

Karakteristik HFS (*High Fructose Syrup*) dari umbi gembolo yang diproduksi secara hidrolisis enzimatis menggunakan amilase dan inulinase

Characteristics of HFS (High Fructose Syrup) from gembolo tubers produced by enzymatic hydrolysis using amylase and inulinase

Rezza Natori ^{1)*}, Sri Winarti ²⁾, Riski Ayu Anggreini ³⁾

¹ Program Studi Teknologi Pangan, Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur

*Email korespondensi: rezzanatori@gmail.com

Informasi Artikel:

Dikirim: 23/05/2022; ditinjau: 10/06/2022; disetujui: 15/09/2022

ABSTRACT

HFS (High Fructose Syrup) from gembolo tubers is an innovation in to utilize gembolo tubers which so far have not been used optimally. The purpose of this study was to determine the effect of substrate concentration and duration of saccharification on the physicochemical characteristics of HFS (High Fructose Syrup). This study used a completely randomized design (CRD) with 2 factors consisting of 9 treatment levels. Factor I was the substrate concentration (15%, 20% and 25%) and factor II was the length of saccharification (24 hours, 36 hours and 48 hours). Data were analyzed using ANOVA level 5%. If there is a difference proceed with Duncan's Test (DMRT) 5%. Based on the results of the study, the best treatment was a substrate concentration of 25% with a saccharification period of 48 hours which produced HFS with the following characteristics: yield of 18.08%; reducing sugar 41, 28%; total dissolved solids 42.00°Brix; viscosity 58.30 cP; fructose content is 14.68% and organoleptic test got the highest score.

Keywords: HFS, gembolo, amylase, inulinase, glucose, fructose

ABSTRAK

HFS (*High Fructose Syrup*) dari umbi gembolo merupakan inovasi dalam pemanfaatan umbi gembolo yang selama ini belum dimanfaatkan secara optimal. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh konsentrasi substrat dan lama sakarifikasi terhadap karakteristik fisikokimia HFS (*High Fructose Syrup*). Penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan 2 faktor yang terdiri dari 9 taraf perlakuan. Faktor I adalah konsentrasi substrat (15%, 20% dan 25%) dan faktor II adalah lama sakarifikasi (24 jam, 36 jam dan 48 jam). Data dianalisis menggunakan ANOVA taraf 5%. Jika ada perbedaan dilanjutkan dengan Uji Duncan (DMRT) 5%. Berdasarkan hasil penelitian, perlakuan terbaik adalah konsentrasi substrat 25% dengan lama sakarifikasi 48 jam yang menghasilkan HFS dengan karakteristik sebagai berikut: rendemen 18,08%; gula reduksi 41,28%; total padatan terlarut 42.00oBrix; viskositas 58,30 cP; kadar fruktosa 14,68% dan uji organoleptik mendapatkan skor tertinggi.

Kata kunci : HFS, gembolo, amilase, inulinase, glukosa, fruktosa

PENDAHULUAN

Pemanis merupakan salah satu bahan yang tidak dapat dipisahkan dalam kehi-

dupan sehari-hari manusia yang berfungsi memberikan cita rasa manis dan juga menentukan tekstur dari suatu makanan. Gula merupakan salah satu bahan pemanis

yang ditambahkan dalam pembuatan makanan atau minuman. Menurut Asosiasi Gula Indonesia (2020), kebutuhan gula masyarakat Indonesia semakin meningkat. Pada tahun 2020 kebutuhan gula diperkirakan mencapai 3,16 juta ton namun stok gula nasional mengalami penurunan. Tingginya permintaan pasar akan gula yang tidak diimbangi dengan tingginya produksi gula membuat pemerintah melakukan impor gula untuk menutupi kekurangan kebutuhan pemanis dari gula. Menurut BPS (2020), jumlah impor gula Indonesia mencapai 1.365.918,4 ton. Untuk mengatasi permasalahan tersebut perlu dilakukan pengembangan pemanis yang dibuat dari bahan lain selain tebu. Beberapa bahan yang telah dimanfaatkan untuk pembuatan pemanis di antaranya yaitu stevia, jagung, kurma, dan nira kelapa. HFS (*High Fructose Syrup*) merupakan salah satu jenis pemanis yang sering digunakan dalam industri makanan maupun minuman.

