

**PEMANFAATAN KULIT SUKUN (*ARTOCARPUS ALTILIS*)
SEBAGAI BAHAN ALTERNATIF PEMBUATAN SIRUP GLUKOSA**

*Utilization Of The Peel Of Breadfruit (*Artocarpus altilis*) as The Alternative
Materials To Produce Glucose Syrup*

Desiana Nuriza Putri*, Elisa Kusno, Erika Novena Santoso, Faiqotul Hikmah,
Dania Amalia Putri, Oki Indah Lestari
Jurusan Ilmu dan Teknologi Pangan – Fakultas Pertanian Peternakan – Universitas Muhammadiyah Malang
Jalan Raya Tlogomas No. 246, Malang 65144

*Penulis Korespondensi: email: dndesiana.nuriza@gmail.com

ABSTRAK

Kulit sukun merupakan sumber pati yang memiliki potensi untuk dikembangkan menjadi sirup glukosa. Kulit buah sukun merupakan limbah dari pengolahan buah sukun mengandung pati sebesar 39.56%. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh penambahan konsentrasi α -amilase yang berbeda terhadap kualitas sirup glukosa. Parameter yang diukur yaitu kadar glukosa, kadar air, rendemen dan warna sirup glukosa yang dihasilkan. Rancangan percobaan yang digunakan dalam penelitian ini adalah Rancangan Acak Kelompok (RAK) dengan 1 faktor perlakuan yaitu penambahan konsentrasi enzim yang berbeda α -amilase (A) yang terdiri dari 5 level yakni, A1= 0.1%, A2= 0.3%, A3= 0.5%, A4= 0.7%, dan A5= 0.9% dengan ulangan sebanyak 5 kali. Hasil penelitian yaitu penambahan konsentrasi enzim α -amilase yang berbeda berpengaruh nyata terhadap hasil rendemen, kadar glukosa, kadar gula reduksi, dan warna sirup glukosa kulit sukun. Pada penambahan enzim dengan konsentrasi 0.3% didapat hasil yang paling baik untuk kualitas sirup glukosa yaitu kadar glukosa 8.24%, rendemen 77.96%, gula reduksi 6.04%, kadar air 82.65%, warna L=33.52%, a=1.6, b=3.26

Kata kunci : α -amilase, Kulit Sukun, Pati, Sirup Glukosa

ABSTRACT

Breadfruit is potentially starch source that can be developed into glucose syrup. The peel of breadfruit is waste from fruit processing which contains starch 39.56%. The aim of this research is find out the the effect of adding different α -amilase concentration toward the quality of glucose syrup. Parameters measured are glucose level, water level, rendemen, and the colour of glucose syrup. Experiment design used is randomized block design with 1 treatment factor realised by adding enzyme concentration with different α -amilase enzyme which consist of 5 levels namely, A1= 0.1%, A2= 0.3%, A3= 0.5%, A4= 0.7%, and A5= 0.9% with 5 times repetition. The result shows that the addition of different α -amilase enzyme concentration on liquification phase significantly affects yield, glucose level, reduction sugar, and color of breadfruit glucose syrup. In the 0.3% enzyme addition obtained the best results for quality glucose syrup such as glucose content 8.24%, rendemen 77.96%, reduction sugar 6.04%, water content 82.65%, color L=33.52%, a=1.6, b=3.26

