

KARAKTERISASI PROSES PRODUKSI MALTODEKSTRIN DARI PATI PISANG (*Musa sp.*) SECARA ENZIMATIS DENGAN α -AMILASE¹⁾

(*Characterization Process of Maltodextrin Production from Banana Starch (*Musa sp.*) with Enzymatic by α -amylase*)

Era Yusraini, Purwiyatno Hariyadi²⁾, dan Feri Kusnandar²⁾

ABSTRACT

Banana starch was isolated from banana fruit var Uli at stage 1 of its ripening after steeping in 0.045 M sodium hydroxide. The yield of starch was 42.58% dry basis (db). Chemical and physical properties of this starch showed that it had high of purity (97.96% db) and excellent whiteness. Further characterization with enzymatic hydrolysis of that gelatinized starch was carried out by α -amylase (*B. subtilis* from Sigma) in batch reactor. Parameters hydrolysis then were determined. Temperature optimum was 75 °C. From the straight line (Lineweaver-Burk plot), the Michaelis constant was calculated ($K_m = 57.64$ mg/ml). Eventhough substrate concentration that could be used was more than 2 K_m ($\approx 5 K_m$) but because of limitation of the equipment, maximum homogeneous substrate concentration that still could be stirred was 100 mg/ml. Maltodextrin commercial (NLite D) had low dextrose equivalent (DE) ≈ 3 . Hydrolysis that was run for 10 minutes with the condition above obtained maltodextrin with DE ≈ 3 , so maltodextrin with this DE was predicted would be suitable to be a fat replacer.

Key words: maltodextrin, banana starch, α -amylase, characterization.

PENDAHULUAN

Pisang adalah jenis buah yang merata penyebarannya di seluruh Indonesia dengan sentra produksi di Jawa Barat (Satuhu, 1992). Produksi seluruh jenis pisang secara nasional tahun 2005 adalah 5.18 juta ton (BPS, 2005).

Produksi yang tinggi tersebut belum optimal diimbangi dengan pemanfaatannya sebagai sumber bahan pangan karbohidrat tinggi. Pati pisang merupakan sumber alternatif bagi aplikasi pangan maupun nonpangan dalam upaya meningkatkan nilai ekonomi pisang dan menganekaragamkan sumber pati.

Pembuatan pati pisang menggunakan buah pisang yang belum matang (3/4 penuh), yaitu 80-90 hari setelah keluar jantung atau pada tingkat kematangan 1 dan 2 dengan ciri-ciri fisik kulit buah berwarna hijau, atau hijau kekuningan dan daging buah masih keras, akan menghasilkan pati dengan kadar lebih tinggi daripada umur panen sesudahnya. Kandungan pati yang ada pada umur tersebut belum banyak yang terdegradasi menjadi gula (Lii *et al.*, 1982; Satuhu, 1992).

Bello-Perez (2002) telah melakukan modifikasi pati pisang dengan cara hidrolisis enzimatis skala laboratorium yang menghasilkan maltodekstrin dengan dextrose equivalent (DE) 7-11 yang dapat diaplikasikan pada produk pangan.

¹⁾ Bagian dari tesis penulis pertama, Program Studi Ilmu Pangan, Sekolah Pascasarjana IPB

²⁾ Beturut-turut Ketua dan Anggota Komisi Pembimbing

Dalam publikasinya tidak disebutkan keterangan tentang umur panen pisang yang dipakai, pola hidrolisis enzim α -amilase terhadap pati pisang, dan pengujian karakteristik maltodekstrin yang dihasilkan.

Maltodekstrin adalah turunan pati yang dihasilkan dari degradasi rantai amilosa dan amilopektin secara kimia atau enzimatik menjadi dekstrin (<62%), maltosa (>6%), dan glukosa (>6%) dan mempunyai DE 3-20 (Davidek *et al.*, 1990). Maltodekstrin sebagai komponen bahan di industri pangan telah banyak dipakai karena aman dan terdaftar pada GRAS (*Generally Recognized As Safe*), Nomor 21 CFR (*Code of Federal Regulation*) 184.1444. Sekitar tahun 1998-1999 maltodekstrin semakin populer sebagai bahan pengganti lemak yang banyak digunakan pada produk pangan untuk diet. Maltodekstrin yang ada di pasar dibuat dari berbagai jenis pati jagung, waxy jagung, gandum, beras, kentang, dan tapioka.