Menurut Parker *et al.* (2010), penggunaan HFS semakin meningkat dan lebih disukai penggunaannya dibandingkan sukrosa karena memiliki tingkat kemanisan yang lebih tinggi dari sukrosa dan mempunyai kemampuan untuk tidak mengkristal. Menurut Rahmawati (2018), pembuatan HFS dapat dilakukan dengan cara hidrolisis pati dan menurut Singh (2011) HFS dapat dibuat dengan cara hidrolisis inulin. Pati merupakan polisakarida yang terdiri atas dua fraksi yaitu amilosa dan amilopektin. Keduanya memiliki ikatan α -1,4-D-glukosa (Aiyer, 2005), sedangkan inulin merupakan campuran oligo- dan polisakarida yang terdiri dari unit fruktosa yang dihubungkan dengan ikatan β -(2-1) (Aghjani *et al.*, 2014). Salah satu bahan pangan sumber pati dan inulin yang dapat dimanfaatkan untuk pembuatan HFS adalah umbi gembolo (*Dioscorea bulbifera*). Menurut Winarti dan Saputro (2013), kadar pati pada umbi gembolo mencapai 84,80% db dengan kadar amilosa 18,98% db dan amilopektin 65,82% db serta inulin 10,96% db (Winarti *et al.*, 2011). Proses pembuatan HFS utamanya diawali dengan gelatinisasi,

likuifaksi, sakarifikasi, isomerisasi, pemecatan dan evaporasi (Nuritasari, 2016). Menurut Wahyuningsih (2019), proses likuifikasi merupakan proses hidrolisis enzimatis yang dikendalikan oleh α -amilase yang bertujuan untuk memecah pati menjadi oligosakarida dan monosakarida. Sakarifikasi adalah tahap lanjutan dari likuifikasi yang merupakan proses pemecahan oligosakarida hasil proses likuifikasi menjadi monosakarida yaitu glukosa oleh enzim glukamilase. Kondisi optimum enzim glukamilase adalah pada pH 4,5-5 dengan suhu 60°C (Wahyuningsih, 2019). Pemecahan inulin juga dapat dilakukan pada saat proses sakarifikasi. menurut megazyme (2021), pH optimum enzim ekso inulinase dari *Aspergillus niger* sp. adalah 4,5-5,5 dengan suhu optimum pada 50-60°C dan endo inulinase pada pH 4,5-5 dengan suhu optimum pada 60°C sehingga dengan kondisi optimum yang sama maka pada proses sakarifikasi ditambahkan 3 enzim yang berbeda yaitu enzim glukamilase, endoinulinase dan eksoinulinase. Menurut Permanasari (2018), konsentrasi substrat berpengaruh terhadap kadar gula reduksi. Pada konsentrasi substrat 10% kadar gula reduksi 81 g/L dan meningkat 45% pada konsentrasi substrat 20% yaitu 135 g/L. berdasarkan Singh *et al.* (2018), konsentrasi substrat 10% menghasilkan kadar fruktosa 37,5 g/L dan konsentrasi substrat 15% menghasilkan kadar fruktosa 106 g/L. Begitu pula dengan lama sakarifikasi, menurut Sulastriani (2017), lama sakarifikasi berpengaruh terhadap kadar gula reduksi hasil hidrolisis. Adapun tujuan dari penelitian ini adalah mengetahui pengaruh konsentrasi substrat slurry umbi gembolo dan lama sakarifikasi terhadap karakteristik fisiko-kimia HFS dari gembolo dan eksplorasi tentang pemanfaatan umbi gembolo serta memperluas pemahaman tentang nilai umbi gembolo. Diduga bahwa konsentrasi substrat yang digunakan serta lama sakarifikasi berpengaruh terhadap karakteristik fisiko-kimia HFS dari umbi gembolo yang terbentuk.

METODE

Bahan dan alat

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah umbi gembolo (*Dioscorea bulbifera*) yang didapatkan dari desa Sekarjoho kecamatan Prigen, enzim α -amilase, enzim glukoamilase, enzim endo inulinase, enzim eksoinulinase, CaCl_2 , dan buffer asetat. Bahan kimia analisa yang digunakan meliputi reagen nelson A, reagen nelson B, arsenomolibdat, glukosa anhidrat, Fehling A dan B, fruktosa standar, HCL, dan reagen resorcinol.

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah erlenmeyer, blender, *hot plate*, *magnetic stirrer*, *shaker water bath*, neraca analitik, pengaduk, spektrofotometer UV-Vis, vortex, refraktometer, viskometer Brookfield, pipet tetes, tabung reaksi, corong, kertas saring, gelas ukur, gelas beaker, gelas arloji, dan aluminium foil.

Metode/pelaksanaan

Pembuatan slurry umbi gembolo

Umbi gembolo dicuci kemudian dikupas. Umbi gembolo yang telah dikupas kemudian dipotong-potong dengan ukuran kurang lebih 4 cm, kemudian ditimbang dan dimasukkan ke dalam blender. Masing-masing ditambahkan akuades hingga diperoleh konsentrasi 15%, 20% dan 25% dan dimasukkan ke dalam erlenmeyer (Wardhani *et al.*, 2016 dengan modifikasi).

