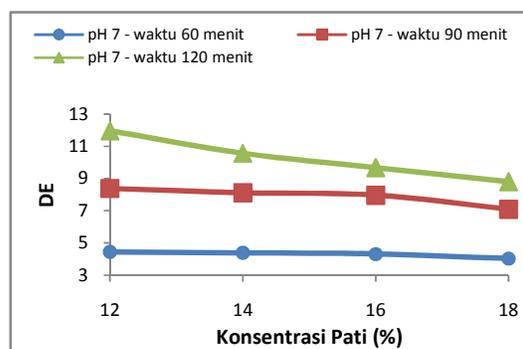
3.1 Pengaruh konsentrasi pati terhadap DE

Konsentrasi pati lebih besar untuk terkonversi oleh enzim menjadi maltodekstrin membutuhkan waktu lama maka kenaikan konsentrasi pada waktu yang sama menyebabkan penurunan DE produk (Ozer et al., 2005). Semakin lama waktu dekstrinisasi maka DE yang dihasilkan semakin meningkat tetapi tidak berlaku untuk kenaikan konsentrasi patinya seperti yang ditunjukkan pada gambar 2 dan 3. Hal ini dikarenakan semakin lama pati terkonversi oleh enzim semakin banyak pula nilai DE yang didapatkan (U.S Patent 4933279). Hal ini dapat dilihat pada gambar 2 dan 3 bahwa semakin kecil konsentrasi pati, DE yang dihasilkan semakin tinggi.

Nilai DE pada variabel pengaruh pH 6 paling optimum sebesar 19,56 sedangkan pada pH 7 paling optimum sebesar 11,97. Hal ini menunjukkan bahwa kondisi operasi pada pH 6 lebih optimum daripada pH 7 untuk mendapatkan nilai DE yang lebih besar.