Beberapa maltodekstrin dengan DE rendah yang telah dipatenkan terbukti dapat digunakan sebagai bahan pengganti lemak seperti maltodextrin Cerestar SF 01906 dengan DE 3-5 yang mempunyai sifat fungsional membentuk gel dalam air panas pada konsentrasi di atas 15%, yang penerapannya pada *salad dressing* dan es krim dapat mereduksi lemak sekitar 40%. Maltodekstrin yang mempunyai DE 2-5 dapat menggantikan lemak susu secara keseluruhan atau sebagian pada produk pencuci mulut, yoghurt, produk bakeri, dan produk yang berasal dari susu dan es krim (Strong, 1989). Maltodekstrin dengan DE rendah sangat cocok sebagai bahan pengganti lemak (Inglett dan Grisamore, 1991).

Karakterisasi proses hidrolisis enzimatik dari pati pisang dengan parameter proses seperti suhu reaksi, konsentrasi substrat atau pati (terkait dengan penentuan K_m dan V_{maks}), konsentrasi enzim, dan waktu hidrolisis yang optimum diharapkan dapat menghasilkan produk maltodekstrin dengan kondisi yang optimum pula. Parameter tersebut penting untuk ditetapkan agar menghasilkan maltodekstrin dengan nilai DE dan komposisi sakarida tertentu (Marchal *et al.*, 1999; Griffin dan Brooks, 1989).

Tujuan penelitian ini adalah melakukan karakterisasi proses produksi maltodekstrin dari pati pisang, yaitu penentuan parameter hidrolisis α -amilase dari *B. subtilis* untuk mendapatkan nilai DE yang rendah sekitar 3-5% seperti nilai DE maltodekstrin komersial (NLite D) yang digunakan sebagai pembandingan.

METODE PENELITIAN

Tempat dan Waktu

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Kimia, Pengolahan Pangan, dan Biokimia, Departemen Ilmu dan Teknologi Pangan (ITP) dan di Laboratorium Kimia, Mikrobiologi, dan Pilot Plant, *Southeast Asian Food and Agricultural Science and Technology (SEAFST) Center*, IPB. Waktu pelaksanaan penelitian dimulai bulan April 2005 sampai dengan bulan Oktober 2006.

Bahan dan Alat

Bahan utama yang digunakan dalam penelitian ini adalah pisang uli dengan umur panen 80-90 hari, atau dari ciri-ciri fisik pada tingkat kematangan 1, yang berasal dari Lampung yang diperoleh dari pedagang pengumpul di Pasar

Anyar (Bogor). Enzim α -amilase yang dipakai adalah dari *B. subtilis* (Sigma) Katalog A6814. Aktivitas enzim setiap 1 mg padatan adalah 34,5 Unit. Bahan lain adalah bahan kimia untuk ekstraksi pati pisang, gula pereduksi, dan total gula. Maltodekstrin komersial yang digunakan sebagai pembanding adalah NLite D (*National starch*).

Alat hidrolisis yang digunakan adalah reaktor jenis *batch* dengan *stirrer* StedFast™ Model SL 300 Skala 1-10. Wadah reaktor terbuat dari kaca dengan diameter dalam 7,2 cm (diameter luar tinggi adalah 0,63). Pengaduk yang dipakai terbuat dari bahan *polytetrafluoroethylene* (PTFE) atau teflon, berdiameter 6,72 cm dengan empat bilah (*blade*) tipe *pitched turbine*. Tebal masing-masing bilah 0,5 cm, lebar rata-rata 2,79 cm, dengan sudut bagian bawah 56°. Alat lainnya adalah *brabender* amilogram dan alat-alat gelas untuk analisis.

Isolasi Pati Pisang

Pati pisang diisolasi berdasarkan metode Lii *et al.* (1982) yang dimodifikasi. Larutan pengisolasi yang digunakan adalah NaOH 0,045 M.