Pembuatan HFS secara enzimatis

Masing-masing slurry umbi gembolo dilakukan gelatinisasi pada suhu 90°C selama 20 menit di atas *hot plate* dan diaduk menggunakan *magnetic stirrer*. Setelah gelatinisasi selesai, masing-masing ditambahkan enzim α -amilase sebanyak 0,9% v/v dan CaCl_2 0,1%, mulut erlenmeyer ditutup menggunakan aluminium foil. Selanjutnya dilakukan proses likuifikasi yaitu masing-masing dimasukkan ke dalam *shaker waterbath* yang telah berada pada suhu 90°C dan diatur pengadukan aktif. Proses likuifikasi dilakukan selama 90 menit. Setelah proses likuifikasi selesai dilakukan

penurunan suhu hingga suhu berada pada 60°C . Setelah suhu 60°C tercapai, kedalam masing-masing substrat ditambahkan buffer asetat hingga mencapai pH 4,5, kemudian ditambahkan enzim glukoamilase 1,5% v/v dan inulinase 0,55% v/v dengan perbandingan endoinulinase dan ekso inulinase 1:1. Setelah itu kembali dimasukkan ke dalam *shaker waterbath* yang suhunya telah diatur 60°C dan diatur pengadukan aktif. Proses tersebut dinamakan sakarifikasi. Proses sakarifikasi dilakukan selama 24 jam, 36 jam, dan 48 jam. Setelah proses sakarifikasi selesai dilakukan penyaringan hingga diperoleh filtrat. Filtrat tersebut kemudian dievaporasi pada *waterbath* suhu 90°C selama 24 jam dan diperoleh HFS (Nuritasari, 2016 dengan modifikasi).

Rancangan penelitian

Rancangan percobaan yang digunakan dalam penelitian ini adalah Rancangan Acak Lengkap (RAL) pola faktorial dengan 2 faktor. Faktor 1 adalah konsentrasi substrat (15%, 20% dan 25%) dan faktor 2 adalah lama sakarifikasi (24 jam, 36 jam, dan 48 jam) sehingga diperoleh 9 taraf perlakuan. Data yang diperoleh dianalisis dengan menggunakan *Analysis of Variance* (ANOVA) sehingga diketahui adanya interaksi dan perbedaan yang nyata antara masing-masing perlakuan. Apabila terdapat perbedaan nyata maka dilakukan uji lanjut dengan metode DMRT (*Duncan Multiple Range Test*) 5%.

Analisis yang dilakukan dalam penelitian ini meliputi rendemen, kadar gula reduksi, total padatan terlarut, kadar fruktosa, viskositas dan uji organoleptik meliputi rasa, aroma dan warna.

Analisis rendemen

Slurry umbi gembolo dan HFS yang didapatkan ditimbang. Rendemen diperoleh dari jumlah gram rendemen maupun produk yang didapatkan dari setiap gram bahan yang diolah berdasarkan AOACH (2006).

$$\text{Rendemen} = \frac{\text{B.produk yang dihasilkan (gr)}}{\text{berat bahan baku awal (gr)}} \times 100\%$$

Analisis kadar gula reduksi

Analisis kadar gula reduksi ditentukan menggunakan metode Nelson-Somogyi (Al-Kayyis, 2016). Penentuan kadar gula reduksi diawali dengan pembuatan kurva standar larutan glukosa dari 20 ppm – 100 ppm. Masing-masing diambil 1 ml dan ditambah larutan nelson A+B (25:1) sebanyak 1 ml, kemudian dipanaskan selama 20 menit, setelah itu didinginkan kemudian ditambah reagen arsenomolibdat 1 ml dan akuades 7 ml. Masing-masing dibaca absorbansinya menggunakan spektrofotometer UV-Vis dengan panjang gelombang 540 nm. Dari masing absorbansi yang diperoleh dibuat kurva standar sehingga didapatkan rumus regresi. Pengukuran kadar gula reduksi pada sampel sesuai dengan prosedur pada larutan standar. Nilai absorbansi sampel yang diperoleh diplotkan pada rumus regresi yang telah didapatkan sehingga diperoleh persen kadar gula reduksi.

Analisis total padatan terlarut

Analisis total padatan terlarut dilakukan dengan menggunakan alat refraktometer. Sampel diteteskan di atas permukaan refraktometer dan dilihat hasilnya.

Analisis viskositas

Analisis viskositas menggunakan viskometer Brookfield yang dilakukan dengan mencelupkan spindel 2 viskometer ke dalam sampel. Kecepatan putar diatur sebesar 30 rpm.