Keywords: α -amilase, Breadfruits, Glucose Syrup, Starch

PENDAHULUAN

Kulit sukun merupakan limbah kupasan dari hasil pengolahan yang berbahan dasar dari sukun. Sukun selama ini hanya dimanfaatkan bagian dagingnya, sedangkan kulit sukun dibuang atau sebagai pakan ternak. Produksi sukun di Indonesia tergolong tinggi 95.400 ton pada 2013 dan 92.500 ton pada 2014. Berdasarkan total buah sukun yang ada di Indonesia, kota Malang merupakan salah satu penyumbangannya, sehingga terdapat sentra industri yang khusus mengolah buah sukun. Selain buah sukun, gula juga merupakan salah satu hasil pertanian Indonesia yang dapat di konsumsi langsung maupun untuk memenuhi kebutuhan pada proses pengolahan pangan. Pada 2016, produksi gula mentah hanya 2.21 juta ton, turun dibandingkan tahun sebelumnya yang mencapai 2.48 juta ton. Turunnya produksi ini mengakibatkan meningkatnya angka impor gula mentah yang mencapai 3.2 juta ton (Badan Pusat Statistik, 2016).

Salah satu pemanfaatan gula adalah pengolahan menjadi sirup glukosa. Sirup glukosa adalah larutan yang diperoleh dari pati melalui proses hidrolisis pati, kemudian dilakukan netralisasi dan pemekatan sampai tingkat tertentu. Menurut Rahmawati dan Sutrisno (2015), industri makanan dan minuman menggunakan sirup glukosa karena kelebihannya, antara lain tidak mengkristal pada proses pemasakan menggunakan suhu tinggi. Pembuatan sirup glukosa terdiri dari dua metode hidrolisis, yaitu proses hidrolisis pati secara enzimatis dan nonenzimatis. Proses produksi sirup glukosa melalui hidrolisis enzimatis terdiri atas tahap likuifikasi dan sakarifikasi. Hidrolisis enzimatis lebih menguntungkan karena lebih spesifik prosesnya dan produk yang dihasilkan sesuai dengan yang diinginkan (Yankov, 1986; Betiku dan Ajala, 2010; Betiku *et al.*, 2013). Kondisi proses yang dapat dikontrol, biaya pemurnian lebih murah serta dihasilkan lebih sedikit produk samping dan abu serta kerusakan warna yang dapat diminimalkan (Norman, 1988; Gaouar *et al.*, 1997; Cahmeh *et al.*, 2016).

Pada penelitian ini, pembuatan sirup glukosa menggunakan kulit buah sukun yang dilakukan melalui tahap optimasi proses likuifikasi menggunakan enzim α -amilase yang bekerja spesifik memecah pati menjadi dekstrin dengan konsentrasi yang berbeda untuk kemudian dilanjutkan pada proses sa-

karifikasi dengan enzim glukoamilase yang mampu memecah dekstrin menjadi gula sederhana. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh penambahan enzim α -amilase dengan konsentrasi yang berbeda terhadap kualitas sirup glukosa.

BAHAN DAN METODE

Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah kulit sukun dengan tingkat kematangan setengah matang yang didapatkan dari tiga tempat di kabupaten Sidoarjo, kabupaten Malang, dan kabupaten Blitar, enzim α -amilase merk Massi, dan enzim amiloglukosidase merk Massi.

Alat

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah *waterbath shaker*, *cabinet dryer*, timbangan analitis, *hand refraktometer* merk Atago, termometer, sentrifuse

Metode

Prosedur Penelitian

Proses Ekstraksi Pati

Kulit sukun di blender bersama akuades dengan perbandingan 1:3 lalu saring. Endapkan selama 24 jam, ambil pati basah dan keringkan di *cabinet dryer*.

Proses Likuifikasi

Bubur kulit sukun yang sudah menjadi pati ditambahkan air dengan perbandingan 3:1 dipanaskan sampai mendidih. Campuran tersebut ditambahkan sejumlah enzim alfa-amilase sesuai dengan perlakuan, pH diatur sampai 5.1-5.6 selama 1 jam dengan suhu 95 °C.

Proses Sakarifikasi

Pati yang telah terpecah menjadi dekstrin didinginkan dari suhu 95 °C menjadi suhu 55 °C dengan pH 4.5, kemudian tambahkan enzim amiloglukosidase 1 ml/kg pati, panaskan selama 36 jam.

