

HIDROLISIS TEPUNG UBI JALAR UNGU (*Ipomea batatas L.*) SECARA ENZIMATIS MENJADI SIRUP GLUKOSA FUNGSIONAL: KAJIAN PUSTAKA

Enzymatic Hydrolysis of Purple Sweet Potato (Ipomea batatas L.) Flour into Functional Glucose Syrup: A Review

Alifia Yuanika Rahmawati^{1*}, Aji Sutrisno¹

1) Jurusan Teknologi Hasil Pertanian, FTP Universitas Brawijaya Malang
Jl. Veteran, Malang 65145

*Penulis Korespondensi, Email :alifia.yuanika@gmail.com

ABSTRAK

Sirup glukosa merupakan gula cair hasil hidrolisa pati secara enzimatis atau asam. Hidrolisis secara enzimatis dapat dilakukan dengan menggunakan enzim α amilase, glukoamilase dan pullulanase. Sirup glukosa umumnya digunakan sebagai salah satu bahan baku tambahan untuk industri minuman dan makanan, seperti es krim, *marshmallow*, dan *sugar confectionary*. Sirup glukosa mempunyai keunggulan tidak dapat mengalami kristalisasi saat pemanasan pada suhu tinggi. Sirup glukosa dari berbagai sumber pati telah banyak diteliti dan dikembangkan, namun belum ditemukan sirup glukosa yang mempunyai nilai fungsional seperti adanya aktivitas antioksidan dan sekaligus menjadi pewarna alami. Tepung ubi jalar ungu yang memiliki kandungan antosianin sekitar 108.98 ppm berpotensi digunakan sebagai bahan baku pembuatan sirup glukosa fungsional. Nilai fungsional yang berpotensi dihasilkan dari sirup glukosa ubi jalar ungu diantaranya adalah aktivitas antioksidan, pewarna alami, dan *flavor* ubi jalar alami.

Kata Kunci: Enzimatis, Sirup Glukosa Fungsional, Ubi Jalar Ungu

ABSTRACT

Glucose syrup is a concentrated aqueous solution containing glucose, maltose and other reducing sugar from starch hydrolysate enzymatically or with acid. Enzymatic hydrolysis is acting by α amylase enzyme, glucoamilase and pullulanase. Glucose Syrup commonly use as sweetener in food and beverage industries, like ice cream, marshmallow, and sugar confectionary. Glucose syrup can not crystallize on the high temperature. Many research about glucose syrup are observed, but there is not glucose syrup with functionality value as antioxidant activity and as a natural dyes. Purple sweet potato flour has anthocyanin about 108.98 ppm that potential as a substrate of functional glucose syrup. Functionality value in purple sweet potato glucose syrup are antioxidant activity, natural dyes and natural sweet potato flavor.

Keywords: Enzymatic, Functional Glucose Syrup, Purple Sweet Potato Flour

PENDAHULUAN

Pemanis merupakan salah satu zat yang tidak dapat dipisahkan dari kehidupan manusia. Pemanis tidak hanya berperan sebagai penambah cita rasa saja, melainkan juga sebagai penentu tekstur suatu makanan. Salah satu jenis pemanis yang banyak digunakan di industri makanan dan minuman adalah sirup glukosa. Sirup glukosa merupakan gula cair hasil hidrolisa pati secara enzimatis atau asam. Hidrolisis secara enzimatis dapat dilakukan dengan menggunakan enzim α amilase, glukoamilase, dan pullulanase. Sirup glukosa mempunyai keunggulan tidak dapat mengalami kristalisasi saat pemanasan pada suhu tinggi serta memiliki kelarutan yang lebih tinggi jika dibandingkan dengan sukrosa [1].

Penggunaan sirup glukosa di Indonesia cenderung mengalami peningkatan dari tahun ke tahunnya. Hal ini dapat dilihat dari tingkat impor sirup glukosa yang meningkat dari nilai 33874.50 US\$ pada tahun 2010 menjadi 50287.30 US\$ pada tahun 2011 dengan tren peningkatan 28% [2]. Sirup glukosa dapat dihasilkan dari berbagai sumber pati seperti jagung, singkong, dan kentang. Namun belum ditemukan sirup glukosa dengan nilai fungsional tertentu seperti adanya senyawa yang dapat berperan sebagai antioksidan.

