
Karakteristik Fisikokimia Sirup Glukosa dari Sagu (*Metroxylon* sp) Lokal Papua yang Diproduksi Secara Enzimatis

*Physicochemical Characteristics of Enzymatically Produced Glucose Syrup from Sago (*Metroxylon* sp) Originating Papua*

Mery Napitupulu¹, Zita Letviany Sarungallo^{1*}, Fitri Iriani¹, Jhon Fransiscus Hutagaol, Risma Uli Situngkir¹, Dewi Muliana Beru Ginting¹

¹ Jurusan Teknologi Hasil Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Papua, Jl. Gunung Salju Amban, Manokwari 98314.

*Email korespondensi: z.sarungallo@unipa.ac.id; zlsarungallo@yahoo.com

Abstract

*The types of sago starch (*Metroxylon* sp) grown in Papua and West Papua are very varied and have the potential to be processed into glucose syrup by enzymatic means. This study aims to enzymatically produce glucose syrup from sago starch from Manokwari Regency, Teluk Bintuni, Wasior Regency, and Serui Regency. Furthermore, the physicochemical characteristics of sago starch and glucose syrup produced are determined. The method used in this research is the experimental method, with a group randomized design (GRD). Glucose syrup production was carried out enzymatically using α -amylase and glucoamylase enzymes. The results of this study show that the physicochemical properties of sago starch from 4 districts have a moisture content of 12.36 % - 13.44%, ash content of 0.02% - 0.07% (dry basis, wt), the starch content of 81.49% - 84.19% (wt), amylose 36.8% - 36.55% (wt), amylopectin 46.86% - 47.23% (wt), and acid degree of 1.73 ml - 1.80 ml NaOH 1N/100g). Therefore the physicochemical properties of sago starch from 4 districts have met the quality requirements of sago starch SNI-1995. The process of making sago starch glucose syrup enzymatically through two stages, i.e. liquification using α -amylase 0.1% at 90 °C for 50 minutes, and saccharification using glucoamylase 0.08% at 50 °C for 24 hours, followed by evaporation stage. The glucose syrup produced has a dark brown-somewhat yellow color, normal aroma, and sweet taste, with a yield of 66.09% - 71.11%, moisture content 12.37% - 18.76%, ash content 0.05% - 0.06%, reducing sugar 47.18 μ g/ml - 53.03 μ g/ml, and total soluble solids 51.10 °Brix - 69.05 °Brix. Therefore The glucose syrup produced has met the SNI-2013 standards. The whiter color of sago starch tends to produce a lighter glucose syrup color.*

Keywords: *Enzymatic, α -amylase, glucoamylase, sago starch, glucose syrup*

Abstrak

Jenis pati sagu (*Metroxylon* sp.) yang tumbuh di Papua dan Papua Barat sangat beragam, yang berpotensi untuk diolah menjadi sirup glukosa dengan cara enzimatis. Penelitian ini bertujuan untuk menghasilkan sirup glukosa secara enzimatis dari pati sagu yang berasal dari 4 sentra produksi yaitu Kabupaten Manokwari, Teluk Bintuni, Wasior dan Serui, serta menentukan karakteristik fisikokimia dari pati sagu, serta sirup glukosa yang dihasilkan. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimen, dengan rancangan acak kelompok (RAK). Produksi sirup glukosa dilakukan secara enzimatis menggunakan enzim α -amilase dan Glukoamilase. Hasil penelitian ini menunjukkan sifat fisikokimia pati sagu dari 4 Kabupaten memiliki kadar air 12,36% - 13,44%, kadar abu 0,02% - 0,07% (basis kering, bk), kadar pati 81,49% - 84,19% (bk), amilosa 36,8% - 36,55% (bk), amilopektin 46,86% - 47,23% (bk), dan derajat asam 1,73 ml -1,80 ml NaOH 1N/100g), sehingga memenuhi syarat mutu pati sagu SNI-1995. Proses pembuatan sirup glukosa pati sagu secara enzimatis melalui dua tahap yaitu likuifikasi menggunakan α -amilase 0,1% dengan suhu 90°C selama 50 menit, dan sakarifikasi menggunakan glucoamilase 0,08% pada suhu 50°C selama 24 jam, dilanjutkan dengan tahap evaporasi. Sirup glukosa yang dihasilkan memiliki warna coklat tua-agak kuning, aroma normal, rasa manis, memiliki rendemen 66,09% -71,11%, kadar air 12,37% - 18,76%,

kadar abu 0,05% - 0,06%), gula pereduksi 47,18 µg/ml - 53,03 µg/ml, dan total padatan terlarut 51,10 °Brix - 69,05 °Brix. Sehingga sirup yang dihasilkan memenuhi standar SNI-2013. Semakin putih pati sagu cenderung menghasilkan warna sirup glukosa yang semakin terang.

