



## **PEMBUATAN DEKSTRIN DARI TEPUNG TAPIOKA SECARA ENZIMATIK DENGAN PEMANAS MICROWAVE**

**Lis Pudiastuti (L2C006067) dan Tika Pratiwi (L2C006104)**

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

### **Abstrak**

*Dekstrin adalah produk hasil hidrolisa tidak sempurna pati dengan katalis enzim. Penelitian ini bertujuan untuk (1) membuat dekstrin dari pati tapioka, (2) mengkaji pengaruh konsentrasi pati dan waktu liquifaksi terhadap DE dan viskositas. Proses pembuatannya dilakukan melalui 3 tahap, (1) tahap persiapan, (2) tahap pembentukan dekstrin, (3) tahap uji hasil. Tahap pembentukan dekstrin terdiri dari 2 tahap yaitu tahap gelatinasi yang dilakukan dengan microwave dan tahap liquifaksi yang dilakukan dalam tangki berpengaduk. Variable kendali jenis pati (tepung tapioka merk "Gunung Agung"), jenis katalis (enzim  $\alpha$ -amilase) dengan konsentrasi 0,5 - 0,6 kg/ton tepung kering,  $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  40 ppm, pH 6 - 6,5, suhu liquifaksi  $94^\circ\text{C}$ , Microwave dengan power 10 dan defrost d2. Variable bebasnya adalah waktu liquifaksi (30, 60, 90, 120, 150, 180 menit) dan konsentrasi larutan pati (10, 15, 20, 25, 30, 35%  $\text{w}_v$ ). Pada akhir percobaan, produk dianalisa DE dengan metode volumetric (1941), viskositas dengan metode Leach (1963) dan metode Thermo Haake. Dari penelitian ini dihasilkan dekstrin yang termasuk jenis maltodekstrin dengan DE maksimal 12,839. Dan diketahui bahwa (1) semakin lama waktu liquifaksi, DE yang dihasilkan semakin tinggi dan viskositasnya semakin turun, (2) konsentrasi pati rendah menghasilkan dekstrin dengan DE yang lebih tinggi dan viskositas yang lebih rendah daripada konsentrasi pati tinggi.*

**Kata kunci :** *dekstrin, tepung tapioka, hidrolisa enzimatis, microwave*

### **Abstract**

*Dextrin is partial hydrolysis product from starch with enzyme catalys. This research's aim are to (1) make dextrin from tapioca starch, (2) learn the influence of starch concentration and liquefaction time to DE and viscosity. The process include 3 step (1) preparation, (2) formation of dextrin, and (3) result evaluated. The formation of dextrin consist of 2 phase, that is gelatinization phase which held in microwave and liquifaction phase which held in stirer tank. The control variable are starch genus (tapioca starch merck "Gunung Agung"), catalist genus ( $\alpha$ -amylase) 0,5-0,6 kg/tons dry starch,  $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  40 ppm, pH 6 - 6,5, liquifaction temperature  $94^\circ\text{C}$ , Microwave with power 10 and defrost d2. Free variable that use are liquifaction period (30, 60, 90, 120, 150, 180 minutes) and starch solution concentration (10, 15, 20, 25, 30, 35%  $\text{w}_v$ ). At the end of researc, product analysed DE with volumetric method (Woodman, 1941), viscosity with Leach method (1963) and Thermo Haake method. From this reaserch, the product dextrin was maltodextrin with maximal DE 12,839. And known that (1) as long as the liquifaction time, higher DE from dextrin product and decrease in its viscocity, (2) small starch concentration produce dextrin with higher DE and smaller viscosity than high starch concentration.*

**Key word :** *dextrin, cassava starch, enzymatis hydrolysis, microwave*

### **1. Pendahuluan**

Indonesia adalah negara kedua penghasil singkong terbesar di Asia. Menurut data Badan Pusat Statistik menyebutkan luas lahan singkong di Indonesia 1.227.459 ha pada 2006, 1.201.481 ha (2007), dan 1.204.933 ha (2008) sehingga produksi rata-rata singkong mencapai 19,4 juta ton (BPS, 2004). Pati khususnya pati ketela (tepung tapioka hanya digunakan sebagai sumber karbohidrat dan sisanya diekspor ke beberapa negara. Negara-negara tersebut kemudian mengolah tapioka menjadi dekstrin bahkan pati termodifikasi dan kita mengimportnya. Volume

import dekstrin Indonesia pada 2007 mencapai 39.309.703 kg senilai US\$ 26.209.257. Itu meningkat dari tahun sebelumnya yang hanya 36.747.033 kg ( US\$21.791.938 ).