Analisis kadar fruktosa

Analisis kadar fruktosa menggunakan metode Resorcinol (Roe *et al.* 1949). Penentuan kadar fruktosa diawali dengan

pembuatan reagen resorcinol yaitu dengan melarutkan 1 gram resorcinol dan 0,25 gram thiourea dalam asam asetat glasial sampai volume 100 ml, selanjutnya pembuatan larutan HCL (5:1) dengan 5 bagian HCL dan 1 bagian akuades. Pembuatan larutan standar fruktosa 0 ppm, 10 ppm, 20 ppm, 30 ppm, 40 ppm, dan 50 ppm. Masing-masing diambil 1 ml dan ditambahkan 0,5 ml reagen resorcinol serta 3,5 ml larutan HCL yang telah dibuat, kemudian dipanaskan pada suhu 80 °C selama 10 menit setelah itu didinginkan. Pembacaan absorbansi dilakukan pada panjang gelombang 520 nm. Masing-masing absorbansi dibuat kurva standar dan didapatkan rumus regresi. Penentuan kadar fruktosa sampel dilakukan sesuai dengan prosedur pada larutan standar. Absorbansi yang diperoleh diplotkan pada rumus regresi kurva standar sehingga dapat diketahui kadar fruktosa pada sampel.

Uji organoleptik

Uji organoleptik dilakukan menggunakan metode skoring terhadap rasa, warna, dan aroma (Rahayu 2001), masing-masing sampel diberikan kepada 20 panelis. Penilaian masing-masing parameter diberikan skor 1-5.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil analisis HFS dari umbi gembolo

Nilai rata-rata rendemen, kadar gula reduksi, total padatan terlarut, kadar fruktosa dan viskositas dengan perlakuan konsentrasi substrat dan lama sakarifikasi dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Nilai rata-rata rendemen, kadar gula reduksi, total padatan terlarut, kadar fruktosa, dan viskositas HFS

Perlakuan		Rendemen (%)	Kadar Gula Reduksi (%)	Total Padatan Terlarut (°Brix)	Kadar Fruktosa (%)	Viskositas (cP)
Konsentrasi Substrat (%)	Lama Sakarifikasi (jam)					
15	24	11,01±0,01 ^a	26,20±0,12 ^a	27,16±0,29 ^a	8,46±0,11 ^a	35,05±0,05 ^a
	36	13,63±0,03 ^c	32,56±0,07 ^c	33,00±0,00 ^d	8,67±0,10 ^a	40,33±0,31 ^d
	48	17,06±0,01 ^f	35,54±0,16 ^f	36,50±0,00 ^g	10,24±0,11 ^b	48,40±0,10 ^g
20	24	12,77±0,02 ^b	29,21±0,17 ^b	30,00±0,00 ^b	11,36±0,16 ^c	37,50±0,01 ^b
	36	16,13±0,03 ^d	33,82±0,05 ^d	34,16±0,29 ^e	11,61±0,11 ^c	43,27±0,16 ^e
	48	17,64±0,01 ^h	38,57±0,17 ^h	39,17±0,28 ^h	11,96±0,22 ^c	52,37±0,15 ^h
25	24	13,22±0,03 ^e	31,32±0,03 ^e	32,17±0,27 ^c	12,45±0,27 ^d	38,85±0,05 ^c
	36	16,67±0,46 ^g	34,81±0,06 ^g	35,17±0,28 ^f	14,43±0,11 ^e	45,37±0,15 ^f
	48	18,08±0,01 ⁱ	41,28±0,04 ⁱ	42,00±0,29 ⁱ	14,86±0,46 ^f	58,30±0,10 ⁱ

Keterangan: Nilai rata-rata ± standar deviasi (n=3). Nilai rata-rata diikuti dengan huruf yang sama pada kolom sama menunjukkan perlakuan tidak berbeda nyata (P>0,05)

Rendemen

Hasil sidik ragam menunjukkan bahwa perlakuan konsentrasi substrat dan lama sakarifikasi berpengaruh nyata ($P \leq 0,05$) terhadap rendemen HFS. Berdasarkan Tabel 1, rata-rata rendemen berkisar antara 11,01%-18,08%. Rendemen tertinggi terdapat pada perlakuan konsentrasi substrat 25% dan lama sakarifikasi 48 jam yaitu 18,08% dan rendemen terendah pada perlakuan konsentrasi substrat 15% dan lama sakarifikasi 24 jam yaitu 11,01%.

Tabel 1 menunjukkan bahwa terjadi peningkatan rendemen sering dengan peningkatan konsentrasi substrat dan lama sakarifikasi. Peningkatan rendemen ini disebabkan karena semakin tinggi konsentrasi substrat maka semakin banyak pati dan inulin yang dihidrolisis oleh enzim sehingga menghasilkan glukosa dan fruktosa yang semakin banyak. Hal ini sesuai dengan Puspitaningrum dan Adhiyanto (2016), berbanding lurus dengan hasil yang didapatkan. Semakin sedikit substrat yang digunakan maka produk akan semakin sedikit dan sebaliknya apabila substrat yang banyak jumlah substrat yang digunakan akan digunakan banyak maka banyak pula produk yang dihasilkan. Hal tersebut juga dikuatkan dengan hasil penelitian Ouyang (2009)

bahwa semakin tinggi konsentrasi substrat maka rendemen juga semakin tinggi. Begitu pula lama sakarifikasi, sakarifikasi 48 jam memberikan kesempatan enzim lebih lama dalam menghidrolisis substrat dibandingkan sakarifikasi selama 24 jam. hal tersebut didukung oleh Megavitry *et al.* (2019) bahwa semakin lama waktu sakarifikasi yang digunakan maka enzim dapat lebih lama bereaksi dengan substrat sehingga enzim dapat menghidrolisa lebih banyak substrat dan menghasilkan produk yang lebih banyak.