Kata kunci: Enzimatis, α -amilase, glukoamilase, pati sagu, sirup glukosa

PENDAHULUAN

Papua memiliki potensi besar dalam produksi pati sagu. Dilaporkan bahwa luas hutan sagu di Wilayah Papua mencapai 5,4 juta ha. Sekitar 5,3 ha kebun sagu yang terbesar pada beberapa daerah seperti Teminabuan, Bintuni, Wasior, Serui, Sorong dan Sentani (Bintoro, 2016). Hasil utama tanaman sagu adalah pati yang merupakan sumber karbohidrat sangat penting sebagai bahan pangan dan bahan baku untuk industri, namun belum dimanfaatkan secara maksimal. Menurut Haryanto dan Pangloli (2013) sistem pengolahan sagu di Papua yang dilakukan oleh masyarakat masih secara tradisional, dimana pemanfaatannya terbatas untuk memenuhi pangan harian keluarga, seperti papeda, sagu lempeng dan kue sinolek. Lebih lanjut Bintoro dkk., (2016) menjelaskan bahwa peningkatan nilai tambah pati sagu dapat dilakukan melalui inovasi teknologi dalam proses pengolahannya sehingga dapat dimanfaatkan dalam industri bakery, mie, produk ekstruksi dan sebagai sumber pemanis seperti sirup glukosa. Sirup glukosa dari pati sagu memiliki beberapa keunggulan dibandingkan sirup glukosa dari sumber lain, seperti indeks glikemik yang lebih rendah dan kemampuannya sebagai humektan. Selain itu, tren pasar saat ini semakin mengarah pada produk makanan dan minuman yang lebih sehat, sehingga permintaan akan sirup glukosa

alami seperti dari pati sagu semakin meningkat. Untuk itu, perlu dilakukan inovasi teknologi dalam proses pengolahan sagu agar dapat menghasilkan produk pati sagu berkualitas tinggi dan berdaya saing.

Sirup glukosa merupakan hasil hidrolisis pati sehingga dihasilkan cairan jernih, kental dan tidak berbau, dengan glukosa sebagai komponen utamanya (SNI, 2013). Hidrolis pati dapat dilakukan dengan secara asam dan enzimatis. Hidrolis asam merupakan proses pemecahan pati, secara acak dengan menggunakan asam seperti (HCl dan H₂SO₄). Sarungallo dan Murtiningrum (2006) melaporkan sirup glukosa dapat dihasilkan dari pati sagu dengan cara hidrolisis asam menggunakan HCl 1N. Sementara itu, produksi sirup glukosa secara enzimatis merupakan pemutusan rantai polimer secara spesifik pada percabangan tertentu menggunakan enzim, seperti alfa-amilase, amiloglukosidase, glukosa isomerase dan isoamilase. Pembuatan sirup glukosa secara enzimatis lebih menguntungkan dibandingkan secara asam, karena gula hasil hidrolisis tidak mengalami degradasi, tidak melibatkan bahan-bahan korosif sehingga lebih ramah lingkungan dan tidak menimbulkan reaksi samping (Aryanika dkk., 2022). Karakteristik pati mempengaruhi penggunaannya sebagai bahan baku industri, seperti kadar pati, warna, kadar amilosa,

ukuran granula, suhu gelatinisasi, dan viskositas, telah banyak dilaporkan (Aboubacar dan Hamaker, 1999; Tethool dkk., 2019). Pati yang sesuai sebagai bahan baku dalam pembuatan sirup glukosa umumnya memiliki ikatan molekul yang lemah, suhu gelatinisasi rendah, dan viskositas rendah, seperti tapioka (Tethool dkk., 2019). Dilaporkan pula bahwa keragaman jenis sagu di Indonesia, terutama di Papua, sangat tinggi mencapai 60 jenis sagu yang tersebar di setiap wilayah (Lakuy dan Limbongan, 2003). Santoso dkk., (2021) melaporkan bahwa kandungan karbohidrat total dari tiga jenis sagu (tanpa duri, duri pendek, dan duri panjang) asal Papua Barat tidak berbeda nyata (96,95-97,72%). Namun, kandungan amilosa pada ketiga jenis sagu tersebut berbeda nyata, yaitu pada kisaran 33,61-38,47%; dengan suhu viskositas terendah dimiliki jenis duri pendek. Dengan demikian, pati sagu berpotensi sebagai bahan baku sirup glukosa.

Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa asal-usul pati sagu dapat mempengaruhi karakteristik sirup glukosa yang dihasilkan (Fridayani, 2006; Pratama dkk., 2018). Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi pengaruh jenis sagu dari empat lokasi berbeda di Papua terhadap kualitas sirup glukosa yang dihasilkan secara enzimatis. Pati sagu yang digunakan dalam kajian ini berasal dari 4 lokasi yaitu Kabupaten Manokwari (Distrik Masni), Kabupaten Teluk Bintuni (Kampung Koawi)

Kabupaten Wasior (Kampung Maimari) dan Kabupaten Serui.

BAHAN DAN METODE

Bahan baku yang akan digunakan dalam penelitian ini terdiri dari: a). Bahan baku sirup glukosa yaitu 4 jenis sagu yang diperoleh dari 4 lokasi asal Papua dan Papua Barat, enzim α -amilase (Termamyl SC 4X, PT. Bioteknika Sukses Abadi, Jakarta) dan enzim amiloglukosidase (DextrozymePeak PT. Bioteknika Sukses Abadi, Jakarta); b). Bahan untuk analisis sifat fisik dan kimia sirup glukosa, antara lain etanol, NaOH, HCl dan aquades.