Dekstrin memiliki banyak kegunaan, baik dalam industri pangan, industri kertas, industri tekstil maupun industri farmasi. Dalam industri farmasi dipakai sebagai bahan pembawa (carrier) obat dalam pembuatan tablet yang mudah larut dalam air (ludah) bila tablet tersebut dimakan [1]. Dekstrin memiliki daya rekat baik, oleh karena itu pada industri bahan perekat, dekstrin digunakan sebagai perekat pada amplop, perangko dan label. Aplikasi lainnya adalah sebagai komponen penyusun makanan bayi, peningkat tekstur bahan makanan, sebagai pengaduk warna pada pencetakan tekstil, sebagai pelapis dan pembentuk permukaan kertas yang halus, serta kadang-kadang sebagai pereaksi kimia. Dalam bidang kesehatan, dekstrin dipercaya dapat mengurangi kolesterol dalam tubuh dan jantung dengan meningkatkan HDL kolesterol (kolesterol baik) dalam pembuluh darah manusia [2].

Dekstrin adalah glukosa yang terdiri dari polimer sakarida dengan ikatan  $\alpha$ -1,4 D-glucose, memiliki rumus umum yang sama dengan pati tetapi lebih kecil dan sedikit kompleks. Polisakarida ini diproduksi dengan hidrolisa pati, yang dapat dicapai dengan bantuan enzim [3]. Berdasarkan cara pembuatannya, dekstrin dikelompokkan menjadi dekstrin putih, dekstrin kuning, British Gum, dan dekstrin Schardinger atau siklodekstrin [4].

Dekstrin dapat diproduksi dengan tiga macam proses pembuatan, yaitu proses pembuatan secara enzimatik, proses pembuatan secara basah dan proses pembuatan secara kering [5]. Proses pembuatan secara enzimatik dilakukan karena proses ini dapat berjalan pada suhu dan pH yang rendah, lebih spesifik, menghasilkan sedikit produk samping, dan produk dengan yield tinggi [6]. Dua tahap proses pembuatan dekstrin dengan hidrolisa enzimatik yaitu (1) tahap gelatinasi yang dalam penelitian ini dilakukan di dalam microwave, (2) tahap liquifikasi yang dilakukan dengan pemanasan yang dilengkapi pengaduk (CSTR). Gelatinasi adalah proses masuknya air ke dalam granula pati yang menyebabkan granula pati mengembang dan akhirnya pecah [7]. Dengan adanya pemanasan, granula pati sedikit demi sedikit mengalami pembengkakan sampai titik tertentu. Pembengkakan pati diikuti dengan peningkatan viskositas. Semakin besar pembengkakan granula, viskositas semakin besar. Setelah pembengkakan maksimum, dan granula pati pecah, dan pemanasan tetap dilanjutkan dengan suhu konstan, maka terjadi penurunan viskositas akibat proses degradasi. Proses penurunan viskositas ini dinamakan proses liquifikasi.