Kadar gula reduksi

Hasil sidik ragam menunjukkan bahwa konsentrasi substrat dan lama sakarifikasi berpengaruh nyata ($P \leq 0,05$) terhadap kadar gula reduksi HFS. Berdasarkan Tabel 1, rata-rata kadar gula reduksi berkisar antara 26,20%-41,28%. Kadar gula reduksi tertinggi pada perlakuan konsentrasi substrat 25% dengan lama sakarifikasi 48 jam yaitu 41,28% dan kadar gula reduksi terendah pada perlakuan konsentrasi substrat 15% dan lama sakarifikasi 24 jam yaitu 26,20%. Dapat diketahui bahwa semakin tinggi konsentrasi substrat dan semakin lama sakarifikasi, menghasilkan gula reduksi yang semakin tinggi. Menurut Zelvi *et al.* (2017), bahwa peningkatan konsentrasi substrat, semakin banyak polisakarida yang tersedia

untuk dihidrolisis sehingga semakin banyak hasil hidrolisisnya. Begitu pula lama sakarifikasi, semakin lama proses sakarifikasi maka semakin banyak pati dan inulin yang dihidrolisis menjadi glukosa dan fruktosa. Hal tersebut didukung oleh Megavitry *et al.* (2019), bahwa semakin lama sakarifikasi akan memberikan kesempatan enzim bereaksi dengan substrat lebih lama sehingga hasil hidrolisisnya juga semakin banyak. Hal itu sesuai dengan penelitian Chen *et al.* (2008), bahwa semakin lama waktu hidrolisis, nilai gula reduksi semakin meningkat.

Total padatan terlarut

Hasil sidik ragam menunjukkan bahwa konsentrasi substrat dan lama sakarifikasi berpengaruh nyata ($P \leq 0,05$) terhadap total padatan terlarut HFS. Berdasarkan Tabel 1, rata-rata total padatan terlarut berkisar antara $27,16^{\circ}\text{Brix}$ - $42,00^{\circ}\text{Brix}$. Total padatan terlarut tertinggi pada perlakuan konsentrasi substrat 25% dengan lama sakarifikasi 48 jam yaitu $42,0^{\circ}\text{Brix}$ dan total padatan terlarut terendah pada perlakuan konsentrasi substrat 15% dan lama sakarifikasi 24 jam yaitu $27,16^{\circ}\text{Brix}$. Dapat diketahui bahwa semakin tinggi konsentrasi substrat dan semakin lama sakarifikasi, menghasilkan total padatan terlarut yang semakin tinggi. Total padatan terlarut berhubungan dengan kadar gula reduksi yang diperoleh, semakin tinggi kadar gula reduksi maka semakin tinggi total padatan terlarut yang diperoleh. Hal tersebut didukung oleh Wee *et al.* (2011), yang menyatakan bahwa semakin tinggi kadar gula reduksi maka total padatan terlarut pada produk akan semakin besar. Hal tersebut juga didukung oleh pernyataan Barati *et al.* (2018), bahwasannya semakin lama enzim bereaksi dengan substrat maka total padatan terlarut akan semakin meningkat.

Kadar fruktosa

Hasil sidik ragam menunjukkan bahwa konsentrasi substrat dan lama sakarifikasi berpengaruh nyata ($P \leq 0,05$) terhadap kadar fruktosa HFS. Berdasarkan Tabel 1, rata-rata kadar fruktosa berkisar antara 8,46%-14,86%. Kadar fruktosa tertinggi pada

perlakuan konsentrasi substrat 25% dengan lama sakarifikasi 48 jam yaitu 14,86% dan kadar fruktosa terendah pada perlakuan konsentrasi substrat 15% dan lama sakarifikasi 24 jam yaitu 8,46%. Dapat diketahui bahwa semakin tinggi konsentrasi substrat dan semakin lama sakarifikasi, menghasilkan kadar fruktosa semakin tinggi. Hal tersebut terjadi diduga karena konsentrasi substrat yang semakin banyak menandakan jumlah inulin semakin banyak dan semakin lama waktu sakarifikasi menyebabkan enzim inulinase dapat menghidrolisa inulin semakin banyak sehingga kadar fruktosa yang dihasilkan juga semakin tinggi. Hal tersebut didukung oleh pernyataan Zelvi *et al.* (2017), bahwa semakin tinggi konsentrasi substrat maka semakin banyak polisakarida yang tersedia untuk dihidrolisis oleh enzim dan menurut Megavitry *et al.* (2019), semakin lama waktu sakarifikasi maka akan memberikan kesempatan lebih lama untuk enzim menghidrolisis substrat sehingga akan menghasilkan produk lebih banyak.