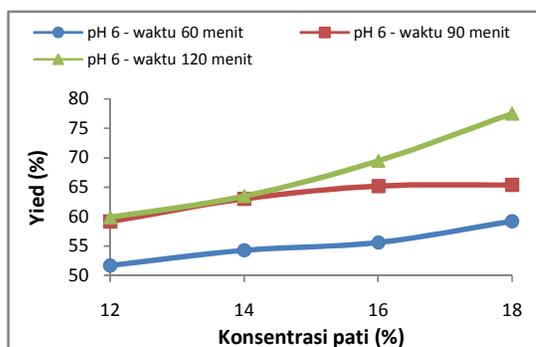


Gambar 2. Grafik pengaruh konsentrasi pati terhadap DE pada pH 6

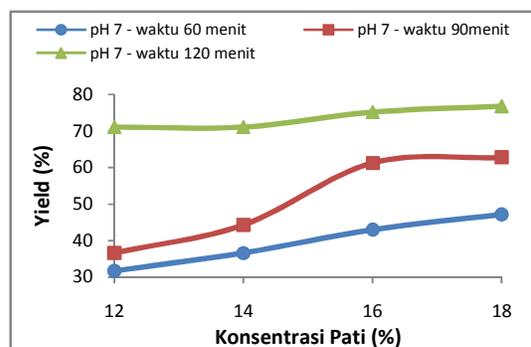


Gambar 3. Grafik pengaruh konsentrasi pati terhadap DE pada pH 7

3.2 Pengaruh konsentrasi pati terhadap yield



Gambar 4. Grafik pengaruh konsentrasi pati terhadap yield pada pH 6

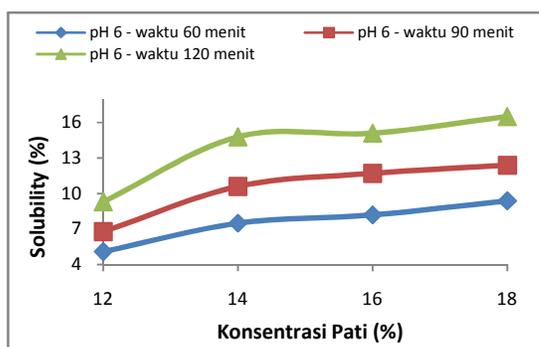


Gambar 5. Grafik pengaruh konsentrasi pati terhadap yield pada pH 7

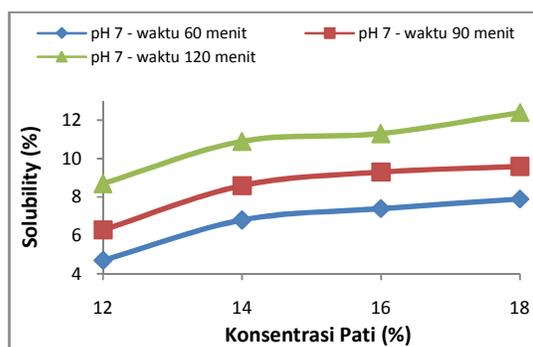
Semakin banyak konsentrasi pati yang digunakan maka semakin banyak pati yang terkonversi menjadi dekstrin (Sriroth et al., 1999). Semakin lama waktu dekstrinisasi maka semakin besar pula yield produk yang didapatkan (U.S Patent No. 4933279), hal ini dikarenakan amilosa pada pati akan lebih lama kontak (terpecah) dengan enzim. Semakin besar konsentrasi pati maka yield yang dihasilkan semakin besar, seperti yang terlihat pada gambar 4 dan 5.

Nilai Yield pada variabel pengaruh pH 6 paling optimum sebesar 77,49% sedangkan pada pH 7 paling optimum sebesar 76,80%. Hal ini menunjukkan bahwa kondisi operasi pada pH 6 lebih optimum daripada pH 7 untuk mendapatkan yield yang lebih besar.

3.3 Pengaruh konsentrasi pati terhadap solubility



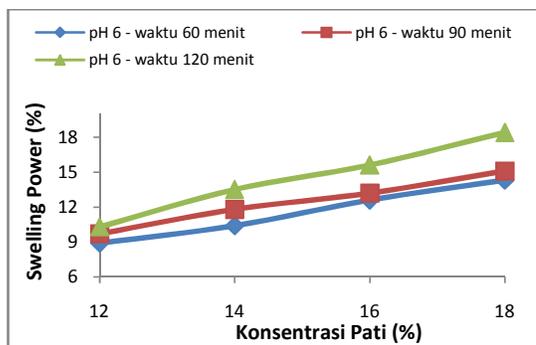
Gambar 6. Grafik pengaruh konsentrasi pati terhadap solubility pada pH 6



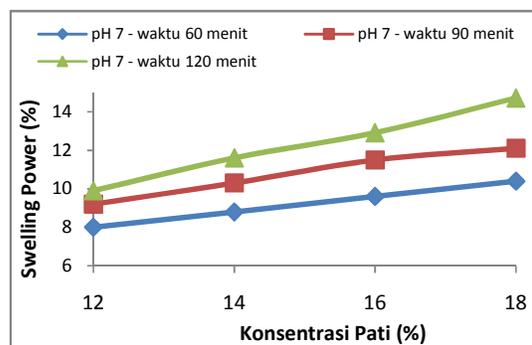
Gambar 7. Grafik pengaruh konsentrasi pati terhadap solubility pada pH 7

Grafik diatas menunjukkan bahwa terjadi penurunan besarnya kelarutan produk terhadap kenaikan pH, atau bisa dikatakan peningkatan kelarutan produk berbanding terbalik dengan pH dekstrinisasi tetapi berbanding lurus dengan konsentrasi pati dan waktu dekstrinisasi. Kondisi optimum pada konsentrasi pati 18% dengan waktu dekstrinisasi selama 120 menit pada pH 6 sebesar 16,5%, sedangkan pada pH 7 sebesar 12,4%. Sehingga dapat ditarik kesimpulan bahwa kelarutan yang paling optimum terjadi pada pH dekstrinisasi 6 dibandingkan dengan pH 7 dengan menggunakan parameter atau variabel yang sama seperti yang ditunjukkan pada gambar 6 dan 7.