Penelitian yang berkaitan dengan pembuatan dekstrin telah dilakukan oleh O.S. Azeez (2005) [8] variabel proses yang digunakan waktu hidrolisa, temperatur hidrolisa, dan konsentrasi katalis (HCl) dengan pemanasan oven. Respon yang diuji adalah *relative solubility*. Hasil dari penelitian ini yaitu, *solubility* paling baik didapat dengan suhu pemanasan rendah dan dengan pengadukan perlahan. Penelitian lainnya yang berkaitan dengan dekstrin dilakukan oleh Hiroki Takata, Takhesi Takata, dan Hiroyasu Takata (1997) [9], variabel yang digunakan dalam penelitian tersebut adalah konsentrasi amilopektin, jenis amilopektin dan waktu hidrolisa. Respon yang diambil adalah *dextrose equivalent* dan *relative solubility* yang di uji dengan *gel permeation chromatography* (GPC) hasil dari penelitian ini, pada konsentrasi amilopektin tinggi dihasilkan *viskositas* yang tinggi pula, produk yang dihasilkan dengan kelarutan yang tinggi (DE besar). Yong-Cheng Shi, Somerville, James L. Eden, Millstone, James J. Kasica, Whitehouse St., Roger Jeffcoat, Bridgewater, aal of N.J [10] juga melakukan penelitian mengenai dekstrin. Variable yang digunakan dalam penelitian tersebut adalah konsentrasi *substrat*, pH, waktu reaksi, temperatur, dan konsentrasi enzim. Respon yang diambil adalah jumlah dekstrin yang dihasilkan. Penelitian ini dilakukan dalam tangki berpengaduk yang dijalankan secara kontinyu (CSTR). Konsentrasi pati yang semakin besar menghasilkan dekstrin dalam jumlah yang banyak, dengan penambahan air semakin banyak, maka dekstrin yang dihasilkan semakin banyak pula.

Dari banyak penelitian, rata-rata menggunakan pemanasan konvensional. Penelitian ini menggunakan microwave sebagai pengganti pemanasan konvensional. *Microwave* merupakan alat pemanasan yang menggunakan gelombang mikro (sinar proton) sebagai pemacu panas dengan frekuensi antara 300 – 3000 MHz [11]. *Microwave* memiliki banyak kelebihan sebagai pemanas larutan pati, misalnya waktu start up yang cepat, pemanasan yang lebih efisien, efisiensi energi dan biaya proses, pengawasan proses mudah, dan mutu produk yang baik [12]. Dalam penelitian ini, *microwave* hanya digunakan untuk membantu pemanasan pada proses gelatinasi saja. Hal ini disebabkan karena *microwave* yang digunakan tidak memiliki pengatur suhu sehingga menyulitkan dalam penentuan suhu. Oleh karena itu, reaktor berpengaduk juga dibutuhkan untuk membantu pemanasan proses *liquifikasi* agar suhu pemanasan tetap konstan dan pencampuran merata.

Penelitian ini bertujuan untuk (1) membuat dekstrin dari pati tapioka, (2) mengkaji pengaruh konsentrasi pati dan waktu liquifikasi terhadap DE dan viskositas.

## **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 (AOAC, 1975), enzim  $\alpha$ -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 37% 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, garam Rochelle ( $\text{NaKC}_4\text{H}_4\text{O}_6 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ ) yang diperoleh dari Laboratorium Mikrobiologi Teknik Kimia UNDIP, copper sulfat ( $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ ) yang diperoleh dari Laboratorium Mikrobiologi Teknik Kimia UNDIP.

**Tabel 1. Spesifikasi Tepung Tapioka “Gunung Agung”**

Parameter	Hasil Analisa
Kadar air	13,236%
Kadar abu	0,043%
Kadar lemak kasar	0,031%
Kadar serat kasar	0,010%
Kadar protein kasar	0,016%
Karbohidrat	86,532%

Alat yang digunakan dalam pembuatan dekstrin yaitu (1) microwave, (2) *waterbath*, (3) botol reaksi, dan (4) magnetic stirrer. *Microwave* digunakan pada tahap gelatinasi, merk “SANYO” dengan spesifikasi: model EM-W700AL, frekuensi 2450 MHz, daya 700 Watt, *power supply* AC 220 V 50Hz, *rating input* 1180 watt, serial number 17SIN07010769. *Waterbath* yang terbuat dari bahan aluminium dengan diameter 28 cm. Botol reaksi yang digunakan merk “SCHOTT” volume 500 ml. *Magnetic stirrer* digunakan sebagai pemanas pada tahap liquifaksi, dengan spesifikasi model LMS-1003, volt 230 V 50 Hz, watts 500 W 3A, *serial number* 08042280, ISO 9001 certified, Daihan Labtech co. LTd, Korea.

Proses pembuatan dekstrin menggunakan variable kendali *microwave* dengan power 10 dan *defrost* d2, jenis pati (tepung tapioka), jenis katalis (enzim  $\alpha$ -amilase) dengan konsentrasi 0,5 - 0,6 kg/ton tepung kering,  $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  40 ppm, pH 6 – 6,5, dan suhu *liquifaksi* 94°C. Variable bebasnya adalah waktu *liquifaksi* (30, 60, 90, 120, 150, 180 menit) dan konsentrasi larutan pati (10, 15, 20, 25, 30, 35% w/v).