Analisa Hasil

Analisis yang dilakukan pada pati kulit sukun meliputi kadar pati, kadar serat kasar, kadar amilosa, yang semuanya mengacu pada metode AOAC (Sudarmadji, 1984; AOAC, 2005).

Metode Penelitian

Rancangan percobaan yang digunakan adalah Rancangan Acak Kelompok (RAK) sederhana dengan 5 level yaitu konsentrasi enzim α -amilase (A) yang terdiri dari 5 level yakni, A1=0.1%, A2=0.3%, A3=0.5%, A4=0.7%, dan A5=0.9% dengan ulangan sebanyak 5 kali.

Analisis Data

Data yang diperoleh dianalisa dengan menggunakan sidik ragam (ANOVA) menggunakan software SPSS 20. Pengujian DMRT (*Duncan Multiple Range Test*) dilakukan jika perlakuan menunjukkan pengaruh yang signifikan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengaruh Konsentrasi Enzim Terhadap Kadar Glukosa

Berdasarkan hasil analisis ragam kandungan glukosa sirup glukosa menunjukkan bahwa perbedaan konsentrasi enzim α -amilase berpengaruh nyata terhadap kadar glukosa sirup glukosa kulit sukun. menunjukkan kandungan glukosa tertinggi diperoleh pada sirup glukosa dengan penambahan enzim α -amilase sebanyak 0.3% yaitu sebesar 8.24%. Kandungan glukosa terendah terdapat pada sirup glukosa dengan penambahan α -amilase sebanyak 0.7% yaitu sebesar 7.23%.

Peningkatan kadar glukosa sirup glukosa terjadi sampai konsentrasi enzim α -amilase sebanyak 0.3%. Penambahan enzim α -amilase diatas 0.3% tidak menyebabkan terjadinya peningkatan kandungan glukosa. Hal ini menunjukkan bahwa pada proses hidrolisis enzimatis terdapat titik optimal tertentu yaitu pada konsentrasi enzim α -amilase 0.3%. Hal ini disebabkan semua molekul enzim telah membentuk ikatan kompleks dengan substrat sehingga kenaikan konsentrasi enzim di atas 0.3% tidak memberikan pengaruh yang nyata terhadap glukosa yang dihasilkan. Hal ini sesuai dengan Budiyanto *et al.* (2006) yang menyatakan tingginya konsentrasi enzim yang digunakan akan berpengaruh terhadap kecepatan reaksinya. Peningkatan kecepatan reaksi ditandai dengan semakin banyaknya produk yang terbentuk dan jumlah substrat yang terus berkurang.

Terbentuknya produk tersebut ditandai dengan terbentuknya gula cair. Nilai absorbansi yang semakin tinggi menunjukkan kandungan glukosa pada gula cair yang semakin besar (Kodri *et al.*, 2013). Semakin tinggi konsentrasi enzim maka kecepatan reaksi akan semakin meningkat hingga pada batas konsentrasi tertentu (Poedjiadi, 1994; Murni *et al.*, 2011; Uddin, 2012). Hasil hidrolisis akan konstan dengan naiknya konsentrasi enzim karena penambahan enzim sudah tidak efektif lagi. Kandungan pati yang rendah menyebabkan semakin rendah substrat yang dihidrolisis menjadi glukosa. Hal ini sejalan dengan Melliawati *et al.* (2006) yang menyatakan bahwa enzim α -amilase bekerja menghidrolisis ikatan α -1,4 secara acak di bagian dalam molekul baik pada amilosa maupun amilopektin. Hasil hidrolisis α -amilase mula-mula akan menghasilkan dekstrin, kemudian dekstrin tersebut dipotong-potong lagi menjadi campuran antara glukosa, maltosa, maltotriosa, dan ikatan lain yang lebih panjang.