3.4 Pengaruh konsentrasi pati terhadap swelling power



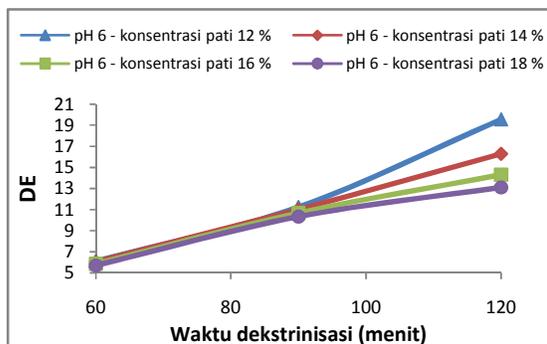
Gambar 8. Grafik pengaruh konsentrasi pati terhadap swelling power pada pH 6



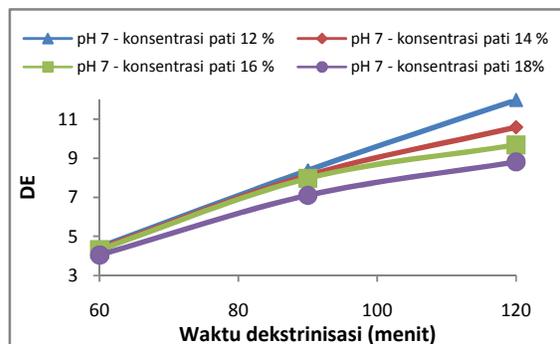
Gambar 9. Grafik pengaruh konsentrasi pati terhadap swelling power pada pH 7

Apabila kita bandingkan antara grafik 8 dan 9 maka akan terlihat bahwa swelling power yang optimum dicapai pada pH 6 dengan harga swelling power sebesar 18,4%, sedangkan pada pH 7 hanya mencapai 14,7% pada kondisi proses dan variabel yang sama yakni pada konsentrasi pati tapioka sebesar 18%, dengan waktu proses selama 2 jam atau 120 menit. Hal ini menunjukkan bahwa terjadi penurunan besarnya swelling power produk terhadap kenaikan pH, atau bisa dikatakan kenaikan swelling power produk berbanding terbalik dengan pH dekstrinisasi tetapi berbanding lurus dengan konsentrasi pati dan waktu dekstrinisasi. Hal ini menunjukkan bahwa swelling power yang paling optimum terjadi pada pH 6 dibandingkan dengan pH 7.

3.5 Pengaruh waktu dekstrinisasi terhadap DE



Gambar 10. Grafik pengaruh waktu dekstrinisasi terhadap DE pada pH 6



Gambar 11. Grafik pengaruh waktu dekstrinisasi terhadap DE pada pH 7

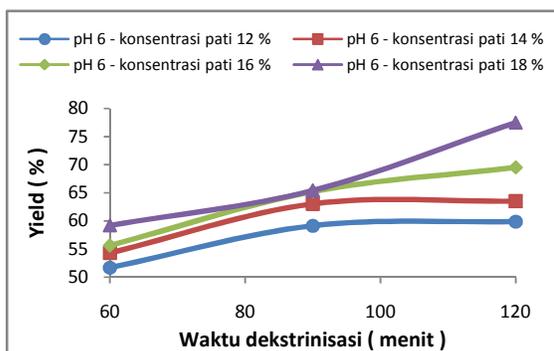
Semakin lama waktu dekstrinisasi, DE meningkat tetapi tidak berlaku untuk kenaikan konsentrasi patinya. Hal ini dikarenakan semakin lama pati terkonversi oleh enzim semakin banyak pula nilai DE yang didapatkan (U.S Patent 4933279). Dengan konsentrasi pati lebih besar untuk terkonversi oleh enzim menjadi maltodekstrin membutuhkan waktu lama maka kenaikan konsentrasi pada waktu yang sama menyebabkan penurunan DE produk (Ozer et al., 2005).