Penelitian ini dibagi menjadi 3 tahap yaitu (1) tahap persiapan meliputi karakterisasi pati tapioka, pembuatan suspensi pati dalam air, pembuatan larutan fehling A dan B dengan metode *Bureau of Standard*, karakterisasi *microwave*. (2) tahap pembentukan dekstrin terdiri dari tahap gelatinasi dalam *microwave* dan *liquifaksi* dalam reaktor tangki berpengaduk dengan pemanas *waterbath*, (3) tahap uji hasil meliputi uji DE dengan metode volumetric [13] dan uji viskositas dengan metode Leach [14] dan metode Thermo Haake.

Tahap awal sebelum membuat dekstrin adalah membuat suspensi pati (10, 15, 20, 25, 30, 35% w/v), dengan melarutkan pati dalam aquadest hingga volume 300 ml. Suspensi pati dimasukkan dalam botol reaksi dan ditambahkan 40 ppm  $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ . pH suspensi di cek dengan menggunakan pH meter, pH diatur 6-6,5 dengan menggunakan larutan HCl 0,5N. Setelah pH sesuai, enzim  $\alpha$ -amilase 0,5-0,6 kg/ton tepung kering ditambahkan dalam suspensi. Botol reaksi ditutup rapat, dikocok agar larutan homogen kemudian dimasukkan dalam *microwave* yang di setting power 10, *defrost* 2 untuk proses gelatinasi. Setelah gelatin terbentuk, botol reaksi dikeluarkan dari *microwave* dan dipindahkan ke *waterbath* berpengaduk untuk diliquifaksi pada suhu 94°C selama waktu *liquifaksi* yang ditentukan (30, 60, 90, 120, 150, 180 menit). Larutan dekstrin yang dihasilkan dinonaktifkan enzimnya dengan menambahkan HCl 0,5N hingga pH 4. Proses pembuatan dekstrin yang lebih jelas dapat dilihat pada gambar 3.

Rangkaian alat yang digunakan dalam pembuatan dekstrin adalah sebagai berikut:

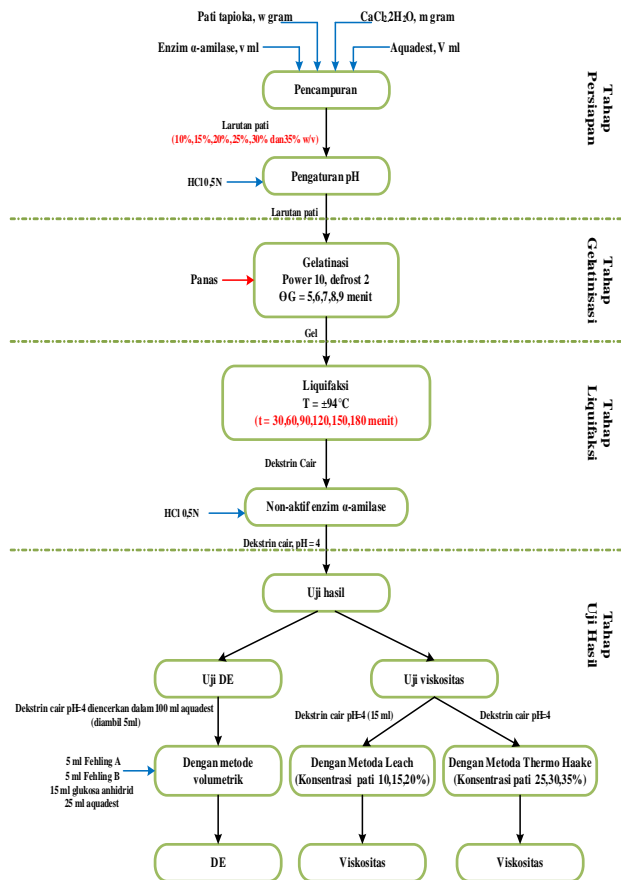


**Gambar 1. Gambar rangkaian alat pembuatan dekstrin tahap gelatinasi**



**Gambar 2. Gambar rangkaian alat pembuatan dekstrin tahap liquifaksi**

Proses pembuatan dekstrin dapat dilihat dari diagram alir seperti tampak dibawah ini:



**Gambar 3. Diagram alir proses pembuatan dekstrin**

Disetiap akhir percobaan dilakukan analisa terhadap DE dan viskositas larutan dekstrin yang dihasilkan. Analisa DE dengan metode volumetrik (1941)[14] dilakukan dengan mengencerkan 5 ml larutan dekstrin hingga 100 ml. larutan hasil pengenceran diambil 5 ml untuk dianalisa. Sampel ditambah 15 ml glukosa anhidrid, 5 ml fehling A, 5 ml fehling B dan 25 ml aquadest. Larutan dipanaskan hingga mendidih, 1 menit 42 detik dari mendidih ditambahkan 3 tetes indikator MB. Setelah 20 detik, larutan dititrasi dengan glukosa anhidrid (2 gr glukosa anhidrid/1000 ml aquadest). Titrasi dihentikan setelah warna biru hampir hilang dan timbul endapan berwarna merah kecoklatan. Catat volume titran yang dibutuhkan (M). DE dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$DE = 100 \times \left[ \frac{(F - M) \times N \times \left( \frac{100}{5} \times \frac{B}{5} \right)}{W} \right]$$

Untuk mengukur viskositas digunakan metode Leach (1963)[13] dan metode Thermo Haake. Metode Leach digunakan untuk mengukur viskositas larutan dekstrin konsentrasi 10, 15 dan 20%, konsentrasi larutan dekstrin yang lain diukur dengan metode Thermo Haake. Pengukuran viskositas dengan metode Leach didahului pengukuran data densitas masing-masing sampel yang diukur menggunakan picnometer. Pengukuran dilanjutkan dengan pengukuran viskositas menggunakan viscometer Ostwald. 15 ml larutan dekstrin dimasukkan dalam pipa Ostwald. Larutan disedot dengan respirator hingga melewati batas atas. Stopwatch dihidupkan saat larutan tepat berada pada batas atas dan dihentikan ketika larutan tepat berada pada batas bawah. Viskositas larutan dekstrin dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut:

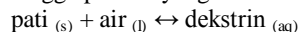
$$\mu_{slurry} = \left( \frac{t_{slurry} \times \rho_{slurry}}{t_{air} \times \rho_{air}} \right) \times \mu_{air}$$

Metode Thermo Haake dilakukan dengan menggunakan alat Thermo Haake Falling Ball Viskometer tipe C. Analisa dilakukan di Laboratorium Kimia Analit Fakultas MIPA jurusan Kimia Universitas Diponegoro.

### 3. Hasil dan Pembahasan

*Dextrose Equivalent* (DE) menunjukkan presentase gula pereduksi, dinyatakan sebagai dextrosa, yang terdapat di dalam produk hidrolisa karbohidrat (biasanya polisakarida pati).  $DE = 100/DP$ , dengan DP adalah derajat polimerisasi hidrolisat. DE berbanding terbalik dengan berat molekul rerata. Untuk mengetahui harga DE, produk dekstri yang dihasilkan di analisa dengan metode volumetrik [13].

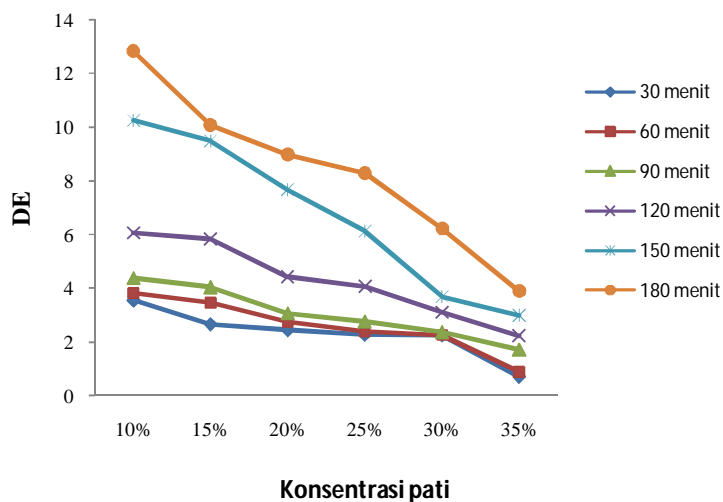
Umumnya reaksi kimia bersifat reversible. Jika salah satu reaktan dibuat berlebih, maka reaksi cenderung irreversible dan reaksi bergeser kekanan. Sehingga produk yang dihasilkan banyak. Dalam reaksi kimia:



Dalam proses hidrolisa, konsentrasi dapat dinyatakan dalam mol reaktan. Konsentrasi pati rendah mengandung air dalam jumlah yang lebih banyak daripada konsentrasi pati tinggi. Sehingga mol air lebih besar daripada mol pati, dan menggeser kesetimbangan kearah pembentukan produk. Dengan kata lain, produk dekstrin yang dihasilkan akan lebih banyak. Pada waktu yang sama, dekstrin yang dihasilkan meningkat. Semakin banyak dekstrin, DE produk dekstrin yang dihasilkan naik tiap satuan berat pati yang dihidrolisa.

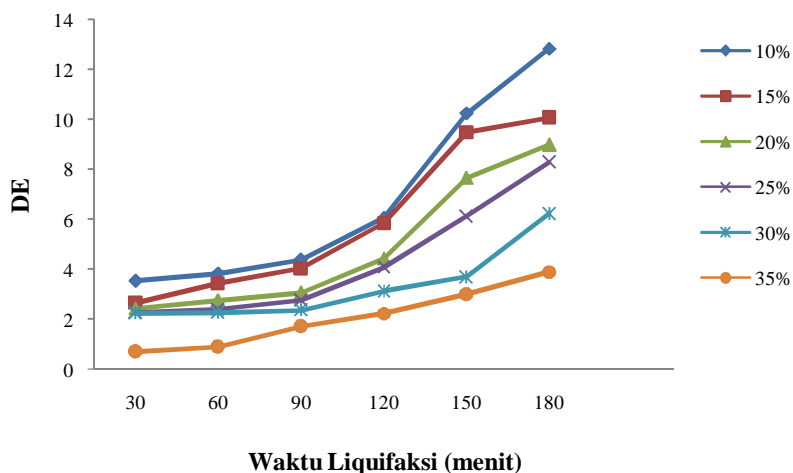
Pada pembuatan dekstrin, digunakan enzim  $\alpha$ -amilase *B. Licheniformis* (Thermamil 120 L) yang tahan terhadap suhu tinggi. Tiap kenaikan suhu  $10^{\circ}$ , enzim mengalami peningkatan aktivitas 50-100% [15]. Semakin tinggi suhu, aktivitas enzim mengalami peningkatan sehingga kecepatan pembentukan dekstrin lebih besar. Aktivitas enzim dapat dinyatakan sebagai jumlah mol substrat yang diubah menjadi produk per satuan waktu tiap satuan mol enzim [16]. Untuk suhu dan dosis enzim yang sama, pada konsentrasi berapapun keaktifan enzim sama dan produk yang dihasilkan juga sama.

Pada konsentrasi pati rendah, waktu yang diperlukan untuk mencapai suhu liquifaksi lebih cepat daripada konsentrasi pati tinggi. Sehingga pada waktu yang sama, dekstrin yang terbentuk pada konsentrasi pati rendah lebih banyak dari pada konsentrasi pati tinggi. Banyaknya dekstrin yang dihasilkan meningkatkan DE produk. Hal ini dapat dilihat pada gambar 4.1, bahwa semakin kecil konsentrasi pati, DE yang dihasilkan semakin tinggi.