Pengaruh Konsentrasi Enzim Terhadap Rendemen Sirup Glukosa

Berdasarkan hasil analisis ragam rendemen sirup glukosa menunjukkan bahwa perbedaan konsentrasi enzim α -amilase berpengaruh nyata terhadap rendemen sirup glukosa. menunjukkan rendemen tertinggi diperoleh pada sirup glukosa dengan penambahan enzim α -amilase sebanyak 0.3% yaitu sebesar 77.96%. Rendemen terendah terdapat pada sirup glukosa dengan penambahan α -amilase sebanyak 0.7% yaitu sebesar 72.30%. Hal ini dipengaruhi oleh penambahan enzim amylase pada tahapan likuifikasi, penambahan enzim amilase bertujuan untuk menghidrolisis pati menjadi dekstrin dan oligosakarida.

Peningkatan rendemen sirup glukosa terjadi sampai konsentrasi enzim α -amilase sebanyak 0.3%. Konsentrasi enzim α -amilase sebanyak 0.3% yang semakin meningkat ternyata tidak menyebabkan terjadinya peningkatan rendemen sirup glukosa. Hal ini menunjukkan bahwa terdapatnya titik optimal tertentu yaitu pada konsentrasi enzim α -amilase 0.3%. Perbedaan rendemen sirup glukosa dikarenakan perbedaan penambahan enzim yang berpengaruh pada substrat pati mengalami hidrolisis oleh enzim. Substrat pati yang tidak terhidrolisis menyebabkan masih terdapat endapan pati. Hal ini

Tabel 1. Kadar glukosa akibat perlakuan penambahan konsentrasi enzim α -amilase

Konsentrasi Enzim (%)	Glukosa (%)
0.1	7.12 a
0.3	8.24 c
0.5	8.24 c
0.7	7.23 a
0.9	7.83 b

Tabel 2. Rendemen sirup glukosa akibat perlakuan penambahan konsentrasi enzim α -amilase

Konsentrasi Enzim (%)	Rendemen (%)
0.1	74.98 ab
0.3	77.96 b
0.5	72.92 a
0.7	72.30 a
0.9	70.58 a

Tabel 3. Kadar gula reduksi akibat perlakuan penambahan konsentrasi enzim α -amilase

Konsentrasi Enzim (%)	Gula reduksi (%)
0.1	6.05 b
0.3	6.04 b
0.5	5.41 ab
0.7	5.06 a
0.9	4.67 a

Tabel 4. Kadar air sirup glukosa akibat perlakuan penambahan konsentrasi enzim α -amilase

Konsentrasi Enzim (%)	Kadar Air (%)
0.1	80.06 a
0.3	82.65 a
0.5	79.12 a
0.7	88.19 a
0.9	85.50 a

Tabel 5. Warna sirup glukosa akibat perlakuan penambahan konsentrasi enzim α -amilase

Konsentrasi Enzim (%)	L	a	b
0.1	35.68 a	-3.4 a	4.78 b
0.3	33.52 a	1.6 a	3.26 ab
0.5	33.92 a	1.9 a	4.14 ab
0.7	33.74 a	1.2 a	1.64 a
0.9	32.92 a	0.9 a	2.50 ab

sesuai dengan Budiyanto *et al.* (2006), bahwa peningkatan kecepatan reaksi ditandai dengan semakin banyaknya produk yang terbentuk dan jumlah substrat yang terus berkurang.

Pengaruh Konsentrasi Enzim Terhadap Gula Reduksi Sirup Glukosa

Berdasarkan hasil analisis ragam gula reduksi, sirup glukosa menunjukkan bahwa perbedaan konsentrasi enzim α -amilase berpengaruh nyata terhadap kandungan gula reduksi yang dihasilkan. menunjukkan bahwa kandungan gula reduksi pada sirup glukosa kulit sukun dengan perlakuan konsentrasi enzim 0.3% dari berat kering bahan menunjukkan hasil yang paling besar dari 4 perlakuan lainnya. Hasil ini juga dapat menyimpulkan bahwa kandungan gula reduksi berbanding lurus dengan rendemen sirup glukosa yang dihasilkan. Sementara penambahan enzim 0.5% dan 0.7% memiliki kadar gula reduksi yang lebih tinggi dibanding dengan penambahan enzim 0.9%.