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini meliputi: a) alat untuk pengolahan sirup glukosa yaitu *waterbath* (Memmert WNB14, Germany), tanur (Furnace Muffle), neraca analitik (WAS 220/C/2 Radwag, Polandia), oven (Memmert type UNB 400, Germany), saringan, desikator dan botol kemasan; dan b). alat untuk analisis fisik dan kimia yaitu: mikroskop polarisasi (Olympus Tipe BH₂, Jepang), mikro pipet, pipet tetes, cawan porselin, dan peralatan gelas lainnya.

Pembuatan Pati Sagu Kering

Pembuatan pati sagu kering, diawal dengan pencucian pati sagu basah (sagu tumang), selanjutnya dilakukan pencucian pati sagu sebanyak 6 kali atau sampai warna air pencucian sampai bening (jernih), kemudian dikeringkan dengan menggunakan oven selama ± 6 jam pada suhu 60°C. Pati sagu yang

telah kering diayak menggunakan ayakan 100 mesh kemudian dikemas.

Optimatisi Tahap Likuifikasi

Proses likuifikasi pati sagu pada tahap ini mengacu pada Akyuni (2004), yang diawali dengan pembuatan suspensi pati sagu asal Manokwari sebagai sampel. Sebanyak 100 g sagu dilarutkan dalam 300 ml air, diaduk sampai homogen kemudian ditambahkan enzim α -amilase sebanyak 100 μ l dan dipanaskan dalam *waterbath* pada suhu 90°C dengan pengadukan menggunakan mikser dengan kecepatan paling rendah selama selama 70 menit. Pengamatan perubahan suspensi pati selama proses likuifikasi dilakukan dengan uji iod setiap 10 menit sampai ke menit ke-70. Suspensi pati yang yang diuji iod telah mengalami perubahan warna menjadi merah kecoklatan, merupakan indikator bahwa pati sudah berubah menjadi dekstrin dan tahap likuifikasi telah tercapai dan pemanasan dihentikan.

Optimatisi Tahap Sakarifikasi

Proses sakarifikasi mengacu pada laporan Akyuni (2004), yang diawali dengan penambahan enzim α -glukoamilase sebanyak 100 μ l dalam larutan dekstrin yang dihasilkan pada tahap likuifikasai, dalam *waterbath* pada suhu 50°C dan dilakukan pengadukan selama 2 jam. Setelah itu dilakukan inkubasi dengan 3 waktu optimasi yaitu 24 jam, 48 jam dan 72 jam pada suhu kamar. Pengamatan terhadap kadar total padatan terlarut (TPT) dilakukan pada setiap waktu optimasi. Tahap terakhir sirup yang dihasilkan diuapkan dengan cara

dimasak pada suhu 90°C selama 30 menit, dan dilakukan pengukuran kadar TPT dan total gula pereduksi dari sirup glukosa yang dihasilkan.

Produksi Sirup Glukosa secara Enzimatis

Proses pembuatan sirup glukosa dari pati sagu dari ke-empat lokasi dilakukan secara enzimatis mengacu pada metode Akyuni (2004) dengan sedikit modifikasi. Modifikasi proses dilakukan pada suhu dan waktu yang dihasilkan pada tahap optimasi likuifikasi dan sakarifikasi .

Tahapan dalam pembuatan sirup glukosa secara enzimatis yaitu pencampuran pati sagu sebanyak 100 g dengan air sebanyak 300 ml. Pencampuran dilakukan di dalam wadah *steinlees steel* sampai larutan homogen sehingga tidak ada terdapat gumpalan. Selanjutnya tahap likuifikasi dengan menambahkan enzim α -amilase sebanyak 100 μ . Proses likuifikasi dilakukan dengan pemanasan pada suhu 90°C selama 50 menit sambil terus diaduk menggunakan mixer agar tidak terdapat gumpalan kemudian proses sakarifikasi dengan menambahkan enzim glukoamilase sebanyak 80 μ pada suhu 50°C lalu larutan diaduk perlahan hingga tercampur merata sampai 2 jam dan diinkubasi selama 24 jam. Proses selanjutnya penguapan (evaporasi) dilakukan pada suhu 90°C selama 30 menit, atau sampai diperoleh 43-45° Brix. Pengemasan sirup glukosa menggunakan botol yang telah disterilkan.

Analisis Fisikokimia Pati Sagu

Karakterisasi fisik pati sagu meliputi warna, aroma, dan bentuk granula pati. Sedangkan untuk karakterisasi kimia pati meliputi kadar air (AOAC, 2005), kadar abu (AOAC, 2005), kadar pati (AOAC, 2005), kadar amilosa (AOAC, 2005), dan derajat asam (AOAC, 2005).

Analisis Fisikokimia Sirup Glukosa

Karakterisasi fisikokimia mutu sirup glukosa berupa warna, aroma, rasa secara visual, rendemen, total padatan terlarut (TPT) menggunakan alat *hand refraktometer* (Apriyantono dkk., 1989), dan total gula pereduksi dengan Metode Luff school (AOAC, 2005).