Viskositas

Hasil sidik ragam menunjukkan bahwa konsentrasi substrat dan lama sakarifikasi berpengaruh nyata ($P \leq 0,05$) terhadap viskositas HFS. Berdasarkan Tabel 1, rata-rata viskositas berkisar antara 35,05cP-58,30cP. viskositas tertinggi pada perlakuan konsentrasi substrat 25% dengan lama sakarifikasi 48 jam yaitu 58,30 cP dan viskositas terendah pada perlakuan konsentrasi substrat 15% dan lama sakarifikasi 24 jam yaitu 35,05 cP. Dapat diketahui bahwa semakin tinggi konsentrasi substrat dan semakin lama sakarifikasi, menghasilkan nilai viskositas yang semakin tinggi. Viskositas berhubungan dengan kadar gula reduksi yang diperoleh, semakin tinggi kadar gula reduksi maka semakin tinggi nilai viskositas yang didapatkan. Gula reduksi memiliki sifat hidrofil yaitu dapat mengikat air, sehingga kadar gula reduksi yang semakin maka kemampuan mengikat air juga semakin tinggi, sehingga kadar air akan menurun dan meningkatkan viskositas. Hal tersebut didukung oleh pernyataan Winarno (2002),

bahwa peningkatan viskositas dipengaruhi karena adanya peningkatan gula dan total padatan terlarut sehingga viskositas akan semakin tinggi. Semakin tinggi konsentrasi substrat maka viskositas akan meningkat, sesuai dengan penelitian Nguyen *et al.* (2021), yang menunjukkan bahwa semakin

tinggi konsentrasi substrat, nilai viskositas semakin meningkat.

Karakteristik organoleptik

Nilai rata-rata skor rasa, aroma dan warna dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Nilai rata-rata skor rasa, aroma dan warna HFS

Perlakuan		Rasa	Aroma	Warna
Konsentrasi Substrat (%)	Lama Sakarifikasi (jam)			
15	24	2,50 ± 0,83 ^a	2,50 ± 0,83 ^a	2,80 ± 0,83 ^a
	36	2,60 ± 0,94 ^a	3,15 ± 0,81 ^a	3,70 ± 0,98 ^b
	48	2,75 ± 0,93 ^a	4,00 ± 0,91 ^b	4,00 ± 0,92 ^b
20	24	2,85 ± 0,49 ^b	2,90 ± 0,79 ^a	3,00 ± 0,46 ^a
	36	2,85 ± 0,67 ^a	3,25 ± 0,78 ^a	3,85 ± 0,76 ^b
	48	3,50 ± 0,80 ^b	4,25 ± 0,72 ^b	4,05 ± 0,89 ^b
25	24	3,50 ± 0,76 ^b	3,10 ± 0,48 ^a	3,05 ± 0,69 ^a
	36	3,70 ± 0,68 ^b	3,30 ± 0,66 ^a	3,90 ± 0,79 ^b
	48	4,80 ± 0,41 ^c	4,50 ± 0,51 ^b	4,30 ± 0,66 ^b

Keterangan : Nilai rata-rata ± standar deviasi (n=20). Nilai rata-rata diikuti dengan huruf yang sama pada kolom sama menunjukkan perlakuan tidak berbeda nyata (P>0,05).
 Skor rasa : 5 (sangat manis), 4 (manis), 3 (agak manis), 2 (tidak manis), 1 (sangat tidak manis)
 Skor aroma : 5 (sangat beraroma gula), 4 (beraroma gula), 3 (agak beraroma gula), 2 (tidak beraroma gula), 1 (sangat tidak beraroma gula)
 Skor warna : 5 (sangat kuning), 4 (kuning), 3 (agak kuning), 2 (tidak kuning), 1 (sangat tidak kuning)

Rasa

Hasil sidik ragam menunjukkan bahwa perlakuan konsentrasi substrat dan lama sakarifikasi berpengaruh nyata (P≤0,05) terhadap skor rasa HFS. Nilai rata-rata skor rasa berkisar antara 2,5-4,8. Skor rasa tertinggi diperoleh pada perlakuan konsentrasi substrat 25% dan lama sakarifikasi 48 jam yaitu 4,8 yang berarti sangat manis dan skor rasa terendah diperoleh pada perlakuan konsentrasi substrat 15% dengan lama sakarifikasi 24 jam yaitu 2,5 yang berarti agak manis. Pada perlakuan konsentrasi substrat 25% dan lama sakarifikasi 48 jam memiliki kadar gula reduksi yang paling tinggi di antara yang lain sehingga memberikan rasa yang paling manis. Hal tersebut didukung oleh Sulastriani (2017), yang menyatakan bahwa semakin tinggi gula reduksi pada produk maka tingkat kemanisan produk semakin meningkat.