Data yang disajikan pada Tabel 3 menunjukkan adanya kecenderungan menurun pada kandungan gula reduksi saat penambahan enzim 0.5%, 0.7%, dan 0.9%. Pada hasil ini juga dapat disimpulkan bahwa terdapatnya titik optimal tertentu dalam penggunaan enzim α -amilase untuk proses hidrolisis pati. Hal ini sejalan dengan Yuniarta *et al.* (2010) yang menyatakan bahwa penurunan kadar gula reduksi ini juga dapat disebabkan adanya penggabungan antara glukosa dan isomaltosa yang mempunyai daya pereduksi sangat rendah. Hal ini mungkin terjadi karena adanya rintangan dalam molekul substrat yang membuat enzim tidak dapat menghidrolisisnya.

Penelitian yang dilakukan oleh Kusnendi (1985) dengan menggunakan pati sagu sebagai bahan utama, mampu menghasilkan sirup glukosa dengan kandungan gula reduksi sebesar 31.78%. Sementara penelitian yang dilakukan oleh Azwar dan Erwanti (2010) dengan menggunakan bahan dasar kimpul telah menghasilkan sirup glukosa dengan kandungan gula reduksi mencapai 27.98%. Giovanni (2013) juga melakukan penelitian serupa menggunakan pati sukun dan menghasilkan sirup glukosa dengan kandungan gula reduksi sebesar 17.38%. Bila dilihat dari hasil tersebut maka kandungan gula reduksi yang terdapat pada sirup glukosa kulit sukun pada penelitian ini tercatat yang paling ren-

dah bila dibandingkan dengan produk sebelumnya. Nilai gula reduksi yang dihasilkan pada sirup glukosa sukun ini adalah sebesar 6.05%. Hal ini bisa terjadi karena pada penelitian sebelumnya semua menggunakan bahan dasar yang tinggi kandungan patinya, sementara pada pembuatan sirup glukosa kulit sukun kali ini hanya menggunakan pati dari kulit sukun yang banyak terdapat serat. Tepung kulit sukun dalam penelitian ini memiliki kadar pati sebesar 39.56% dan kadar serat kasar sebesar 2.65%. Faktor utama inilah yang menyebabkan kandungan gula reduksi pada sirup glukosa sukun ini paling rendah bila dibandingkan dengan produk sebelumnya (Pontoh dan Low, 1995; Morales *et al.*, 2008; Berski *et al.*, 2016).

Pengaruh Konsentrasi Enzim Terhadap Kadar Air Sirup Glukosa

Berdasarkan hasil analisis ragam diperoleh bahwa perlakuan penambahan enzim dengan konsentrasi yang berbeda tidak berpengaruh nyata terhadap kadar air sirup glukosa yang dihasilkan. Hal ini dikarenakan proses hidrolisis pati kulit sukun dilakukan pada suhu dan waktu yang sama di semua perlakuan. Kadar air dipengaruhi suhu dan waktu hidrolisis, semakin lama waktu dan semakin tinggi suhu proses hidrolisis maka akan semakin banyak air dalam sampel yang menguap.

Kadar air yang terkandung dalam sirup glukosa adalah maksimum 20%, sesuai dengan Standar Nasional Indonesia nomer 01-2978 tahun 1992. Semakin sedikit kadar air dalam sirup glukosa semakin baik mutu sirup glukosa. Sirup glukosa yang dihasilkan dari hidrolisis pati kulit sukun dengan menggunakan metode enzimatik melebihi batas yang ditentukan oleh Standar Nasional Indonesia. Hal ini dikarenakan pada tahap akhir proses yaitu penguapan, air di dalam sirup glukosa belum menguap secara sempurna.