Analisis Data

Data karakteristik fisik baik dari pati sagu maupun sirup glukosa disajikan dalam bentuk tabel serta gambar dan dibahas secara deskriptif. Sedangkan data rendemen dan

karakteristik kimia dianalisis secara statistik dengan Rancangan Acak Kelompok (RAK), menggunakan sidik ragam (*Analisis of Varians*) pada tingkat kepercayaan 95% dan jika perlakuan berpengaruh nyata, maka akan dilanjutkan dengan pengujian lanjutan menggunakan uji Beda Nyata Terkecil (BNT), menggunakan *Statistical Product and Service Solution* (SPSS) Versi 22.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakteristik Fisik Pati Sagu

Bahan baku yang digunakan dalam pembuatan sirup glukosa adalah pati sagu yang berasal dari 4 lokasi yaitu Teluk Bintuni, Manokwari, Wasior, dan Serui, di Provinsi Papua Barat, yang meliputi warna, aroma dan bentuk granula pati disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Warna, aroma dan bentuk granula pati pati sagu dari Kabupaten Teluk Bintuni, Manokwari, Wasior dan Serui

Sifat Fisik Pati Sagu	Asal Pati Sagu (Kabupaten)			
	Teluk Bintuni	Manokwari	Wasior	Serui
Warna	kecoklatan 	Putih kecoklatan 	Putih 	Putih 
Aroma	Normal (khas sagu)	Normal (khas sagu)	Normal (khas sagu)	Normal (khas sagu)
Bentuk granula	Oval terpotong	Oval terpotong	Oval terpotong	Oval terpotong

Sifat Fisik Pati Sagu	Asal Pati Sagu (Kabupaten)			
	Teluk Bintuni	Manokwari	Wasior	Serui
Granula pati (perbesaran 100x)				

Data pada Tabel 1 menunjukkan bahwa warna dari keempat jenis pati sagu bervariasi, mulai dari putih hingga coklat tua. Pati sagu asal Teluk Bintuni dan Manokwari cenderung memiliki warna yang lebih gelap dibandingkan pati sagu dari daerah lain. Warna gelap pada pati sagu ini diduga disebabkan oleh reaksi pencoklatan enzimatis yang dikatalisis oleh enzim *Latent Polyphenol Oxidase*. Enzim ini mengoksidasi senyawa polifenol menjadi quinon, yang selanjutnya membentuk polimer berwarna coklat (Onsa dkk., 2000). Picauly dkk., (2017) melaporkan bahwa warna kecoklatan pada pati sagu berkorelasi dengan kandungan senyawa fenolik, terutama golongan flavonoid. Selain itu, faktor lain seperti varietas/jenis sagu dan kondisi lingkungan pertumbuhan juga dapat mempengaruhi warna pati sagu yang dihasilkan.

Aroma dari ke-4 pati sagu kering relative sama yaitu normal - khas sagu (Tabel 1). Aroma sagu juga dipengaruhi oleh derajat asam pati sagu. Jika kandungan derajat asam pada pati sagu tinggi, maka aroma yang dihasilkan pada pati sagu menjadi asam.

Pengamatan mikroskopis polarisasi pada perbesaran 100x (Tabel 1) menunjukkan

adanya variasi bentuk granula pati sagu dari ke-empat Kabupaten, namun umumnya berbentuk bulat, lonjong dan oval terpotong. Granula berbentuk oval terpotong cenderung memiliki ukuran yang lebih besar dibandingkan bentuk lainnya. Philips dan Williams (2020) juga melaporkan bahwa granula pati sagu berbentuk oval, ellips, kadang-kadang bulat dan komponen yang besar sering membentuk kerucut dengan ujung yang datar. Menurut Abera dan Rakshit, (2003) bentuk oval terpotong pada pati sagu ini berbeda dengan bentuk granula pati tapioka yang umumnya bulat dan bulat terpotong dengan satu sisi menyerupai drum ketel (Selain perbedaan bentuk, ukuran granula pati sagu juga relatif lebih besar dibandingkan pati tapioka (Hui, 2008). Ukuran granula pati yang besar ini berkontribusi pada kemampuan pati sagu dalam menyerap air saat gelatinisasi, yang pada akhirnya mempengaruhi viskositas pasta pati yang dihasilkan. Polnaya dkk., (2009) melaporkan bahwa ukuran pati sagu yang cukup besar mengakibatkan ikatan hidrogen antar molekul pada rantai yang berdampingan mudah putus selama pemanasan.

Karakteristik Kimia Pati Sagu

Karakteristik kimia pati sagu meliputi kadar air, kadar abu, kadar pati, amilosa,

amilopektin, dan derajat asam dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Sifat kimia pati sagu asal Kabupaten Teluk Bintuni, Manokwari, Wasior, dan Serui

Parameter Sifat Kimia Sagu	Asal Pati Sagu			
	Manokwari	Teluk Bintuni	Wasior	Serui
Kadar air (%)	12,36 ± 0,46 ^a	12,82 ± 0,62 ^a	13,44 ± 1,08 ^b	13,44 ± 1,08 ^b
Kadar abu (%)	0,06 ± 0,02 ^a	0,08 ± 0,18 ^b	0,04 ± 0,16 ^b	0,04 ± 0,16 ^b
Kadar pati (%)	81,49 ± 2,22 ^a	83,71 ± 2,7 ^a	84,19 ± 0,48 ^b	84,19 ± 0,48 ^b
Amilosa (%)	36,80 ± 0,55 ^a	36,25 ± 0,25 ^a	36,55 ± 0,3 ^a	36,55 ± 0,3 ^a
Amilopektin (%)	47,23 ± 0,24 ^a	46,86 ± 0,37 ^a	47,10 ± 0,13 ^a	47,10 ± 0,13 ^a
Derajat asam (ml NaOH 1N/100g)	1,80 ± 0,31 ^a	1,79 ± 0,32 ^a	1,48 ± 0,01 ^a	1,48 ± 0,01 ^a