Aroma

Hasil sidik ragam menunjukkan bahwa perlakuan konsentrasi substrat dan lama sakarifikasi berpengaruh nyata (P≤0,05) terhadap skor aroma HFS. Nilai rata-rata skor aroma berkisar antara 2,5-4,5. Skor aroma tertinggi diperoleh pada perlakuan konsentrasi substrat 25% dan lama sakarifikasi 48 jam yaitu 4,5 yang berarti sangat beraroma gula dan skor aroma terendah diperoleh pada perlakuan konsentrasi substrat 15% dengan lama sakarifikasi 24 jam yaitu 2,5 yang berarti agak beraroma gula. Pada perlakuan konsentrasi substrat 25% dan lama sakarifikasi 48 jam memiliki kadar gula reduksi yang paling tinggi di antara yang lain sehingga memberikan aroma gula yang paling tinggi. Hal tersebut didukung oleh pernyataan Winarno (2004) dalam Nela (2017), yang menyatakan bahwa semakin tinggi gula reduksi maka aroma gula yang tercium semakin kuat.

Warna

Hasil sidik ragam menunjukkan bahwa perlakuan konsentrasi substrat dan lama sakarifikasi berpengaruh nyata ($P \leq 0,05$) terhadap skor warna HFS. Nilai rata-rata skor warna berkisar antara 2,8-4,3. Skor warna tertinggi diperoleh pada perlakuan konsentrasi substrat 25% dan lama sakarifikasi 48 jam yaitu 4,3 yang berarti kuning pekat dan skor warna terendah diperoleh pada perlakuan konsentrasi substrat 15% dengan lama sakarifikasi 24 jam yaitu 2,8 yang berarti agak kuning pekat. Pada perlakuan konsentrasi substrat 25% dan lama sakarifikasi 48 jam memiliki kadar total padatan terlarut yang paling tinggi di antara yang lain sehingga memberikan warna yang paling pekat di antara yang lain. Hal tersebut karena total padatan terlarut dapat menyebabkan warna lebih pekat karena adanya pengikatan air bebas oleh gugus hidrofil gula. Hal tersebut didukung oleh Rahmawati (2014), semakin banyak gula yang berikatan dengan air akan membuat warna tampak lebih pekat. Hal ini juga sesuai dengan pernyataan Dewi (2018), yang menyatakan bahwa semakin tinggi kadar padatan dalam suatu larutan akan menyebabkan banyak warna yang terserap dari pada yang diteruskan sehingga warna akan terlihat pekat.

KESIMPULAN

Dari hasil penelitian yang diperoleh maka dapat disimpulkan bahwa hasil terbaik terdapat pada HFS dengan karakteristik rendemen 18,08%; kadar gula reduksi 41,28%; total padatan terlarut 42,00%; kadar fruktosa 14,86%; viskositas 58,30% serta nilai skor rasa 4,8; aroma 4,5 dan warna 4,3 yaitu pada perlakuan konsentrasi substrat 25% dan lama sakarifikasi 48 jam.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih diberikan kepada semua pihak yang telah membantu penelitian ini hingga sampai artikel ini dapat diterbitkan.

DAFTAR PUSTAKA

- Aghjani, A. R., Pourahmad, R. & Adeli, H.R. M. (2014). The Effect of oligofructose, lactulosa, and inulin mixture as prebiotic on physicochemical properties of synbiotic yogurt. *Journal of Food Bioscience and Technology*, 4(2), 33-36.
- Aiyer, P. V. (2005). Amylases and Their Application. *African Journal of Biotechnology*, 4(13), 1525-1529.
- Albaasith, A. (2014). Pembuatan sirup glukosa dari kulit pisang kepok (*Musa acuminatabalbisianacolla*) secara enzimatik. *Jurnal Teknik Kimia*, 3(2), 15-18.
- Badan Pusat Statistik. (2020). Impor Gula Menurut Negara Asal Utama. <https://www.bps.go.id/statictable/2019/02/14/2014/impor-gula-menurut-negara-asal-utama-2010-2019.html>.
- Barati, Z., Latif, S., & Müller, J. (2019). Enzymatic hydrolysis of cassava peels as potential pre-treatment for peeling of cassava tubers. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*, 20, 101247.
- Chen, M., Zhao, J., & Xia, L. (2008). Enzymatic hydrolysis of maize straw polysaccharides for the production of reducing sugars. *Sciencedirect* 71(3). 411-415.
- Dewi, A. E. Y. (2018). Enkapsulasi bubuk cabai rawit (*Capsicum frutescens* L) dengan maltodekstrin dari hidrolisis pati uwi putih (*Dioscorea alata*) dan gum arab. *Prosiding Fakultas Teknik UPN "Veteran" Jawa Timur 2020*.
- Megavitry, R. Laga, A. Syarifuddin, A., & Widodo, S. (2019). Pengaruh suhu gelatinisasi dan waktu sakarifikasi terhadap produksi gula Sagu. In *Prosiding Seminar Nasional Sinergitas Multidisiplin Ilmu Pengetahuan dan Teknologi, 26-27 Juli 2019, Makassar, Indonesia*, 125-128.
- Nela, E. S. (2017). *Analisis total padatan tak larut air dan sifat organoleptik madu*