Tepung Ubi jalar ungu yang memiliki kandungan antosianin berpotensi digunakan sebagai bahan baku pembuatan sirup glukosa fungsional. Nilai fungsional yang berpotensi dihasilkan dari sirup glukosa ubi jalar ungu diantaranya adalah aktivitas antioksidan, pewarna alami, dan *flavor* ubi jalar alami.

Ubi Jalar Ungu

Ubi jalar merupakan salah satu komoditi hasil pertanian yang prospek untuk dikembangkan, selain padi-padian, jagung, gandum, singkong, dan kentang [3]. Indonesia merupakan negara urutan ke-4 penghasil ubi jalar dengan total produksi rata-rata 2 juta ton per tahun. Hampir seluruh wilayah di Indonesia merupakan daerah penghasil ubi jalar, seperti Sumatera, Jawa, Kalimantan, Sulawesi, dan Papua. Daerah penghasil ubi jalar terbesar adalah wilayah Jawa Barat dengan produktivitas rata-rata 471344 ton per tahun [4].

Ubi jalar ungu merupakan umbi dengan warna kulit berwarna putih hingga ungu pekat dan warna umbi dari putih keunguan hingga ungu pekat seluruhnya. Ubi jalar ungu memiliki keistimewaan dengan adanya senyawa antosianin yang cukup besar, yaitu 138.15 mg/100g dengan aktivitas antioksidan yang juga relatif tinggi, yaitu 86.68% [5] [6]. Ubi jalar ungu juga memiliki kandungan nutrisi lebih tinggi dibandingkan ubi jalar varietas lain, terutama kandungan lisin, Cu, Mg, K, Zn, dan rata-rata substansi anti kanker yaitu selenium dan iodine 20 kali lebih tinggi dibandingkan dengan bentuk lain [7].

Ubi jalar ungu dalam bentuk tepung mempunyai kandungan total pati sebesar 57.18% dengan kadar amilosa sebesar 28.69% [6]. Pati merupakan homopolimer glukosa yang dihubungkan oleh ikatan glikosidik. Pati mengandung dua komponen utama yaitu amilosa dan amilopektin. Amilosa merupakan polisakarida rantai lurus yang tersusun atas unit glukosa dengan ikatan α (1,4) glikosidik. Amilopektin merupakan rantai cabang yang tersusun atas unit glukosa dengan ikatan α (1,4)-D dan α (1,6)-D glukosa [8]. Granula pati ubi jalar berdiameter 2-25 μm . Granula pati ubi jalar berbentuk poligonal dan memiliki derajat pembekakan 20-27 ml/gram. Suhu gelatinisasi ubi jalar pada suhu 75-88°C dengan kelarutan 15-35% [9]. Komposisi kimia tepung ubi jalar ungu dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Komposisi Kimia Tepung Ubi Jalar Ungu

| Parameter | Jumlah |
|---------------------------|--------|
| Kadar air (%) | 6.63 |
| Kadar pati (%) | 57.18 |
| Kadar amilosa (%) | 28.69 |
| Total antosianin (mg/g) | 0.13 |
| Total fenol (mg/g) | 0.30 |
| Aktivitas antioksidan (%) | 86.68 |
| Rendemen (%) | 19.2 |

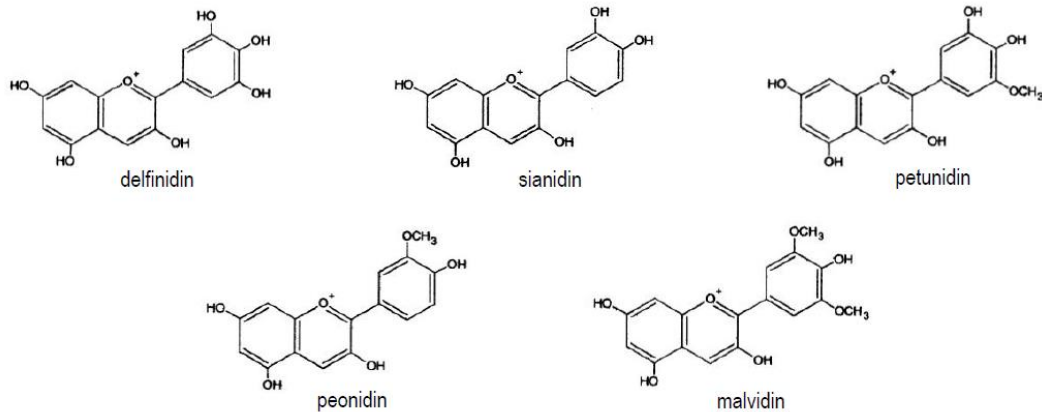
Sumber : [6]