*Huruf berbeda di belakang angka menunjukkan perbedaan nyata ($P < 0,05$)

Data pada Tabel 2., menunjukkan bahwa kadar air pati sagu dari empat Kabupaten berkisar antara 12,36-13,44 %. Nilai kadar air pati sagu dari Kab. Manokwari dan Kab. Teluk Bintuni sudah memenuhi syarat SNI 01-3279-1995 yaitu maksimal 13%; sedangkan dari Wasior dan Serui lebih tinggi. Hasil kadar air pati sagu dalam penelitian ini relatif sama dengan laporan Polnaya dkk. (2009) yaitu 13,53%. Perbedaan kadar air tersebut dapat dipengaruhi oleh perbedaan asal/sumber sagu atau proses pengolahan ekstraksi patinya. Kadar air paling rendah terdapat pada pati sagu asal Kab. Manokwari (12,36%) tidak berbeda nyata ($P > 0,05$) dengan pati sagu asal Kab. Teluk Bintuni, namun berbeda nyata ($P < 0,05$) dengan pati sagu asal Kab. Wasior dan Serui yang memiliki kadar air tertinggi (13,44%).

Kadar abu dari empat Kabupaten bervariasi berkisar antara 0,04% - 0,08% (Tabel 2). Perbedaan nilai kadar abu disebabkan oleh perbedaan sumber pati sagu, dan proses

pengolahan pati atau metode analisis. Pada proses pengolahan pati dilakukan pencucian berulang dengan air sebelum digunakan untuk perlakuan. Hal ini, dapat menyebabkan terlarutnya mineral oleh air pencuci sehingga kandungan mineralnya berkurang. Selain itu, pada tahapan ekstraksi juga dapat menyebabkan hilangnya mineral karena mineral tersebut dapat ikut terbawa ampas. Hasil pada penelitian ini lebih rendah dari penelitian Fridayani (2006) yang memperoleh kadar abu 0,23%. Data pada Tabel 2 memperlihatkan bahwa kadar abu terendah yaitu 0,04% berasal dari Kab. Wasior dan Kab. Serui tidak berbeda nyata ($P > 0,05$) dengan Kab. Teluk Bintuni yang memiliki kadar abu paling tinggi (0,08%), namun berbeda nyata ($P < 0,05$) dengan pati sagu asal Kab. Manokwari dengan nilai kadar abu sebesar 0,06%.

Kadar pati dari empat Kabupaten berkisar antara 81,49%-84,19% (Tabel 2). Hasil

penelitian ini lebih rendah dari laporan Fridayani (2006) yang memperoleh kadar pati sagu asal Riau sebesar 86,93%. Data pada Tabel 2 menunjukkan bahwa kadar pati paling rendah yaitu 81,49% berasal dari Kab. Manokwari tidak berbeda nyata ($P>0,05$) dengan Kab. Teluk Bintuni (83,71%), namun berbeda nyata ($P<0,05$) dengan pati sagu asal Kab. Wasior (84,19%) dan Kab. Serui (84,19%).

Kadar amilosa dan amilopektin dari empat Kabupaten berkisar antara 36,25% - 36,80% dan 46,86%-47,23% (Tabel 2). Kadar amilosa dan amilopektin dari empat Kabupaten pada penelitian ini tidak berbeda nyata ($P>0,05$) satu sama lain. Data hasil penelitian ini lebih tinggi dari penelitian Nisah (2007) yang memperoleh kadar amilosa sebesar 21,7%, namun memiliki kadar amilopektin yang lebih tinggi yaitu sebesar 62,51%. Tinggi rendahnya amilosa dan amilopektin dapat dipengaruhi oleh jenis, umur panen optimum masing-masing pati sagu, dan kondisi cuaca pada saat panen. Kadar amilosa dan amilopektin dapat mempengaruhi karakteristik pati; lebih lanjut dijelaskan bahwa sifat fungsional pati juga dipengaruhi oleh jenis/varietas, kondisi alam, dan asal tanaman tersebut (Haryanto dan Pangloli, 2013; Santoso dkk., 2021).

Derajat asam dari empat Kabupaten berkisar antara 1,48%-1,80% (Tabel 2), telah

memenuhi syarat SNI 1995 yaitu maksimal 4 (ml NaOH 1N/100g). Margono (2009) melaporkan bahwa semakin besar derajat asam maka tingkat kerusakan pati sagu semakin besar, dikarenakan umumnya keasaman disebabkan oleh berbagai bakteri seperti *Proteus*, *Lactobacillus*, dan *Enterokoki*. Derajat asam dari ke-empat Kabupaten pada penelitian ini tidak berbeda nyata satu sama lain ($P>0,05$).