Dari garafik 10 dan 11 dapat kita bandingkan bahwa pada pH 6 dengan konsentrasi pati 12% pada waktu dekstrinisasi 120 menit didapatkan DE produk 19,56. Sedangkan pada pH 7 dengan konsentrasi pati 12% pada waktu dekstrinisasi 120 menit didapatkan DE produk 11,97 (U.S Patent No. 5,194,094). Hal ini

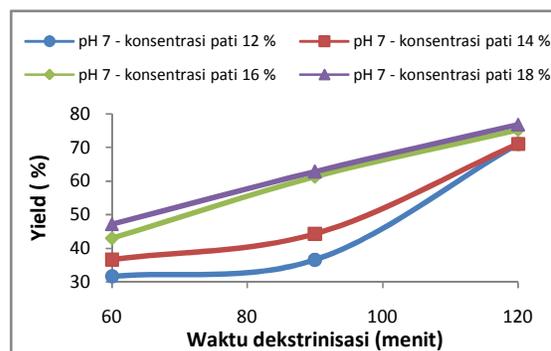
menunjukkan penurunan DE pada kenaikan pH, yang berarti menunjukkan pada pelakuan pH 6 dibanding pH 7 lebih optimum didapatkan DE produk (U.S. Patent No. 3,912,590).

3.6 Pengaruh waktu dekstrinisasi terhadap yield

Semakin lama waktu semakin besar pula yield produk yang didapatkan, hal ini dikarenakan dekstrinisasi pati atau amilosa pada pati akan lebih lama kontak (terpecah) dengan enzim. Semakin banyak konsentrasi pati yang digunakan maka semakin banyak pati yang terkonversi menjadi dekstrin (Sriroth et al., 1999).



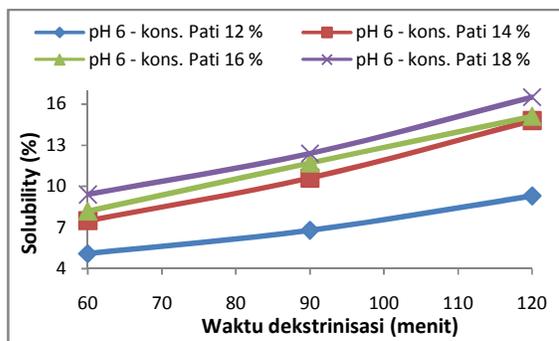
Gambar 12. Grafik pengaruh waktu dekstrinisasi terhadap yield pada pH 6



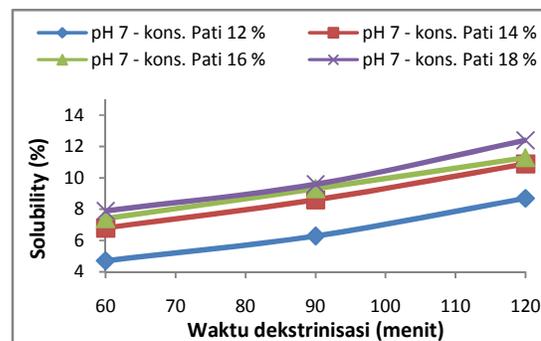
Gambar 13. Grafik pengaruh waktu dekstrinisasi terhadap yield pada pH 7

Pada garafik 12 dan 13 menunjukkan penurunan yield pada kenaikan pH, yang berarti menunjukkan pada pelakuan pH 6 dibanding pH 7 lebih optimum didapatkan yield produk. Hal ini sesuai dengan U.S Patent No. 3,912,590 pada pembuatan dekstrin ini digunakan enzim α -amilase (*Bacillus licheniformis*) bekerja pada pH optimum 6,0-6,5.