Hidrolisis Pati Pisang dengan α -Amilase

Suspensi pati (substrat) dilarutkan dalam buffer fosfat 0,05 M pada pH optimum enzim yang digunakan, yaitu pH 6,5. Volume suspensi yang digunakan adalah 50 ml. Suspensi lalu dimasukkan ke dalam wadah reaktor dan digelatinisasi dalam penangas pada suhu air mendidih sekitar 98°C sambil diaduk dengan agitasi sekitar 150 putaran per menit (rpm) selama 15 menit (terhitung mulai saat reaktor dimasukkan).

Reaktor kemudian diangkat dan dipindahkan ke *water bath* yang sebelumnya sudah dikondisikan sesuai dengan suhu yang akan diuji. Enzim yang sudah disuspensi dalam 10 ml buffer fosfat 0,05 M, pH 6,5, lalu dimasukkan dan diaduk dengan agitasi sekitar 300 rpm selama waktu yang akan diuji (terhitung mulai saat enzim dimasukkan sampai hidrolisis pati disampling).

Campuran hasil hidrolisis selanjutnya didinginkan dengan cepat dalam es sampai suhu mencapai 30°C. Inaktivasi enzim dilakukan dengan menambahkan HCl 0,1 N sampai pH 2-3. Sampel dijernihkan terlebih dahulu dengan larutan Carrez 1 dan Carrez 2 (Bergmeyer, 1983), sebelum pengujian kadar gula pereduksi ataupun total karbohidrat hidrolisis. Konsentrasi produk yang dihasilkan diukur sebagai kadar gula pereduksi (mg/ml) dengan metode DNS (dinitrosalisilat). Nilai DE ditentukan sebagai rasio kadar gula pereduksi dengan total karbohidrat (metode fenol sulfat) dikali 100.

Pada tahap awal dilakukan penentuan suhu optimum, selanjutnya ditentukan konsentrasi substrat pada suhu terbaik. Pada tahap akhir ditentukan waktu hidrolisis enzim dengan konsentrasi tertentu yang akan menghasilkan maltodekstrin DE yang rendah sekitar 3-5. Produk tersebut diperkirakan akan memiliki tekstur kemiripan seperti lemak seperti maltodekstrin komersial yang dapat menjadi bahan pengganti lemak.

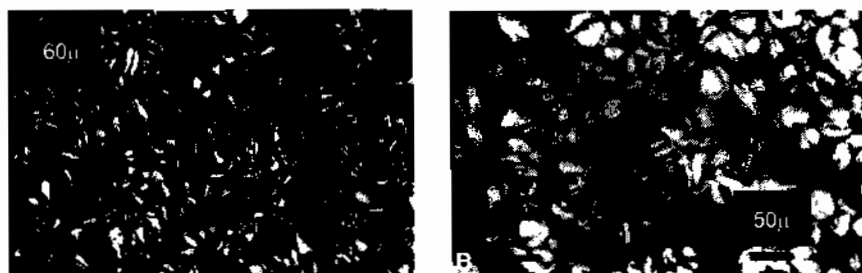
HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakterisasi Pati Pisang Hasil Isolasi

Pati pisang hasil produksi diuji karakternya terlebih dahulu sebelum dijadikan sebagai bahan baku pembuatan maltodekstrin. Hasil analisis kimia (proksimat, kalsium, amilosa), fisik, dan bentuk granula pati pisang uli ditampilkan pada Tabel 1 dan Gambar 1.