Optimisasi Proses Pembuatan Sirup Glukosa Secara Enzimatis

Proses pembuatan sirup glukosa secara enzimatis terdiri dari 2 tahap yaitu likuifikasi dan sakarifikasi. Pada proses likuifikasi digunakan enzim α -amilase yang berfungsi memecah ikatan 1,4 glikosidik pada pati, sedangkan ikatan 1,6 glikosidik yang belum terpecah akan dipecah oleh enzim glukamilase pada tahap sakarifikasi.

Penentuan Waktu Proses Likuifikasi

Tahap likuifikasi dimaksud untuk mengubah larutan pati menjadi larutan dekstrin dengan bantuan enzim α -amilase. Pada tahap ini proses optimasi waktu likuifikasi dengan suhu 90°C. selama 70 menit dengan dua metode pengadukan yaitu menggunakan mikser dan diaduk manual menggunakan sendok. Pengujian iod larutan pati dilakukan setiap 10 menit yang datanya disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Uji iod suspense pati sagu selama proses likuifikasi menggunakan enzim α -amilase selama 70 menit.

Waktu Likuifikasi (menit)	Uji Iod	Perubahan Warna Suspense Pati Selama Proses Likuifikasi
40		Biru kehitaman
50		Coklat kemerahan
60		Coklat kemerahan
70		Putih

Data Tabel 3 memperlihatkan bahwa pengujian iod larutan pati pada menit ke-40 menghasilkan warna biru kehitaman, yang menandakan masih mengandung amilosa. Warna biru yang dihasilkan merupakan hasil dari ikatan kompleks antara amilum dengan iodin (Purba, 2009). Selanjutnya pemanasan larutan pati pada menit ke-50 dan ke 60 telah menghasilkan warna coklat kemerahan yang menunjukkan bahwa amilosa telah berubah menjadi dekstrin. Sedangkan pada menit ke-70 larutan pati telah berwarna putih bening, yang menunjukkan bahwa sudah terhidrolisis sempurna. Hal ini juga didukung oleh Purba (2009), yang menyatakan bahwa hasil hidrolisis diuji dengan iodin akan menghasilkan larutan berwarna sampai dengan tidak berwarna atau bening.

Berdasarkan uji iod yang dilakukan waktu proses likuifikasi selama 70 menit dengan suhu 90°C (Tabel 3), maka dalam pembuatan sirup glukosa pada penelitian utama digunakan waktu 50 menit. Hal ini ditentukan karena

pemanasan pada 50 menit sudah cukup untuk memecah larutan pati menjadi larutan dekstrin.

Penentuan Waktu Proses Sakarifikasi

Tahap sakarifikasi dimaksud untuk mengubah larutan dekstrin menjadi gula sederhana dengan bantuan enzim amiloglukosidase. Tahap sakarifikasi memiliki peranan penting dalam menghasilkan kadar gula reduksi untuk memenuhi standar, maka hidrolisis pati menjadi glukosa harus dilakukan secara sempurna terutama pada proses sakarifikasi. Terdapat perbedaan waktu sakarifikasi dalam proses hidrolisis enzim yang dilakukan oleh peneliti sebelumnya. Pratama dkk., (2022) melakukan proses sakarifikasi pada pembuatan gula cair dari pati sagu selama 48 jam. Sedangkan waktu sakarifikasi pada pembuatan gula cair dari pati sagu yang dilakukan oleh Kartika dkk., (2019) ialah hanya 24 jam saja. Dari perbedaan waktu sakarifikasi tersebut, maka dilakukan penelitian lebih lanjut untuk mengetahui waktu optimum dalam proses sakarifikasi. Dalam penelitian ini dilakukan optimasi waktu dimana pati yang telah

terdegradasi menjadi dekstrin kemudian diturunkan suhunya dari 90°C menjadi 50°C. Larutan dekstrin selanjutnya ditambahkan enzim amiloglukosidase (0,08 μ). Proses optimasi sakarifikasi dilakukan dengan dua cara yaitu pengadukan manual dan pengadukan menggunakan mikser, dimana

waktu inkubasi dilakukan mulai dari 24-72 jam dan dilakukan pengukuran total padatan terlarut (TPT) untuk mengetahui seberapa banyak larutan dekstrin berubah menjadi larutan gula sederhana. Hasil optimasi disajikan pada Tabel 4.

Tabel 4. Optimasi sakarifikasi larutan dekstrin pada suhu 50°C

Suhu sakarifikasi (°C)	Cara pengadukan	Lama pengadukan (jam)	Waktu inkubasi (jam)	TPT setelah sakarifikasi (°Brix)
50	Mikser	2	24	40
	Mikser	2	48	50
	Mikser	2	72	64
50	Manual	2	24	30
	Manual	2	48	35
	Manual	2	72	40

Data pada Tabel 4 menunjukkan bahwa proses optimasi sakarifikasi memperlihatkan bahwa pengadukan manual dapat menghasilkan TPT berkisar antara 30-40 °Brix dengan lama inkubasi 24-72 jam. Sedangkan pengadukan menggunakan mikser memperoleh TPT yang lebih tinggi yaitu berkisar 40-64 °Brix. Dengan demikian penggunaan mikser akan lebih cepat memperoleh TPT yang lebih tinggi karena larutan dekstrin lebih cepat kontak langsung dengan enzim.

Berdasarkan data tahap optimasi terbaik yang dipilih adalah inkubasi selama 24 jam dan menggunakan pengadukan manual selama 2 jam karena telah sesuai target dimana TPT-nya sudah mencapai 30-35 °Brix.