Antosianin

Antosianin merupakan flavonoid yang mempunyai pigmen berwarna merah, ungu dan biru yang larut dalam air. Antosianin dapat ditemukan pada berbagai tanaman seperti anggur, *blackcurrant*, kubis ungu, duwet dan ubi jalar ungu [10]. Antosianin umumnya terdiri dari dua gugus penyusun, yaitu gugus aglikon (non gula) dan glikon (gula) atau gabungan diantara keduanya. Selain kedua gugus tersebut, antosianin dapat terdiri atas beberapa gugus asam, seperti kumarat, kafeat, atau ferulat [11]. Antosianin dapat dibedakan menjadi dua puluh jenis antosianidin, tetapi hanya enam yang memegang peranan penting dalam

bahan pangan serta yang umum ditemukan yaitu pelargonidin, sianidin, peonidin, delphinidin, petunidin, dan malvidin. Struktur beberapa antosianidin dapat dilihat pada Gambar 1.

Antosianin sebagai pigmen alami tanaman mempunyai stabilitas yang dipengaruhi oleh beberapa faktor, seperti pH, oksigen, logam, suhu, dan cahaya. Antosianin biasanya lebih stabil pada pH dibawah 3,5. Pigmen antosianin stabil pada pH 1-3, sedangkan pada pH 4-5 antosianin hampir tidak berwarna. Kehilangan warna ini bersifat reversibel dan warna merah akan kembali ketika suasana asam [12]. Antosianin juga labil terhadap oksigen, sebab dapat menyebabkan rusaknya cincin benzena pada atom C nomor 2 dan 3 dengan membentuk *o-benzoyloxyphenyl acetic acid ester*.



Gambar 1. Struktur Beberapa Senyawa Antosianidin [13]

Antosianin yang merupakan metabolit sekunder famili flavonoid, mempunyai potensi sebagai agen penghambat radikal bebas. Sistem ikatan rangkap terkonjugasi pada antosianin dapat mendonorkan satu atau lebih elektron kepada atom atau senyawa radikal bebas yang belum berpasangan [14]. Radikal bebas secara umum dapat timbul akibat proses biokimiawi dalam tubuh. Radikal bebas dapat berupa hasil samping proses oksidasi saat bernapas, metabolisme sel, peradangan, saat tubuh terpapar polusi kendaraan bermotor, asap rokok, dan radiasi matahari.

Antosianin memiliki manfaat kesehatan bagi tubuh dan digunakan sebagai komponen aktif dari beberapa produk kesehatan. Antosianin dapat mengurangi risiko kerusakan hati, membantu menurunkan tekanan darah, dan peningkatan kemampuan penglihatan. Selain itu antosianin juga dapat menghambat mutasi akibat mutagen yang berasal dari makanan yang dimasak, berperan sebagai antioksidan, anti alergi, dan *antitrombotic* [15].

Antioksidan

Antioksidan adalah suatu senyawa yang dapat mencegah dan memperlambat kerusakan yang disebabkan oleh radikal bebas melalui penghambatan mekanisme oksidatif [16]. Antioksidan berdasarkan sumbernya dapat dibedakan atas dua macam, yaitu antioksidan sintetis. Antioksidan alami banyak ditemukan pada tanaman seperti biji-bijian, buah, umbi-umbian, dan sayur-sayuran yang mempunyai manfaat bagi kesehatan [17]. Antioksidan alami dapat berupa turunan fenol, kumarin, hidroksi sinamat, tokoferol, difenol, flavonoid, dihidroflavon, kathekin, asam askorbat. Antioksidan sintesis antara lain adalah butil hidroksilanisol, butil hidroksiltoluen, propil gallat, dan etoksiquin [18].

Antioksidan berdasarkan mekanisme kerjanya, dibedakan menjadi tiga tipe, yaitu antioksidan primer, antioksidan sekunder, dan pengkelat logam. Antioksidan primer mampu memutus rantai reaksi pembentukan radikal bebas dengan memberikan ion hidrogen atau elektron pada radikal bebas sehingga menjadi produk yang stabil. Senyawa yang digolongkan sebagai antioksidan primer adalah kelompok senyawa polifenol, asam askorbat