Penelitian yang dilakukan oleh Triyono (2008) dengan menggunakan pati ubi jalar sebagai bahan utama, mampu menghasilkan sirup glukosa dengan kadar air sebesar 16.11% dengan proses evaporasi secara vakum pada suhu 45 °C adalah selama 45 menit. menunjukkan bahwa kadar air sirup glukosa kulit sukun lebih tinggi dibandingkan penelitian Triyono (2008), hal ini dikarenakan proses evaporasi dilakukan pada suhu 90 °C selama 5 menit.

Pengaruh Konsentrasi Enzim Terhadap Warna Sirup Glukosa

Berdasarkan hasil sidik ragam tersebut diperoleh bahwa nilai L masing-masing perlakuan tidak berbeda nyata. Hal ini dapat disebabkan oleh banyaknya cahaya yang dipantulkan oleh sampel dan cahaya yang tertangkap kamera untuk masing-masing perlakuan memiliki intensitas yang hampir sama. Nilai a berdasarkan data tersebut untuk masing-masing perlakuan tidak berbeda nyata. Nilai b masing-masing perlakuan berbeda nyata. Hal ini dapat disebabkan oleh cahaya yang dipantulkan oleh sampel dan tertangkap kamera memiliki nilai kromatisitas yang hampir sama.

Sirup glukosa hasil penelitian berdasarkan nilai a dan b dapat dinyatakan memiliki warna kekuningan sampai kuning kecoklatan, seperti ditunjukkan pada Tabel 5. Warna kuning yang terbentuk dapat disebabkan oleh adanya reaksi *maillard* yaitu reaksi pencoklatan yang terjadi karena gula pereduksi bereaksi dengan senyawa yang mengandung NH_2 (protein, peptida, asam amino, dan amonium) dalam keadaan panas. Menurut penelitian Ekawidiasta (2003) sukun mengandung protein sebesar 5.74%. Semakin tinggi kandungan protein akan berdampak pada warna gula cair yang semakin gelap. Protein yang terdapat dalam pati akan bereaksi dengan gula pereduksi melalui reaksi *maillard* yang menyebabkan terjadinya pencoklatan nonenzimatis (Li *et al.*, 2009; Helou *et al.*, 2016; Li *et al.*, 2016; Liu *et al.*, 2016;).

Bahan yang mengalami reaksi *maillard* akan menghasilkan senyawa amadori yang akan membentuk hidroksimetil furfuraldehid yang akhirnya menjadi furfural. Polimerisasi furfuraldehid yang disebut melanoidin akan menimbulkan warna coklat (Winarno, 1995; Tressl *et al.*, 1998; Martins dan Van Boekel, 2003; Mundt dan Wedzicha, 2004). Selain itu, terdapat warna kuning yang terjadi akibat proses karamelisasi. Karamelisasi merupakan reaksi perubahan yang terjadi pada senyawa polihidriksikarbonil seperti gula-gula pereduksi bila dipanaskan pada suhu tinggi sehingga menghasilkan warna coklat (Winarno, 1995; Ajandouz *et al.*, 2001; Zhang *et al.*, 2013). Evaporasi di bawah kondisi vakum dapat mengurangi pembentukan warna coklat.

SIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa penambahan konsentrasi enzim α -amilase yang berbeda berpengaruh nyata terhadap rendemen, kadar glukosa, kadar gula reduksi, dan warna sirup glukosa kulit sukun. Pemanfaatan kulit sukun terbukti berpotensi untuk dikembangkan menjadi sirup glukosa karena kadar patinya yang cukup tinggi. Pembuatan sirup glukosa dari kulit buah sukun ini juga diharapkan akan dapat menurunkan angka impor gula mentah.