Tabel 1. Hasil analisis kimia dan analisis fisik pati pisang uli

Analisis kimia Analisis proksimat	Nilai	Nilai
	Basis basah (bb) ± SD	Basis kering (bk) ± SD
Kadar air (%)	10.04 ± 0.20	11.14 ± 0.25
Kadar abu (%)	0.12 ± 0.04	0.13 ± 0.04
Kadar lemak (%)	0.14 ± 0.005	0.16 ± 0.005
Kadar protein (%)	0.17 ± 0.004	0.19 ± 0.005
Kadar serat kasar (%)	0.10 ± 0.02	0.12 ± 0.02
Kadar karbohidrat (<i>by difference</i>) (%)	89.43	99.4
Analisis lainnya	Basis basah ± SD	Basis kering ± SD
Kadar pati (%)	88.13 ± 1.64	97.96 ± 1.82
Kadar amilosa (%)	28.8 ± 0.00	32.02 ± 0.00
Rendemen (%)	20.39 ± 1.99	42.58 ± 3.93
Kadar kalsium (ppm)	85.12 ± 1.84	94.83 ± 2.05
Analisis fisik		
Derajat putih (<i>whiteness</i>)	109.4 ± 0.42 (Standar BaSO ₄ :110)	
Densitas kamba (gr/ml)	0.681 ± 0.001	
Sudut curah (<i>angle of repose</i>)°	42.78 ± 0.25	
Suhu gelatinisasi (°C)	75-77	
Bentuk dan ukuran granula pati	Agak oval, ellips, dan <i>irregular</i> (Gambar 1, kiri)	



Gambar 1. Pati pisang uli (kiri) dan pati pisang Lii *et al.* (1982) (kanan).

Pati pisang yang dihasilkan telah memenuhi persyaratan kadar air SNI 01-3841-1995 untuk tepung pisang, yaitu 11.14% bk (<12%). Kisaran kadar air tersebut juga dihasilkan oleh Kayisu *et al.* (1981) sekitar 10.8% bk untuk pati pisang jenis valery, sementara dari Bello-Perez (1999) adalah sekitar 11.1% bk untuk pati pisang jenis "criollo" dan 12.9% bk untuk pati pisang jenis "macho".

Sifat lain yang penting adalah kadar abu. Kadar abu pati pisang uli adalah 0.13% bk. Beberapa hasil penelitian kadar abu pati pisang adalah dari

Kayisu et al. (1981) sekitar 0.02% dan dari Lii et al. (1982) nilai kadar abu antara 0.023-0.057% bk, sementara dari Bello-Perez (1999) adalah sekitar 0.43-1.3% bk.

Kadar protein pati pisang uli hasil penelitian ini (0.19% bk) juga sesuai dengan kadar protein pati pisang dari beberapa penelitian lain, yaitu dari Kayisu et al. (1981) sekitar 0.2% bk, dari Lii et al. (1982) sekitar 0.09% bk, sementara dari Bello-Perez (1999) adalah sekitar 2.03% bk. Sebagai referensi kadar protein pisang uli dari pustaka adalah 2.0% bk.

Kadar lemak pada pati pisang uli ini (0.16% bk) juga sesuai dengan beberapa hasil penelitian kadar lemak pati pisang, yaitu dari Kayisu et al., (1981) sekitar 0.2%, dari Lii et al. (1982) nilai kadar lemak antara 0.11-0.37%, sementara dari Bello-Perez (1999) adalah sekitar 2.2-2.3%. Sebagai referensi kadar lemak pisang uli dari pustaka adalah 0.2% bk.

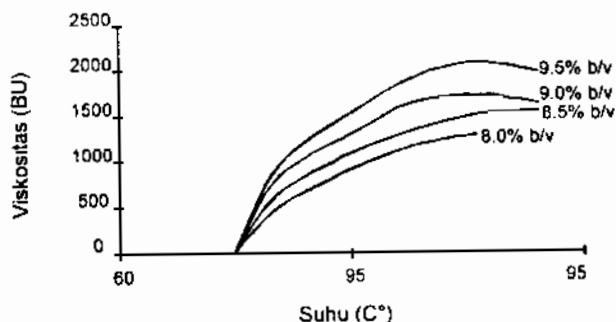
Rendemen pati pisang uli hasil produksi adalah 42.58% bk. Hasil tersebut, berada pada kisaran rendemen isolasi pati pisang pada tingkat kematangan 1 dan 2, yaitu antara 58.58% bk dan 42.42% bk (Lii et al., 1982).

Hasil analisis kadar proksimat pati pisang uli menunjukkan bahwa metode isolasi telah mampu menghasilkan pati dengan kemurnian yang cukup tinggi, yaitu 97.96% bk, dengan kadar abu, kadar protein, kadar lemak, dan kadar serat kasar di bawah 1%. Pati pisang uli hasil isolasi memiliki kualitas yang baik sebagai bahan baku pembuatan maltodekstrin.