3.7 Pengaruh waktu dekstrinisasi terhadap solubility



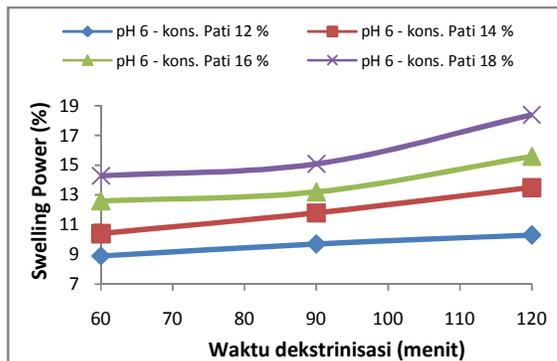
Gambar 14. Grafik pengaruh konsentrasi pati terhadap solubility pada pH 6



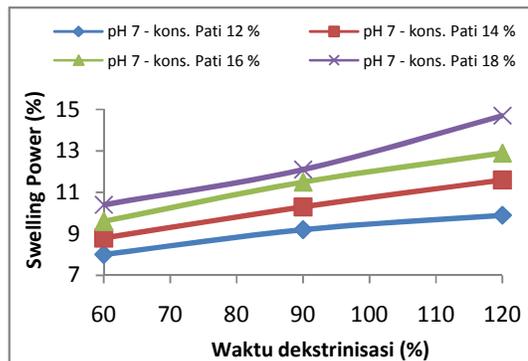
Gambar 14. Grafik pengaruh konsentrasi pati terhadap solubility pada pH 7

Pada proses hidrolisa semakin lama waktu prosesnya, semakin banyak pula senyawa amilopektin yang tereduksi sehingga maltomaltodekstrin yang dihasilkan semakin mudah larut dalam air. Hal ini menyebabkan kenaikan harga kelarutan (% solubility). Dari garafik 14 dan 15 terlihat bahwa pada pH 6 dengan konsentrasi pati 18% pada waktu dekstrinisasi 120 menit didapatkan kelarutan produk sebesar 16,5 %, sedangkan pada pH 7 didapatkan kelarutan produk sebesar 12,4%. Hal ini menunjukkan bahwa terjadi penurunan harga kelarutan produk seiring dengan peningkatan pH pada varian konsentrasi pati dan waktu dekstrinisasi yang sama, yang berarti pada pelakuan pH 6 didapatkan kelarutan produk yang lebih optimum dibandingkan pada pH 7.

3.8 Pengaruh waktu dekstrinisasi terhadap swelling power



Gambar 15. Grafik pengaruh konsentrasi pati terhadap swelling power pada pH 6



Gambar 16. Grafik pengaruh konsentrasi pati terhadap swelling power pada pH 7

Swelling power sangat dipengaruhi oleh keberadaan gugus amilosa sebagai salah satu komponen penyusun pati. Semakin lama waktu proses mengakibatkan semakin banyak amilosa yang tereduksi, sehingga penurunan jumlah amilosa tersebut menyebabkan kenaikan swelling power (Sasaki dan Matsuki, 1998). Dari kedua grafik 16 dan 17 terlihat bahwa pada pH 6 dengan konsentrasi pati 18% pada waktu dekstrinisasi 120 menit didapatkan swelling power produk sebesar 18,4%, sedangkan pada pH 7 dengan konsentrasi pati 18% pada waktu dekstrinisasi 120 menit didapatkan kelarutan produk sebesar 14,7%. Hal ini menunjukkan bahwa terjadi penurunan harga swelling power produk seiring dengan peningkatan pH pada varian konsentrasi pati dan waktu dekstrinisasi yang sama, yang berarti menunjukkan pada pelakuan pH 6 didapatkan harga swelling power produk yang lebih optimum dibandingkan pada pH 7.