DAFTAR PUSTAKA

- Ajandouz, E, H, Tchiakpe, L, S, Ore, F, D, Benajiba, A, Puigserver, A. 2001. Effects of pH on caramelization and maillard reaction kinetics in fructose-lysine model systems. *Journal of Food Science*. 66(7):926-931
- AOAC. 2005. *Official Methods of Analysis*. Benjamin Franklin Station, Washington
- Azwar, D, Erwanti, R. 2010. Pembuatan sirup glukosa dari kimpul (*Xantho-soma violaceum Schott*) dengan hidrolisa enzimatik. Skripsi. Universitas Diponegoro, Semarang
- Badan Pusat Statistik. 2016. *Distribusi Perdagangan Komoditas Gula Pasir Indonesia*. Badan Pusat Statistik, Jakarta
- Berski, W, Krystijan, M, Zięć, G, Dorota, L, Halina, G. 2016. The influence of starch hydrolyzate on physicochemical properties of pastes and gels prepared from oat flour and starch. *Journal of Cereal Science*. 70:16-22
- Betiku, E, Akindolani, O, O, Ismaila, A, R. 2013. Enzymatic hydrolysis optimization of sweet potato (*Ipomoea batatas*) peel using a statistical approach. *Braz. J. Chem. Eng.* 30(3):467-476
- Cahmeh, G, A, Kheder, F, Karabet, F. 2016. Optimization of olive pomace enzymatic hydrolysis for fermentable sugar production. *Nutrition & Food Science*. 46(6):778-790
- Ekawidiasta, O. 2003. Karakterisasi Sukun (*Artocarpus altilis*) dengan Menggunakan pengering Kabinet dan Aplikasinya untuk Substitusi Tepung Terigu