Analisis Fungsional Pati Pisang

Viskositas maksimal pati pisang uli yang tinggi sampai dengan 2050 BU (konsentrasi 9.5% b/v) hampir menyamai viskositas pati pisang Lii et al. (1982), yaitu sekitar 1800 BU pada konsentrasi 8% (b/v). Data viskositas maksimum dan suhu puncak gelatinisasi yang tinggi mengindikasikan adanya ikatan yang kuat antargranula pati. Pati pisang uli sampai konsentrasi 8.5% (b/v) belum memperlihatkan puncak viskositas dan *breakdown* (patahan).

Puncak viskositas baru terlihat apabila konsentrasi ditingkatkan menjadi 9.0% dan 9.5% b/v (Gambar 2). Hal ini mengindikasikan bahwa granula pati pisang yang membengkak pada konsentrasi 8.0% dan 8.5% b/v tahan terhadap *breakdown* (patahan) pada pemasakan yang lama. Hal yang sama dilaporkan oleh Eggleston et al. (1992) dalam Zhang et al. (2005) bahwa tidak ada puncak viskositas pasta dari pati pisang *plantain* (grup AAB) pada konsentrasi 6, 7, dan 8%.



Gambar 2. Hasil brabender amilogram pati pisang uli pada beberapa konsentrasi

Zhang *et al* (2005) menjelaskan bahwa pada konsentrasi yang rendah pati pisang tahan terhadap gangguan mekanik, yang ditunjukkan dengan tidak adanya puncak viskositas dan sedikit peningkatan viskositas selama gelatinisasi. Pati pisang memiliki karakteristik ketahanan yang kuat atau semacamnya seperti pati yang memiliki ikatan silang. Pati pisang yang telah digelatinisasi apabila ditahan pada suhu di bawah suhu gelatinisasinya (50°C) akan menunjukkan peningkatan viskositas yang lebih tinggi jika dibandingkan dengan jenis pati jenis lain seperti pati gandum, tapioka, jagung, dan kentang (Zhang *et al.*, 2005).

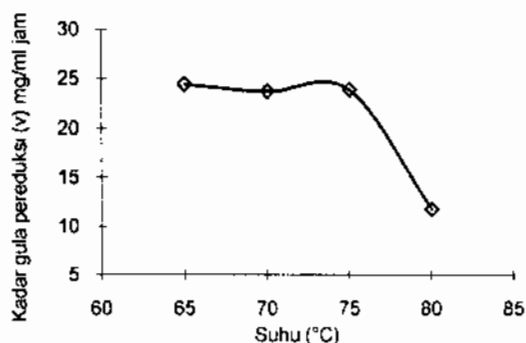
Karakterisasi Parameter Hidrolisis

Suhu hidrolisis

Pada penentuan suhu hidrolisis, suspensi pati dibuat dengan konsentrasi 100 mg/ml atau 10% (b/v). Konsentrasi enzim yang digunakan adalah 1 mg padatan enzim per 50 ml suspensi pati (substrat).

Suhu hidrolisis enzim yang diuji mulai 65°C sampai 80°C . Aktivitas enzim sudah menunjukkan penurunan pada suhu 80°C . Kemampuan enzim untuk menghidrolisis pati pisang uli tergelatinisasi pada beberapa suhu yang ditunjukkan oleh kadar gula pereduksi (mg/ml.jam) dapat dilihat pada Gambar 3. Dari hasil uji lanjut Duncan diketahui bahwa kadar gula pereduksi pada suhu 65°C sampai 75°C tidak berbeda nyata.

Berdasarkan hasil ini, suhu yang akan digunakan dalam penentuan parameter selanjutnya adalah 75°C . Suhu ini dipilih selain disebabkan masih memberi kondisi kerja enzim yang optimum, juga karena dekat dengan suhu gelatinisasi pati, yaitu $75\text{-}77^{\circ}\text{C}$. Suhu reaksi hidrolisis yang terlalu rendah jika dibandingkan dengan suhu gelatinisasi pati dikhawatirkan akan mempercepat terjadinya retrogradasi pada pati yang sudah digelatinisasi sebelumnya.