4 Kesimpulan

Harga Dekstrosa Ekuivalen (DE) dipengaruhi oleh beberapa variabel, diantaranya konsentrasi pati, waktu dekstrinisasi dan pH larutan. Semakin lama waktu dekstrinisasi maka semakin besar pula harga DE maltodekstrin yang dihasilkan. Akan tetapi hal ini berbanding terbalik dengan peningkatan konsentrasi pati dan pH larutan yang menghasilkan nilai DE yang semakin kecil. DE maltodekstrin tertinggi yang dihasilkan sebesar 19,56, dengan variabel proses pada konsentrasi pati 12%, waktu dekstrinisasi 120 menit dan pH 6. Persentase kelarutan (solubility) dan swelling power dipengaruhi interaksi antara konsentrasi pati, waktu dekstrinisasi dan pH larutan. Peningkatan presentase kelarutan maltodekstrin berbanding lurus dengan swelling power.

Ucapan Terima Kasih

Dalam kesempatan ini penulis ingin menyampaikan ucapan terimakasih kepada Ir. Kristinah Haryani, MT selaku dosen pembimbing dan semua pihak yang telah membantu dalam penyelesaian makalah ini.

Daftar Pustaka

- [1] Anonim, singkong, <http://www.trubus-online.co.id/majalah-pertanian/singkong>
- [2] Anonim, teknologi modifikasi pati, http://ebookpangan.com/teknologi_modifikasi_pati, 2006
- [3] Ammeraal, et. al, 1993, *Fractionating Starch Hydrolysates*, American Maize-Products Co., Stamford, Conn., U.S Patent 5194094
- [4] Azeez, O.S., *Production of Dextrin from Cassava Starch*, Leonardo Journal of Science, ISSN 1583-0233, Juli-December, 2005, Issue 7, pp.9-16.
- [5] Carroll, J. O., R. Timothy Swanson, and C. P. Trackman, 1990, *Starch liquefaction with alpha amylase mixtures*, Novo, Industri A/s (Bagsvaerd, DK), U.S Patent 4933279
- [6] Coulson and Richardson, 2005, *Chemical Engineering Design Vol.6 Fourth Edition*, Elsevier Butterworth-Heinemann Linacre House, Jordan Hill, Oxford U.K
- [7] Deman, M.J., *Kimia Makanan*, ITB, Bandung, 1993, pp. 190-195
- [8] Fleche, G, 1985, *Chemical modification and degradation of starch*, Di dalam G.M.A. Van Beynum dan J.A. Roels, ed, *Starch conversion technology*, Applied Science Publ., London.
- [9] Hiroki Takata, Takeshi Takaha, Hiroyasu Nakamura, et al, 1997, *Production and Some Properties of a Dextrin with a Narrow Size Distribution by The Cyclization Reaction of Branching Enzyme*, Journal of Fermentation and Bioengineering, , vol. 84, no. 2, pp. 119-123.
- [10] Kainuma, K., T. Odat and S. Cuzuki, 1967. *Study of starch phosphates monoesters*. J. Technol. Soc. Starch, 14: 24-28.

- [11] Leach, H.W., L.D. McCowan dan T.J. Schoch, 1959, *Cereal Chem*, 36 : 534.
- [12] Marchal L. M, H. H Beeftink, and J. Tramper, *Towards a rational design of commercial maltodextrins*, Food and Bioprocess Engineering Group, Department of Food Technology and nutritional Sciences, Wageningen University, Netherlands, 1999.
- [13] Ozer, D. , M. Saban Tanyildizi, and Murat Elibol, 2005, *Optimization of α -amylase production next term by Bacillus sp. using response surface methodology*, J. Process Biochemistry Science Direct Vol.40 pp.2291-2296
- [14] Sasaki, T., and Matsuki, J. 1998. Effect of wheat starch on structure on swelling power. *Cereal Chemistry*, 75, 525 – 529.
- [15] Sriroth, K., et al, 1999, *Cassava starch granule structure–function properties: influence of time and conditions at harvest on four cultivars of cassava starch*, *Carbohydrate Polymers* 38: 161–170.
- [16] Yong-Cheng Shi et. Al, 2000, *High Solids Single Phase Process for Preparing Enzyme-Converted Starches*, National Starch and Chemical Investment Holding Corporation, Wilmington, Del. , U.S Patent 6054302, pp.7