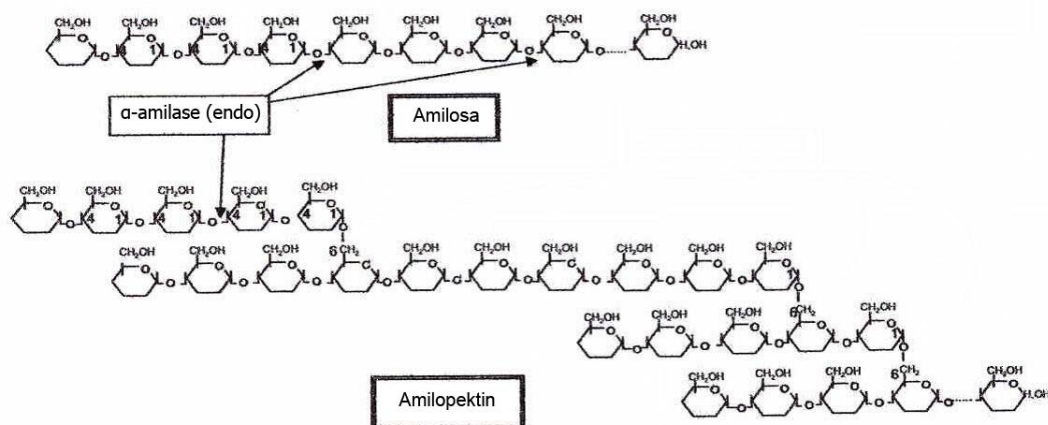
(vitamin C), kelompok senyawa asam galat, BHT, BHA, TBHQ, PG, dan tokoferol. Antioksidan sekunder berfungsi untuk mencegah terbentuknya radikal bebas, menginaktivkan singlet oksigen, menyerap radiasi ultraviolet dan bekerja sinergis dengan antioksidan primer. Senyawa yang digolongkan sebagai antioksidan sekunder adalah asam tiopropionat, dilauril dan distearil ester. Senyawa yang tergolong sebagai chelator berfungsi sebagai pengikat logam-logam yang dapat mengkatalis reaksi oksidasi lemak seperti Fe dan Cu [19].

Enzim Penghidrolisa Pati

1. Enzim α -amilase

Enzim α -amilase (α -1,4- glukon 4- glukonohidrolase, E.C 3.2.1.1) merupakan endoenzim yang menghidrolisis ikatan α -(1,4)-glikosida dari bagian dalam secara acak baik pada amilosa maupun amilopektin. Enzim α -amilase disebut juga dengan *α -retaining double displacement*. Enzim α -amilase dibedakan menjadi dua golongan yaitu termostabil (tahan panas) dan termolabil (tidak tahan panas). Enzim α -amilase yang termostabil dapat diperoleh dari *Bacillus licheniformis*, *Bacillus subtilis*, *Bacillus stearothermophilus* dan *Bacillus amyloliquefaciens*, sedangkan yang termasuk termolabil dihasilkan dari jamur seperti *Aspergillus oryzae* dan *Aspergillus niger*. Enzim α -amilase termodifikasi dapat bekerja pada suhu hingga 105-110°C dengan kisaran pH 5.1-5.6 selama 60-180 menit [20].

Aktivitas enzim α -amilase dipengaruhi oleh beberapa faktor yang diantaranya adalah pH dan suhu. Enzim α -amilase mempunyai kondisi optimum pada suhu 90-105°C dengan pH 5.6-6.0. Suhu yang terlampaui tinggi dari kondisi optimum akan mengganggu dan merusak enzim, sedangkan pemberian suhu yang terlampaui rendah dari kondisi optimum akan menyebabkan gelatinisasi pati tidak sempurna [21]. Mekanisme kerja enzim α -amilase dalam memecah pati amilosa dan amilopektin dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Mekanisme Kerja Enzim α -amilase [22]

2. Enzim Glukoamilase

Glukoamilase (EC 3.2.1.3) dikenal juga dengan amiloglukosidase atau α -(1,4)-D-glukan glukohidrolase. Glukoamilase dapat dihasilkan dari jamur : *Aspergillus spp*, *Rhizopus oryzae*, *Rhizopus niveus*, dari yeast : *Saccharomycopsis fibuligera*, *Saccharomyces diasticus*, dan dari bakteri : *Clostridium acetobutylicum* [23]. Glukoamilase yang dihasilkan dari *aspergillus awanori* dan *Aspergillus niger* tergolong termostabil dan mempunyai kisaran pH yang lebih optimal. Kedua mikroba tersebut sekarang secara universal digunakan untuk sakarifikasi pati. Glukoamilase murni banyak digunakan untuk pembuatan sirup glukosa dari maltodekstrin yang diproduksi oleh α -amilase dari pemurnian pati.