Gambar 3. Parameter suhu hidrolisis

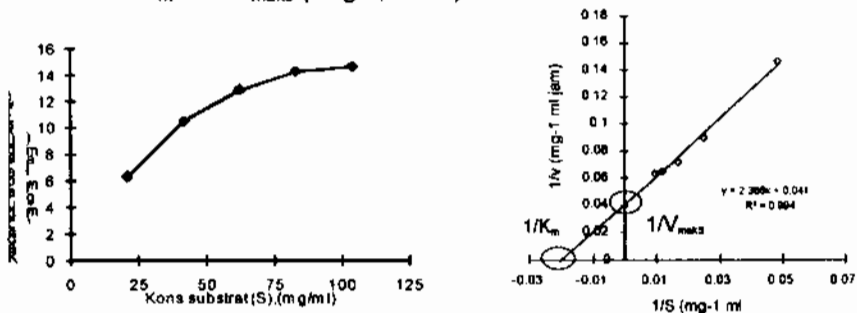
Retrogradasi adalah bergabungnya rantai pati terutama bagian amilosa membentuk suatu ikatan yang kuat berupa agregat kristalin dan membentuk gel yang dapat dipotong serta menjadi *opaque* atau buram. Fenomena tersebut akan terjadi apabila pati yang tergelatinisasi kemudian didinginkan (Atwell *et al.*, 1988; Whistler dan Miller, 1997).

Konsentrasi substrat (K_m dan V_{maks})

Pengaruh konsentrasi suspensi pati atau substrat (S) terhadap kecepatan reaksi enzim diuji dengan konsentrasi 1 mg padatan enzim per 50 ml suspensi pati dengan konsentrasi 25-125 mg/ml atau 2.5-12.5% (b/v). Kisaran konsentrasi substrat tersebut digunakan karena keterbatasan kemampuan alat untuk mengelatinisasi pati, yaitu hanya menggunakan pemanas air suhu 98°C (air mendidih) sehingga pati pisang belum tergelatinisasi sempurna. Apabila konsentrasi substrat yang lebih besar dari 100 mg/ml, viskositas pati akan tinggi, yaitu sekitar > 2000 BU, sehingga pada konsentrasi substrat tersebut akan ada kesulitan saat mencampur enzim dengan pati yang sudah digelatinisasi. Selain itu, tipe pengaduk yang digunakan tidak mampu mencampurkan suspensi pati yang sudah digelatinisasi dengan enzim secara homogen jika viskositas pati terlalu tinggi.

Konsentrasi substrat tersebut memang masih lebih rendah jika dibandingkan dengan konsentrasi substrat yang biasa digunakan di industri untuk melakukan hidrolisis pati, yaitu sekitar 30% (b/v). Di Industri, konsentrasi tersebut digunakan dengan kondisi bahwa enzim penghidrolisis dimasukkan ke dalam suspensi pati cair sebelum suspensi tersebut dipanaskan sehingga pencampuran akan merata. Sementara apabila enzim penghidrolisis dimasukkan setelah gelatinisasi, proses gelatinisasi pati dilakukan pada suhu yang tinggi sekitar 130-160°C dengan menggunakan *jet cooker* sehingga pati akan tergelatinisasi sempurna (Novozymes A/S, 2005). Pengaruh konsentrasi substrat terhadap kecepatan reaksi enzim yang mengikuti persamaan kinetik Michaelis-Menten (kiri) dan penentuan K_m dan V_{maks} dengan persamaan Lineweaver Burk (kanan) terlihat pada Gambar 4.

Berdasarkan persamaan Lineweaver Burk, diperoleh nilai K_m dan V_{maks} enzim penghidrolisis masing-masing 57.64 mg/ml dan 24.15 mg/ml, jam. Konsentrasi yang digunakan untuk penentuan nilai K_m , yaitu 25-125 mg/ml, ada pada kisaran 0.36 K_m sampai 1.8 K_m , yang tidak jauh berbeda dengan persyaratan penentuan nilai K_m dan V_{maks} (Segel, 1993).