Karakteristik Fisik Sirup Glukosa Dari Pati Sagu

Hasil analisis sifat fisik sirup glukosa yang dihasilkan dari pati sagu asal 4 lokasi secara enzimatik meliputi warna, aroma, rasa dan rendemen disajikan pada Tabel 5.

Tabel 5. Sifat fisik sirup glukosa pati sagu asal Kabupaten Teluk Bintuni, Manokwari, Wasior, dan Serui.

Sifat Fisik Sirup Glukosa	Asal Pati Sagu (Kabupaten)			
	Manokwari	Teluk Bintuni	Wasior	Serui
Warna	Coklat tua	Coklat muda	Agak kuning	Kuning
Aroma	Normal	Normal	Normal	Normal

Sifat Fisik Sirup Glukosa	Asal Pati Sagu (Kabupaten)			
	Manokwari	Teluk Bintuni	Wasior	Serui
Rasa	Manis	Manis	Manis	Manis
Rendemen (%)	66,09 ± 0,841a	71,11 ± 0,834b	66,57 ± 2,530a	66,93 ± 2,530a

*Huruf yang berbeda di belakang angka menunjukkan perbedaan nyata ($P < 0,05$)

Data pada Tabel 5. Menunjukkan bahwa warna dari empat jenis sirup glukosa dari pati sagu bervariasi yaitu kuning (Kab. Serui), agak kuning (Kab. Wasior), coklat muda (Kab. Teluk Bintuni), dan coklat tua (Kab. Manokwari). Perbedaan warna sirup glukosa diduga karena pengaruh warna bahan pati sagu kering yang digunakan serta kandungan komponen senyawa organik seperti gula dan protein. Menurut Winarno (2009), protein yang terdapat dalam pati akan bereaksi dengan gula pereduksi melalui reaksi maillard yang menyebabkan terjadinya pencoklatan non enzimatis. Sedangkan aroma dari sirup pati sagu beraroma normal yang menunjukkan bahwa aroma sirup glukosa beraroma khas sagu. Terbentuknya aroma sirup glukosa selama proses evaporasi akan terjadi reaksi maillard dan karamelisasi.

Berdasarkan hasil dari sifat fisik sirup glukosa dari pati sagu, rasa sirup glukosa keempat Kabupaten adalah manis. Hasil pada penelitian ini sudah memenuhi syarat SNI gula pereduksi dari sirup glukosa yaitu sebesar 30%. Semakin tinggi gula pereduksi yang dihasilkan maka rasa yang diperoleh juga akan semakin manis. Winarno (2009), melaporkan bahwa tingginya

kadar gula pereduksi seiring dengan lamanya waktu untuk evaporasi. Besarnya total padatan terlarut juga berbanding lurus dengan kandungan gula pereduksi yang terkandung pada suatu bahan.

Rendemen yang diperoleh dari hasil analisis sifat fisik sirup glukosa dari pati sagu berkisar antara 66,09% - 71,11%. Nilai rendemen dipengaruhi oleh jumlah produk yang terbentuk. Dimana, proses evaporasi sirup glukosa akan membebaskan air yang terdapat pada sirup glukosa yang bukan merupakan komponen bahan kering sirup glukosa (Triyono, 2008). Rendemen paling rendah terdapat pada sirup glukosa pati sagu asal Kab. Manokwari (66,09%) tidak berbeda nyata ($P > 0,05$) dengan sirup glukosa pati sagu asal Kab. Wasior (66,57%) dan Kab. Serui (66,93%), namun berbeda nyata ($P < 0,05$) dengan sirup glukosa pati sagu asal Kab. Teluk Bintuni yang memiliki nilai rendemen paling tinggi yaitu 71,11%.

Karakteristik Sifat Kimia Sirup Glukosa

Karakteristik sifat kimia sirup glukosa dari pati sagu meliputi kadar air, kadar abu, gula pereduksi dan total padatan terlarut (TPT) dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6. Sifat kimia sirup glukosa pati sagu asal Kabupaten Teluk Bintuni, Manokwari, Wasior, dan Serui.

Parameter Sifat Kimia Sirup Glukosa	Asal Pati Sagu (Kabupaten)			
	Manokwari	Teluk Bintuni	Wasior	Serui
Kadar air (%)	12,37 ± 3,13 ^a	18,76 ± 0,98 ^c	15,54 ± 3,26 ^b	15,40 ± 3,26 ^b
Kadar abu (%)	0,06 ± 0,03 ^a	0,05 ± 0,03 ^a	0,05 ± 0,0 ^a	0,05 ± 0,0 ^a
Gula Pereduksi (µg/ml)	53,03 ± 0,056 ^c	49,41 ± 0,021 ^b	47,18 ± 0,04 ^a	47,81 ± 0,04 ^a
Total Padatan Terlarut (°Brix)	69,05 ± 0,07 ^c	53,00 ± 0,00 ^b	51,10 ± 0,14 ^a	60,00 ± 0,14 ^a

*Huruf berbeda dibelakang angka menunjukkan perbedaan nyata ($P < 0,05$)