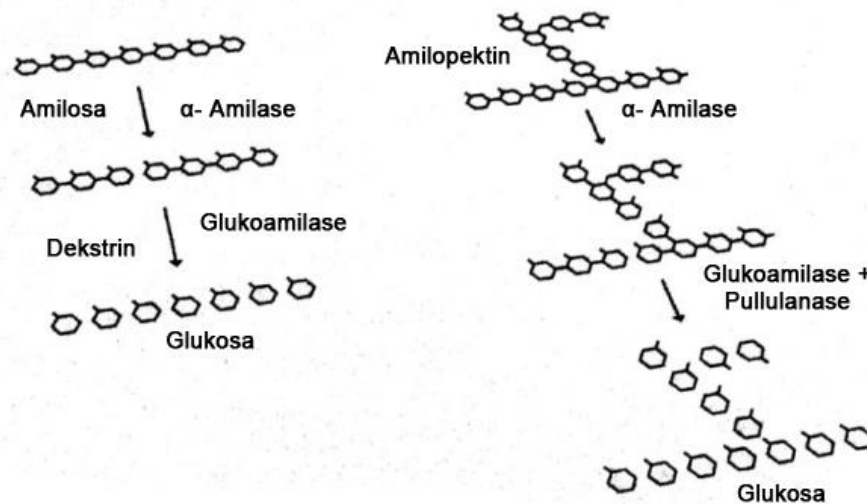
Faktor-faktor yang mempengaruhi aktivitas dan stabilitas enzim glukoamilase diantaranya adalah :

1. Suhu, kondisi suhu optimum untuk enzim ini adalah 40-60°C.
2. Nilai pH optimum untuk aktivitas enzim ini adalah 4.5.

3. Waktu reaksi yang diperlukan untuk hidrolisa pati sekitar 48-96 jam [1].

3. Enzim Pullulanase

Pullulanase (pullulan 6-glucanohydrolase, EC 3.2.1.41) adalah eksoenzim yang mengkatalisis hidrolisis α -1, 6-penghubung pullulan dan polisakarida lain untuk menghasilkan maltotriosa sebagai produk akhir. Pullulanase dengan enzim α amilase dapat bersinergis menghasilkan pemotongan molekul karbohidrat yang sempurna. Pullulanase adalah protein monomer dengan massa molekul di kisaran 60-140 kDa. Enzim ini dapat diperoleh pada ekstrak beras dan kacang-kacangan [24]. Selain dari tanaman, pullulanase dapat dihasilkan dari bakteri mesofilik, seperti *Klebsiella*, *Escherichia coli*, *Streptococcus*, *Bacillus*, dan *Streptomyces*. Pullulanase yang dihasilkan oleh bakteri mesofilik merupakan enzim yang bersifat tidak tahan oleh suhu tinggi. Suhu maksimum yang dikehendaki adalah 60°C. Jika suhu yang digunakan lebih dari suhu maksimum, maka enzim akan terdenaturasi. Namun beberapa pullulanase ada yang mampu bertahan pada suhu tinggi, seperti pullulanase yang dihasilkan oleh bakteri *Thermus caldophilus* yang masih bisa bertahan pada suhu 90°C [25]. Mekanisme kerja sinergis antara glukoamilase dan pullulanase dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Mekanisme Kerja α - Amilase, Glukoamilase dan Pullulanase [26]

Hidrolisis pati

Hidrolisis pati merupakan proses pemecahan molekul amilum menjadi komponen sederhana penyusunnya seperti dekstrin, maltotriosa, maltosa dan glukosa. Proses hidrolisis dapat dilakukan secara enzimatik dan asam. Hidrolisis secara enzimatik lebih menguntungkan dibandingkan dengan hidrolisis asam, karena enzim akan memutus ikatan glikosida secara spesifik, kerusakan warna dapat diminimalkan dan tidak menyisakan residu [27]. Produk hasil hidrolisis pati umumnya dikarakterisasi berdasarkan tingkat derajat hidrolisisnya dan dinyatakan dengan nilai DE (Dekstrosa Equivalen) yang menunjukkan prosentase dekstrosa murni dalam total padatan substrat yang dihidrolisis. Hidrolisis pati menjadi sirup glukosa melalui tiga tahapan, yaitu gelatinisasi, likuifikasi, dan sakarifikasi.