Gambar 4. Pengaruh konsentrasi substrat terhadap kecepatan enzim (penentuan nilai K_m dan V_{maks})

Kisaran konsentrasi substrat optimal yang dapat digunakan adalah sekitar nilai K_m , yaitu sampai 5 K_m , sehingga kecepatan reaksi (v_0) menjadi 0.83 V_{maks} . (Kuchel dan Ralston, 1988). Apabila mengikuti aturan tersebut dengan memasukkan nilai K_m yang sudah diperoleh dan mengasumsikan tidak ada

inhibitor atau penghambatan, kisaran konsentrasi substrat yang dapat digunakan adalah sekitar 288.2 mg/ml (28.82% b/v) sesudah pencampuran enzim atau sekitar 345.8 mg/ml (34.58% b/v) sebelum pencampuran enzim. Adanya keterbatasan alat menyebabkan konsentrasi substrat yang digunakan selanjutnya untuk penentuan konsentrasi enzim dan waktu hidrolisis yang masih dapat diaduk dengan homogen (saat pencampuran pati tergelatinisasi dengan enzim) adalah maksimal pada 100 mg/ml atau 10% (b/v).

Konsentrasi enzim dan waktu hidrolisis

Penentuan waktu hidrolisis dilakukan setelah parameter suhu dan konsentrasi substrat diperoleh, untuk menghasilkan hidrolisat pati yang dapat menjadi maltodekstrin DE rendah, yaitu sekitar <5. Hubungan konsentrasi enzim dan waktu hidrolisis dengan nilai DE dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Nilai DE hasil hidrolisis konsentrasi enzim 1 mg dan 0.5 mg padatan per 50 ml suspensi^{*)}

Waktu (menit)	Nilai DE kons. enzim 1 mg	Nilai DE kons. enzim 0.5 mg
10	TD	2.94
15	5.34	3.46
30	9.05	5.67
45	11.62	7.72
60	14.32	9.12

Keterangan: ^{*)} Suhu 75 °C; konsentrasi substrat 100 mg/ml; TD = tidak diuji

Berdasarkan Tabel 2 (konsentrasi enzim 1 mg padatan per 50 ml suspensi), diketahui nilai kisaran DE 3-5 hanya diperoleh dengan waktu hidrolisis di bawah 15 menit. Hasil pengukuran nilai DE maltodekstrin komersial (NLite D) yang digunakan sebagai pembanding adalah sekitar 3.02. Oleh karena itu, perlu dilakukan penentuan parameter waktu kembali dengan menurunkan konsentrasi enzim menjadi 0.5 mg padatan per 50 ml suspensi pati (Tabel 2). Nilai DE yang mendekati nilai DE maltodekstrin komersial dapat diperoleh dengan menghidrolisis pati pisang uli selama 10 menit pada suhu 75°C, konsentrasi substrat 100 mg/ml, dengan konsentrasi enzim 0.5 mg padatan per 50 ml suspensi pati.

Berdasarkan pustaka, maltodekstrin dengan DE<5 memiliki karakteristik tekstur yang apabila dipanaskan lalu kemudian didinginkan akan menyerupai lemak (Chronakis, 1998). Dengan demikian, maltodekstrin pati pisang hasil produksi dengan kondisi tersebut diharapkan akan memiliki sifat dan karakter sebagai bahan pengganti lemak yang dapat digunakan dalam aplikasi produk pangan.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Isolasi pati pisang uli menggunakan modifikasi metode Lii *et al.* (1982) dengan NaOH 0.045 M dapat menghasilkan pati dengan rendemen (42.58% bk), derajat putih (109.4), dan kemurnian pati (97.96% bk) yang tinggi. Suhu optimum

hidrolisis yang digunakan adalah 75°C, konsentrasi substrat optimum adalah 100 mg/ml (10% b/v), dan waktu hidrolisis optimum untuk menghasilkan maltodekstrin DE rendah sebagai bahan pengganti lemak adalah 10 menit dengan konsentrasi enzim 0.5 mg padatan per 50 ml suspensi pati. Nilai DE maltodekstrin hasil produksi mendekati nilai DE maltodekstrin komersial (NLite D) yang digunakan sebagai pembanding sehingga diharapkan maltodekstrin hasil produksi dapat memiliki sifat sebagai bahan pengganti lemak.