Gambar 4.1 Grafik hubungan antara konsentrasi pati dengan DE pada berbagai waktu liquifaksi

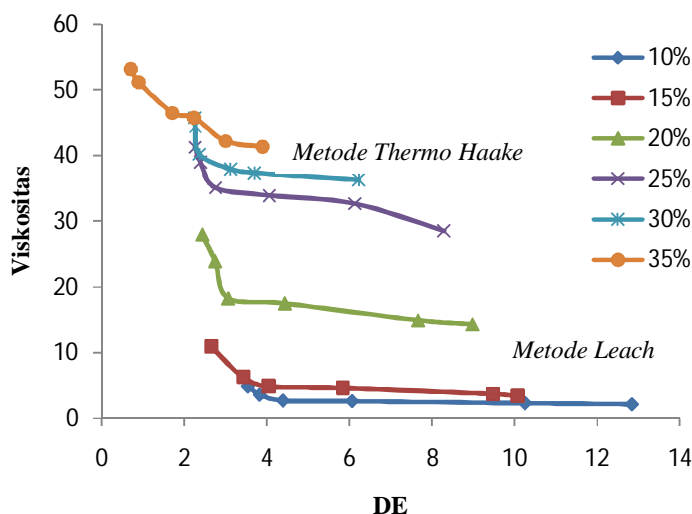
Untuk menghasilkan DE yang lebih tinggi, maka diperlukan waktu liquifaksi yang lebih lama seperti ditunjukkan pada gambar 4.2. Semakin lama waktu liquifaksi, semakin banyak pati yang dihidrolisa oleh enzim  $\alpha$ -amilase untuk menghasilkan dekstrin. Dekstrin yang banyak, meningkatkan DE dari produk dekstrin yang dihasilkan.



Gambar 4.2 Grafik hubungan antara waktu liquifaksi dengan DE pada berbagai konsentrasi pati

Viskositas dari produk dekstrin yang dihasilkan dianalisa dengan metode Leach [14] dan metode Thermo Haake. Metode Leach [14] digunakan untuk mengukur viskositas produk dekstrin dari konsentrasi pati 10, 15 dan 20%. Sedangkan produk dekstri dari konsentrasi pati 25, 30, dan 35% dianalisa dengan metode Thermo Haake.

Proses hidrolisa terjadi pada tahap liquifaksi. Meskipun liquifaksi dilakukan pada suhu tetap (94°C), namun viskositas akan turun. Saat hidrolisa terjadi pemutusan ikatan senyawa karbon kompleks (polisakarida) menjadi monosakarida atau disakarida. Akibat pemutusan ikatan (degradasi atau depolimerisasi), viskositas akan menurun [17]. Semakin banyak ikatan yang diputus, monosakarida atau disakarida dengan berat molekul rendah lebih banyak, sehingga viskositasnya turun. Seperti terlihat pada gambar 4.3, semakin besar DE, viskositas larutan akan semakin rendah. Hal ini menunjukkan bahwa semakin banyak polisakarida yang terdegradasi, monosakarida dan disakarida yang dihasilkan semakin banyak. Mono atau disakarida banyak mengindikasikan dekstrin yang terbentuk semakin banyak, sehingga DE produk dekstrin yang dihasilkan tinggi namun terjadi perubahan sifat dari viskositas tinggi menjadi viskoaitas rendah.



Gambar 4.3 Grafik hubungan antara DE dengan viskositas pada berbagai konsentrasi pati

#### 4. Kesimpulan

Dekstrin yang dihasilkan termasuk jenis maltodekstrin dengan DE maksimal 12,839. Semakin lama waktu *liquifaksi*, DE yang dihasilkan semakin tinggi dan viskositasnya semakin turun. Konsentrasi pati rendah menghasilkan dekstrin dengan DE yang lebih tinggi dan viskositas yang lebih rendah daripada konsentrasi pati tinggi.

#### Ucapan Terima Kasih

Dalam kesempatan ini penulis ingin menyampaikan ucapan terimakasih kepada Ir. Herry Santoso selaku dosen pembimbing dan semua pihak yang telah membantu dalam penyelesaian makalah ini.