Gelatinisasi merupakan proses awalan sebelum likuifikasi. Gelatinisasi adalah proses pembengkakan granula pati akibat pemanasan yang memutus ikatan hidrogen pada ikatan glikosida pati. Pembengkakan granula tersebut bersifat *irreversible* atau tidak bisa kembali lagi ke bentuk semula. Likuifikasi yang dilakukan tanpa gelatinisasi terlebih dahulu akan membutuhkan waktu yang lebih lama dibandingkan dengan substrat yang telah mengalami gelatinisasi [28].

Likuifikasi merupakan proses hidrolisis pati menjadi molekul-molekul yang lebih kecil seperti maltosa, glukosa, dan dekstrin dengan menggunakan enzim α -amilase. Likuifikasi

pati umumnya dilakukan hingga dekstrosa ekuivalen mencapai 15-20% atau sampai larutan berwarna merah bata jika direaksikan dengan larutan iodin [29]. Aktivitas enzim α -amilase menentukan cepat lambatnya proses likuifikasi. Enzim ini akan bekerja lebih cepat jika menggunakan substrat yang berbentuk gel atau yang sebelumnya telah digelatinisasi. Likuifikasi dapat dilakukan pada suhu 105°C, pH 6 selama 5 menit atau pada suhu 95-97°C, pH 6 selama 1-3 jam dengan menggunakan α -amilase termotabil. Enzim α -amilase ini memecah ikatan α -(1,4) glikosidik secara acak pada bagian dalam substrat dan menghasilkan gula reduksi dan dekstrin dengan rantai glukosa jumlah kecil [30].

Sakarifikasi merupakan tahap hidrolisis lanjutan dari tahap likuifikasi dengan menggunakan enzim glukoamilase. Enzim glukoamilase merupakan salah satu eksoenzim yang mampu menghidrolisis ikatan α -1,4 dan sedikit pada ikatan α -1,6 pada titik percabangan. Enzim ini akan menghidrolisis pati menjadi oligosakarida, maltotriosa menjadi maltosa dan menghidrolisis maltosa menjadi glukosa. Sakarifikasi dapat dilakukan pada suhu antara 55-60°C dengan pH 4.5 yang mana proses tersebut membutuhkan waktu antara 24-72 jam [31].

Faktor-faktor yang dapat mempengaruhi proses hidrolisis pati antara lain yaitu konsentrasi substrat, konsentrasi enzim, suhu, pH dan lama proses hidrolisis. Enzim mempunyai spesifitas yang tinggi, sehingga kinerja enzim akan optimal jika substrat yang digunakan cocok dan dalam konsentrasi yang tepat. Selain itu konsentrasi enzim juga berpengaruh terhadap likuifikasi sebab efektivitas kerja enzim berbanding lurus dengan konsentrasi enzim, sehingga semakin optimal kerja enzim, maka proses hidrolisis juga akan semakin cepat [32].

Sirup Glukosa

Sirup glukosa merupakan gula cair yang dihasilkan dari proses hidrolisis pati secara enzimatik atau asam. Sirup glukosa umumnya dibuat dengan menggunakan bahan baku pati jagung atau pati singkong. Sirup glukosa merupakan suatu substansi kompleks yang terdiri dari dekstrin, maltosa, dekstrosa, dan berbagai oligosakarida, mempunyai sifat viskous dan tidak berwarna [33]. Sirup glukosa mempunyai tingkat kemanisan yang lebih rendah dibandingkan dengan gula pasir, tetapi stabil pada suhu tinggi, resisten terhadap kristalisasi dan tidak mudah mengalami kecoklatan saat pemanasan. Tingkat mutu sirup glukosa yang dihasilkan ditentukan oleh tingkat konversi pati menjadi komponen-komponen glukosa, maltosa dan dekstrin yang dikenal sebagai ekuivalen dekstrose (DE). DE didefinisikan sebagai jumlah gula reduksi total dinyatakan sebagai dekstrosa dan dihitung sebagai prosentase dari bahan kering total, glukosa murni memiliki DE 100 [34].

Sirup glukosa dari berbagai sumber pati telah banyak diteliti dan dikembangkan, diantaranya adalah pati pisang, pati jagung dan pati kentang. Serta singkong dan ubi jalar putih dalam bentuk tepung juga dimanfaatkan sebagai bahan baku sirup glukosa dan fruktosa [35]. Sirup glukosa berantioksidan juga telah dibuat dengan bahan baku jahe emprit, namun aktivitas antioksidan yang dihasilkan masih relatif rendah, yaitu 26.52% [36]. Hal ini dapat disebabkan karena aktivitas antioksidan yang dimiliki oleh jahe juga rendah.