Saran

Tipe pengaduk yang digunakan perlu dimodifikasi sehingga dapat mencampurkan suspensi pati tergelatinisasi dengan enzim secara homogen pada konsentrasi yang lebih tinggi dari 100 mg/ml.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih untuk PT. Indofood Sukses Makmur Bogasari Flour Mills selaku Panitia Bogasari Nugraha 2004 atas pemberian bantuan dana penelitian.

DAFTAR PUSTAKA

- Atwell, W.A., Hood, L.F., Lineback, D.R., Varriano-Marston, E., and Zobel, H.F. 1988. The terminology and methodology associated with basic starch phenomena. *Cereal Foods World* 33: 306-311.
- [BPS]. Biro Pusat Statistika. 2005. Horticulture Statistics. [terhubung berkala]. www.bps.go.id. [5 Nov 2006].
- Bello-Perez, L.A., Edith, A.A., Laura, S. 1999. Isolation and partial characterization of banana starch. *J. Agric. Food. Chem* 47: 854-857.
- Bello-Perez, L.A., Sanchez, H.L., Esther, M.D., Jorge, F. Toro-Vazquez. 2002. Laboratory scale production of maltodextrins and glucose syrup from banana starch. *Food Technology Acta Cientifica Venezolana* 53: 44-48.
- Bergmeyer, H.U. 1983. *Methods of Enzymatic Analysis Vol II*. Ed ke-3. Verlag Chemie International. USA.
- Chronakis, I.S. 1998. On the molecular characteristics, compositional properties, and structural-functional mechanisms of maltodextrins: a review. *Critical Reviews in Food Science* 38: 599-637.
- Davidek, J., Velisek, J., and Pokorni, J. 1990. *Chemical Changes during Food Processing*. Elsevier, New York, Tokyo.

- Griffin, V.K. and Brooks, J.R. 1989. Production and size distribution of rice maltodextrins hydrolyzed from milled rice flour using heatstable alpha-amylase. *J. Food Sci.* 54: 190-193.
- Inglett, G.E. and Grismore, S.B. 1991. Maltodextrin fat substitute lower cholesterol. *Food Technol.* 45:104.
- Kayisu, K., Hood, L.F., and Vansoest, P.J. 1981. Characterization of starch and fiber of banana fruit. *J. Food Sci.* 46: 1885-1890.
- Kuchel, P.W. and Ralston, G.B. 1988. *Schaum's Outline of Theory and Problems of Biochemistry (Paperback)*. Mcgraw-Hill Book Co.
- Lii, C.Y. dan Young, S.M. 1982. Investigation of the physical and chemical properties of banana starches. *J. of Food Sci.* 47: 1493-1497.
- Marchal, L.M., Beefink, H.H., and Tramper, J. 1999. Towards a rational design of commercial maltodextrins. *Trends in Food Science&Technology* 10:345-355.
- Novozyme, A/S. 2005. Application Sheet. Efficient liquefaction of starch. [terhubungberkala]. www.novozymes.com. [Maret 2005].
- Satuhu, S. dan Supriyadi, A. 1992. *Pisang, Budidaya, Pengolahan dan Prospek Pasar*. Jakarta: Penebar Swadaya.
- Segel Irwin, H. 1993. *Enzyme Kinetics: Behavior and Analysis of Rapid Equilibrium and Steady-State Enzyme Systems*. Willey Classics Library.
- Strong, M.J. 1989. *Dairy Food Substitutes*. PCT-International Patent Sydney, Australia.
- Waliszewski, K.N., Maria, A.A., Luis, A.B., and Jose, A.M. 2003. Change of banana starch by chemical and physical modification. *Carbohydrate Polymers* 52: 237-242.
- Whistler, R.L. and BeMiller, J.N. 1997. *Carbohydrate Chemistry for Food Scientists*. American Association of Cereal Chemists.
- Zhang, P., Whistler, Roy L., BeMiller, James, N., and Hamaker, Bruce R. 2005. Banana starch: production, physicochemical properties, and digestibility- a review. *Carbohydrate Polymers* 59: 443-458.