- sawo (achras zapota L.)* [Tugas Akhir]. Program Studi Ilmu dan Teknologi Pangan Fakultas Pertanian Universitas Garut.
- Nguyen, C. T., Fillaudeau, L., Archard, A. D., Ky, C. S., Luong, N. H., Vu, T.T., Nguyen, D. H. T., & Nguyen, H. V. (2021). Impact of particle size on the rheological properties and amylolysis kinetics of ungelatinized cassava flour suspensions. *Processes* 9(989), 1-16.
- Nuritasari, Y. I. (2016). *Perancangan pabrik high fructose syrup (hfs) dari tepung tapioka kapasitas produksi 100.000 ton/tahun*. Program Studi Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- Ouyang, J., Li, Z., Li, X., Ying, H., & Yong, Q. (2009). Enhanced enzymatic conversion and glucose production via two-step enzymatic hydrolysis of corncob residue from xylo-oligosaccharides producers Waste. *Bioresources* 4(4). 1586-1599.
- Parker, K., M. Sales, & V. C. Nwosu. (2010). High fructose corn syrup: production, uses and public health concerns. *Journal Biotechnology and Molecular Biology* 5(5). 71-78.
- Permanasari, A.R., Fitria Y., Mira A.T., Dahliana A. & Ari W. (2018). Pengaruh konsentrasi substrat dan enzim terhadap produk gula reduksi pada pembuatan gula cair dari tepung sorgum merah secara hidrolisis enzimatis. In *Prosiding Seminar Nasional Teknik Kimia "Kejuangan" Politeknik Negeri Bandung*.
- Puspitaningrum & Adhiyanto, C. (2016). *Enzim dan pemanfaatannya*. Bogor: Ghalia.
- Rahmawati, A. (2018). *Isomerisasi enzimatis tepung sorgum merah untuk pembuatan high fructose syrup*. Departemen Teknik Kimia ITS Surabaya.
- Rahmawati, A. Y. (2014). *Pengaruh jenis dan konsentrasi substrat pada hidrolisis enzimatis ubi jalar ungu (Ipomea batatas L. Var Ayamurasaki) menjadi sirup glukosa fungsional* [Tugas Akhir]. Universitas Brawijaya Malang.
- Singh, R. & Chauhan. (2018). Biocatalytic strategies for the production of high fructose syrup from Inulin. *Biosour Technol*, 260, 395-403.
- Sulastriani, Amran L., & Zainal. (2017). Pengaruh penggunaan suhu awal likuifikasi dan waktu proses sakarifikasi dalam menghasilkan sirup glukosa. *Jurnal Sains dan Teknologi*, 17(1).
- Wahyuningsih, S. (2019). Pengaruh konsentrasi enzim α -amilase pada hidrolisis pati labu jepang (kabocha). *Chemical Engineering Research Article*, 2(1).
- Wee, L.L., Anuar, M., Ibrahim, S. & Chisti, Y. (2011). Enzyme-mediated production of sugars from sago starch: statistical process optimization. *Chemical Engineering Communications*, 198(11), 1339-1353.
- Winarno, F. G. (2002). *Kimia pangan dan gizi*. Jakarta: Gramedia.
- Winarti, S & Saputro, E. A. (2013). Karakteristik tepung prebiotik umbi uwi (*Dioscorea* spp.) *Jurnal Teknik Kimia*, 8(1), 17-21.
- Winarti, S., Harmayani, E & Nurismanto. (2011). Karakteristik dan profil inulin beberapa jenis uwi (*Dioscorea* spp.) *Agritech*, 31(4), 378-383.
- Zelvi, M., Ani, S., & Dwi, S. (2017). Hidrolisis *Eucommia cottonii* dengan Enzim K-Karagenan dalam Menghasilkan Gula Reduksi untuk Produksi Bioetanol. *Jurnal Teknologi Industri Pertanian*, 27(1), 33-42.