SIMPULAN

Tepung ubi jalar ungu memiliki kandungan pigmen antosianin dan aktivitas antioksidan yang cukup tinggi, sehingga dapat digunakan sebagai bahan baku pembuatan sirup glukosa fungsional dengan hidrolisis enzimatik. Nilai fungsional yang berpotensi dihasilkan dari sirup glukosa ubi jalar ungu diantaranya adalah aktivitas antioksidan, pewarna alami, dan *flavor* ubi jalar alami.

DAFTAR PUSTAKA

- 1) Tjokroadikoesoemo, P.S. 1993. HFS dan Industri Ubi Kayu Lainnya. Gramedia Jakarta.
- 2) BPS. 2014. Statistik Indonesia 2011-2014 (Ekspor-Impor Sirup Glukosa). Jakarta

- 3) Ray, R.C. and Ravi, V. 2005. Post Harvest Spoilage of Sweet Potato in Tropics and Control Measures. *Crit. Rev. Food Sci.Nutr* 45, 623–644.
- 4) BPS. 2014. Statistik Indonesia 2011-2014 (Produksi Umbi-umbian di Indonesia). Jakarta
- 5) Widhaswari V.A, dan Rukmi WD. 2014. Pengaruh Modifikasi Kimia dengan STTP terhadap Karakteristik Tepung Ubi Jalar Ungu. *Jurnal Pangan dan Agroindustri* 2 : 3, 121-128
- 6) Puung, F.V.2013. Karakterisasi Sifat Fisiko Kimia Pati Ubi Jalar Ungu (*Ipomea batatas* (L) var. *Ayamurasaki*) Termodifikasi Proses Perendaman dan Heat Moisture Treatment (HMT). Skripsi. UB. Malang
- 7) Yashimoto M.S, Okuna M, Yoshinaga O, Yamakawa M, Yamaguchi and J Yamada.1999. Antimutagenicity of Sweet Potato (*Ipomoea batatas*) Root. *Biosci Biotechnology Biochemistry* 63, 541-543
- 8) Kunamneni A, Permaul K, and Singh S. 2005. Amylase production in solid state fermentation by the thermophilic fungus *Thermomyces lanuginosus*. *Journal of Bioscience and Bioengineering* 100:2, 168-171
- 9) Moorthy, S.N. 2000. 'Tropical Sources of Starch'. Dalam Elliason A.C (ed). *Starch in Foods : Structure, Function and Application*. CRC Press LLC. USA
- 10) Ariviani, S. 2010. Total Antosianin Ekstrak Buah Salam dan Korelasinya dengan Kapasitas Anti Peroksidasi pada Sistem Linoelat. *Jurnal Agrotek* 5 :2, 121-127
- 11) Stanciu, G., S. Lupsor., C. Sava and S. Zagan. 2010. Spectrophotometric study on Stability of Anthocyanin Extract from Black Grapes Skins. *Ovidius University Annals of Chemistry* 21 :1, 101-104
- 12) Kahkonen, M.P., H. Johanna., O. Velimatti and H. Marina. 2003. Berry Anthocyanin : Isolation , Identification and Antioxidant Activities. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 83 : 14, 1403-1411
- 13) Suda, I., T. Oki, M. Masuda, M. Kobayashi, Y. Nishiba, and S. Furuta. 2003. Physiological Functionality of Purplefleshed Sweet Potatoes Containing Anthocyanins and Their Utilization in Foods. *JARQ* 37:3, 167-173
- 14) Low, W. J., Mary A., Nadia O., Benedito C., Filipe Z. & David T. 2007. Ensuring the Supply of and Creating Demand for a Biofortified Crop with a Visible Trait: Lessons Learned from the Introduction of Orange-Fleshed Sweet Potato in Drought-Prone Areas of Mozambique. *Food and Nutrition Bulletin* 28 : 2, S258 - S270
- 15) McDougall GJ, Ross HA, Ikeji M, Stewart D. 2008. Berry Extracts Exert Different Antiproliferative Effects Against Cervical and Colon Cancer Cells Grown In Vitro. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 56, 3016-3022
- 16) Rohman, A. dan S. Riyanto. 2005. Daya Antioksidan Ekstrak Etanol Daun Kemuning (*Murraya paniculata* (L) Jack) secara in vitro. *Majalah Farmasi Indonesia* 16 : 3, 136-140
- 17) Prakash, A. 2001. Antioxidant Activity. *Medallion Laboratories Analytical Progress* 19:2, 1-3
- 18) Cahyadi, W. 2006. Analisis dan Aspek Kesehatan Bahan Tambahan Pangan. PT. Bumi Aksara. Jakarta
- 19) Rajalakshmi, D and Narasiman, S. 1996. Food Antioxidants : Sources and Methods of Evaluation. Dalam D.I Madhavi, S.S. Deshpande and D.K. Salunkhe (eds), *Food Antioxidants*. Marcel Dekker. New York
- 20) Sivaramakrishnan S, Gangadaran D, Nampoothiri K.M, Soccol C.R, Pandey A. 2006. α -Amylase From Microbial Sources An Overview on Recent Developments. *Journal of Food Technology and Biotechnology* 44 : 2, 173–184
- 21) Richardson, T.H, Tan, X., Frey, G., Callen, W., Cabell, M., Lam, D. Macomber, J., Short, J.M., Robertson, D.E., and Miller, C. 2002. A Novel, High Performance Enzyme for Starch Liquefaction Discovery and Optimization of a Low pH, Thermostable α Amylase. *J. Biol Chem* 227, 26501-26507
- 22) Tester R.F, Karkalas J, and Qi X. 2004. Starch Structure and Digestibility Enzyme-Substrate Relationship. *World's Poultry Science Journal* 60 : 2, 186-195
- 23) Reilly, R.J. 2003. Glucoamylase, in J.R Whitaker AGJ Voragen and D.W.S. Wong (eds). *Handbook of Food Enzymology*. Marcell Dekker, Inc. New York