#### Daftar Notasi

- F = larutan glukosa standart yang dibutuhkan untuk standarisasi glukosa standart  
M = larutan glukosa standart yang dibutuhkan untuk uji *dextrose equivalent*  
N = gram glukosa anhidrid / ml larutan  
B = Volume larutan hasil hidrolisa  
W = Berat pati terhidrolisa  
 $t_{slury}$  = didapat dari hasil percobaan menggunakan pipa *ostwald*  
 $\rho_{slury}$  = diukur dengan menggunakan picno meter  
 $t_{air}$  = didapat dari hasil percobaan menggunakan pipa *ostwald*  
 $\rho_{air}$  = densitas air pada suhu 25°C; 0,997 [18]  
 $\mu_{air}$  = viskositas air pada suhu 25°C; 0,95 cp [18]

#### Daftar Pustaka

- [1] Effionora Anwar, Joshita D., Arry Yanuar, dan Anton Bahtiar, (2004), "Pemanfaatan Maltodekstrin Pati Terigu Sebagai Eksipien Dalam Formula Sediaan Tablet dan Niosom", *Majalah Ilmu Kefarmasian*, ISSN : 1693-9883, vol. I, no. 1, hal. 34-46.
- [2] Global Healing Center, The Benefits of Dextrin, (2009), [www.yahoo.com/the\\_benefit\\_of\\_dextrin](http://www.yahoo.com/the_benefit_of_dextrin).
- [3] Joana Carvalho, Catarina Goncalves, Ana M. Gil, and Francisco M. Gama, (2002), "Production and Characterization of a New Dextrin Based Hydrogel", *Elsevier Journal, European Polymer Journal*, vol. 43, hal. 3050-3059.
- [4] Maas, Augustinus Arnoldus M., Johanuddes Cornelis P. Hopman, and Ronald Peter W. Kesselmanns, (2003), "Dextrinization of Starch", U.S. Patent, US 6,613,152 B1



- [5] Othmer, Kirk, (1984), *Encyclopedia of Chemical Technology*, 3<sup>rd</sup> ed, John Wiley & Sons, inc., New York, vol. 21, hal. 491-505.
- [6] Prasanna V. Aiyer, (2005), "Amylases and Their Applications", *African Journal of Biotechnology*, ISSN 1684-5315, December, Vol. 14, pp. 1525-1529.
- [7] E.P. Sakoidou, T.d. Karapantsios, and S.N. Raphaelides, (2003), "Mass Transfer Limitation During Starch Gelatinization", *Elsevier Journal, Carbohydrate Polymers* 53, hal. 53-61.
- [8] Azeez, O.S., (2005), "Production of Dextrin from Cassava Starch", *Leonardo Journal of Science*, ISSN 1583-0233, Juli-December, Issue 7, hal. 9-16.
- [9] Hiroki Takata, Takeshi Takaha, Hiroyasu Nakamura, Kazutoshi Fujii, Shigetaka Okala, Masahiso Takagi, and Tadayuki Imanaka, (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, ha. 119-123.
- [10] Yong-cheng Shi, James L. Eden, James J. Kasika, and Roger Jeffcoat, (2000), "High Solids, Single Phase Process for Preparing Enzyme-Converted Starch", U.S. Patent No. 6,054,302
- [11] T. Palav and K. Seetharaman, (2006), "Mechanism of Starch Gelatinization and Polymer Leaching during Microwave Heating", *Elsevier Journal, Carbohydrate Polymer* 65, hal. 364-370.
- [12] T. Palav and K. Seetharaman, (2006), "Impact of Microwave Heating on The Physico-chemical Properties of a Starch-water Model System", *Elsevier Journal*.
- [13] Woodman, (1941), "*A. Food Analysis*", 4<sup>th</sup> edition. Mc Graw-Hill Book Company Inc. New York.
- [14] Leach, H. W.; Schoch, T. J.; Kite, F. E.; (1957), *Cereal Chem*, vol. 36, hal. 6.
- [15] Anonim, [Introduction to enzymes](#), Worthington Publication, [www.yahoo.com/factors affecting enzymes activity](http://www.yahoo.com/factors_affecting_enzymes_activity), 1972.
- [16] Suryani, Ani dan Mangunwidjaja, Djumali, (1994), "*Teknologi Bioproses*", Penebar Swadaya, Jakarta, hal. 63.
- [17] Baks T., Bruins ME., Master AM., Janssen AEM and Boom RM., (2007) Effect of gelatinisation and hydrolysis conditions on th selectivity of starch hydrolysis with  $\alpha$ -amylase from *B. Licheniformis*.
- [18] Perry, R. H., (2008), "Chemical Engineering Hand Book", 8<sup>th</sup> ed, Mc Graw Hill Companies Inc., United States of America, pp. 2-91, 2-92, 2-322, 2-323.