- pada Pembuatan Roti Tawar. Skripsi. IPB. Bogor
- Kodri, Argo, B, D, Yulianingsih, R. 2013. Pemanfaatan enzim selulase dari *Trichoderma reesei* dan *Aspergillus niger* sebagai katalisator hidrolisis enzimatik jerami padi dengan *pretreatment* microwave. *Jurnal Bioproses Komoditas Tropis*. 1(1):36-43
- Budiyanto, A, Martosuyono, P, Richana, N. 2006. Optimasi Proses produksi tepung gula kasava dari pati ubi kayu skala laboratorium. *Buletin Teknologi Pascapanen*. 2:28-35
- Gaouar, O, Aymard, C, Zakhia, N, Rios, G, M.1997. Enzymatic hydrolysis of cassava starch into maltose syrup in a continuous membrane reactor. *Journal of Chemical Technology and Biotechnology*. 69(3):367-375
- Giovanni, J. 2013. Variasi Waktu dan Enzim α -amilase Pada Hidrolisis Pati Sukun (*Artocarpus altilis park*). Skripsi. Universitas Atma Jaya. Yogyakarta
- Helou, C, Jacolot, P, Niquet-Léridon, C, Gaddonna-Widehem, P, Tessier, F, J. 2016. Maillard reaction products in bread: a novel semi-quantitative method for evaluating melanoidins in bread. *Food Chemistry*. 190:904-911
- Kusnendi, D. 1985. Mempelajari Pembuatan Sirup Glukosa dari Pati Sagu (*Metroxylon sp.*) Secara Enzimatis serta Analisis Keseimbangan pada Mesin Fermentor. Skripsi. IPB. Bogor
- Li, Y, Lu, F, Luo, C, Chen, Z, Mao, J, Shoemaker, C, Zhong, F. 2009. Functional properties of the maillard reaction products of rice protein with sugar. *Food Chemistry*. 117(1):69-74
- Li, W, Zhao, H, He, Z, Zeng, M, Qin, F, Chen, J. 2016. Modification of soy protein hydrolysates by maillard reaction: effects of carbohydrate chain length on structural and interfacial properties. *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces*. 138:70-77
- Liu, L, Li, X, Zhu, Y, Bora, A, F, M, Zhao, Y, Du, L, Li, D, Bi, W. 2016. Effect of microencapsulation with maillard reaction products of whey proteins and isomaltooligosaccharide on the survival of *Lactobacillus rhamnosus*. *LWT-Food Science and Technology*. 73:37-43
- Martins, S, I, F, S, Van Boekel, M, A, J, S. 2003. Melanoidins extinction coefficient in the glucosel/ glycine maillard reaction. *Food Chemistry*. 83:135-142
- Melliawati, R, Suherman, R, S, Subardjo, B. 2006. Pengkajian kapang endofit dari taman nasional gunung halimun sebagai penghasil gluukoamilase. *Journal of Biological Researcher*. 12: 19-25
- Morales, S, Álvarez, H, Sánchez, C. 2008. Dynamic models for the production of glucose syrups from cassava starch. *Food and Bioproducts Processing*. 86(1):25-30
- Mundt, S, Wedzicha, B, L. 2004. Comparative study of the composition of melanoidins from glucose and maltose. *J. Agric. Food. Chem*. 52(13):4256-4260
- Murni, S, W, Kholisoh, S, D, Tanti, D, L, Petrissia, E, M. 2011. Produksi, karakterisasi, dan isolasi lipase dari *Aspergillus niger*. *Prosiding Seminar Nasional Teknik Kimia "Kejuangan"*, Yogyakarta, pp. 1-7
- Norman W. 1988. Teknologi Pengawetan Pangan. UI- Press., Jakarta
- Poedjiadi, A. 1994. *Dasar-Dasar Biokimia*. UI-Press, Jakarta
- Pontoh, J, Low, N, H. 1995. Glucose syrup production from Indonesian palm and cassava starch. *Food Research International*. 28(4):379-385
- Rahmawati, A, Y, Sutrisno, A. 2015. Hidrolisis tepung ubi jalar ungu (*Ipomea batatas L.*) secara enzimatis menjadi sirup glukosa fungsional: kajian pustaka. *Jurnal Pangan dan Agroindustri*. 3(3):1152-1159
- Standar Nasional Indonesia. 1992. Sirup glukosa. Dilihat 10 Februari 2017. <http://sisni.bsn.go.id/index.php/?sni_main/sni/detail_sni/3370>
- Sudarmadji, S. 1984. *Prosedur Analisa Untuk Bahan Makanan dan Pertanian*. Yogyakarta, Liberty
- Tressl, R, Wondrak, G, TGarbe, L, A. 1998. Pentoses and hexoses as sources of new melanoidin-like maillard polymers. *J. Agric. Food. Chem*. 46(5):1765-1776
- Triyono, A. 2008. Karakteristik gula glukosa dari hasil hidrolisa pati ubi jalar (*Ipomea batatas L.*) dalam upaya pemanfaatan pati umbi-umbian. *Prosiding Seminar Nasional Teknoin, Bidang Teknik Kimia dan Tekstil*, Yogyakarta, pp. 7-10

- Uddin, N. 2012. Interpolate the rate of enzymatic reaction: temperature, substrate concentration and enzyme concentration based formulas using newton's method. *International Journal of Research in Biochemistry and Biophysics*. 2(2):5-9
- Winarno, FG. 1995. Kimia Pangan dan Gizi. Gramedia. Jakarta
- Yankov, D, Dobrova, E, Beschkov, V, Emanuilova, E. 1986. Study of optimum conditions and kinetics of starch hydrolysis by means of thermostable-
amylase. *Enzyme Microbiology Technology*. 8:9665-667
- Yunianta, Sulistya, T, Apriliastuti, Estiasih, T, Wulan, S, N . 2010. Hidrolisis secara sinergis pati garut (*Marantha arundinaceae* L.) oleh enzim α -amilase, glukoamilase dan pullulanase untuk produksi sirup glukosa. *Jurnal Teknologi Pertanian*. 11(2): 78-86
- Zhang, X, Chen, F, Wang, M. 2013. Impacts of selected dietary polyphenols on caramelization in model systems. *Food Chem*. 141(4):3451-3458