- 24) Erianti, L. 2004. Kajian Hidrolisis Pati Garut Menggunakan Enzim α Amilase dan Kombinasi Enzim α Amilase dan Pullulanase dalam Proses Produksi Siklodekstrin. Skripsi. Fateta IPB. Bogor
- 25) Gorinstein, S., C.G. Oates., Sh.M. Chang., and Ch.Yi. Lii. 1994. Enzymatic Hydrolysis of Sago Starch. *J. Food Chem* 49:4, 411-417
- 26) Anonymous. 2013. Enzyme at Work. www.novozyme.com. Tanggal akses : 20/2/2014
- 27) Virlandia, F. 2008. Pembuatan Sirup Glukosa dari Pati Ubi Jalar (*Ipomea batatas*) dengan Metode Enzimatis. <http://andyafood.wordpress.com>. Tanggal akses : 20/2/2014
- 28) Mitsui S, Mukaea K, Sakai M, Goto M, Hayashida S, Furukawa K. 2005. Comparative Characterization of Raw Starch Hydrolyzing α Amylase from Various Bacillus Strains. *J. Enzymic Tech* 37, 410-416
- 29) Misset, O. 2003. Xylose (Glucose) Isomerase. In J.R. Whitaker., A.G.J. Voragen., and D.W.S. Wong (ed). Handbook of Food Enzymology. Marcell Dekker, Inc. New York
- 30) Norman H, and Vang. 2001. Enzymatic Preparation of Glucose Syrup from Starch. United State Patent. 6.267.826.
- 31) Goodfrey, T and S. West. 1996. Industrial Enzymology Second Edition. Macmillan Press Ltd. London
- 32) Jariyah. 2002. Analisis Komponen Gula Pada Sirup Maltosa Hasil Hidrolisis Pati Garut Secara Enzimatis. Tesis. UB. Malang
- 33) Hidayat. 2006. Analisis Studi Kelayakan Agroindustri Sirup Glukosa di Kabupaten Lampung Tengah. Skripsi. Universitas Lampung. Bandar Lampung
- 34) Chaplin M. F and C. Buckle. 1990. Enzyme Technology. Cambridge University Press. New York
- 35) Johnson, R., P.Gaurikutty and M.S.Narayana. 2010. Production of High Fructose Syrup from Cassava and Sweet Potato Flours and their Blends with Cereal Flours. *Food Science and Technology International Online First* 01, 01-08
- 36) Andriani, S. 2014. Pembuatan Sirup Glukosa Berantioksidan dari Pati Jahe Emprit (*Zingiber officinale var. Rubrum*) Secara Hidrolisis Enzimatis (Kajian Pengaruh Pencucian Pati dan Suhu Inkubasi Terhadap Sifat Fisik dan Kimia Sirup Glukosa. Skripsi. UB. Malang