Data pada Tabel 6 menunjukkan bahwa kadar air sirup glukosa dari pati sagu keempat Kabupaten berkisar antara 12,37 - 18,76%. Nilai kadar air pada penelitian ini sudah memenuhi syarat SNI 2013 yaitu maksimal 20%. Setelah tahap sakarifikasi, larutan sirup glukosa dipanaskan selama 30 menit sehingga kandungan airnya semakin berkurang akibat proses penguapan, dan meningkatkan kadar total padatan terlarut (TPT). Walaupun demikian, kadar air sirup glukosa yang dihasilkan bervariasi; fenomena tersebut diduga berhubungan dengan kandungan pati yang rendah, seperti pada sagu asal Manokwari (Tabel 2), sehingga proses konversi menjadi glukosa (sakarifikasi) lebih cepat, yang menyebabkan proses penguapannya lebih cepat dibandingkan daerah lain. Fitriani (2008) melaporkan bahwa semakin lama waktu pemasakan kadar air akan menurun, menyebabkan penguapan air lebih banyak sehingga kadar air dalam bahan semakin kecil. Data pada Tabel 6 juga memperlihatkan bahwa kadar air paling rendah dijumpai pada sirup glukosa dari sagu Manokwari (12,37%) berbeda nyata ($P < 0,05$) dengan yang berasal dari Teluk Bintuni (yang

memiliki kadar air tertinggi sebesar 18,76%); namun tidak berbeda nyata ($P > 0,05$) dengan sirup glukosa asal sagu Wasior (15,54%) dan Serui (15,40 %).

Kadar abu dari empat Kabupaten berkisar antara 0,05% - 0,06% (Tabel 6). Pada penelitian ini nilai kadar abu sirup glukosa yang diperoleh lebih rendah dibandingkan dengan nilai kadar abu dari Riau pada penelitian Fridayani (2006) dengan nilai kadar abu sebesar 0,27%. Tinggi rendahnya nilai kadar abu berkaitan dengan tinggi rendahnya garam-garam mineral yang terlarut pada pati sagu sumber sirup glukosa (Yuniarti, 2004). Kadar abu dari empat Kabupaten pada penelitian ini tidak berbeda nyata ($P > 0,05$).

Gula pereduksi dari empat Kabupaten berkisar antara 47,18 - 53,03 µg/ml (Tabel 6). Nilai gula pereduksi pada penelitian ini memiliki nilai tertinggi dibandingkan nilai pereduksi sirup glukosa asal Riau yang diperoleh pada penelitian Fridayani (2006) yaitu sebesar 30,50 (µg/ml). Perbedaan nilai pereduksi sirup glukosa dari pati sagu dipengaruhi oleh jenis sagu, asal sagu, dan lokasi tempat pati sagu berasal. Gula pereduksi paling rendah dan tidak berbeda nyata ($P > 0,05$) terdapat pada

sirup glukosa asal Kab. Wasior (47,18 µg/ml) dan Kab. Serui (47,81 µg/ml), sedangkan nilai gula pereduksi paling tinggi dan berbeda nyata ($P < 0,05$) yaitu pada sirup glukosa asal Kab. Manokwari (53,03 µg/ml).

Total Padatan Terlarut (TPT) dari empat Kabupaten berkisar antara 51,10-69,05 °Brix (Tabel 6), berkorelasi dengan kadar air dan kadar gula pereduksinya. Semakin tinggi kadar gula pereduksi sirup glukosa maka semakin tinggi pula TPTnya (Muafi, 2004). Fridayani (2006), menambahkan bahwa karakteristik fisikokimia sirup glukosa dari beberapa wilayah Indonesia bervariasi. TPT paling rendah adalah 51,10 °Brix asal Kab. Hasil pengujian statistik memperlihatkan bahwa TPT sirup glukosa asal Wasior tidak berbeda nyata ($P > 0,05$) dengan asal Serui (60,00 °Brix), namun berbeda nyata dengan asal Manokwari yaitu sebesar 69,05 °Brix.

KESIMPULAN

Karakteristik sifat fisikokimia pati sagu asal empat Kabupaten sudah memenuhi syarat mutu pati sagu SNI (1995) dengan kadar air (12,36- 13,44%), kadar abu (0,04-0,08%), kadar pati (81,49-83,71%), amilosa (36,25-36,80%), amilopektin (46,86-47,23%), dan derajat asam (1,48-1,80 (ml NaOH 1N/100g)). Optimasi waktu proses likuifikasi selama 50 menit pada suhu 90°C, dan sakarifikasi selama 24jam pada suhu 50°C dalam pembuatan sirup glukosa dari pati sagu secara enzimatis.

Sirup glukosa asal empat kabupaten (Manokwari, Teluk Bintuni, Wasior dan Serui) yang dihasilkan secara enzimatis telah

memenuhi SNI (2013) yaitu memiliki warna coklat tua hingga agak kuning, aroma normal, rasa nya manis, dengan rendemen 66,09-71,11%. Sedangkan sifat kimia sirup glukosa meliputi kadar air (12,37-18,76%), kadar abu (0,05-0,06%), gula pereduksi (47,18-53,03 µg/ml) dan TPT (51,1-69 °Brix). Semakin putih pati sagu cenderung menghasilkan warna sirup glukosa yang semakin terang.

UCAPAN TERIMA KASIH

Tim penulis menyampaikan terima kasih kepada Kementrian Pendidikan dan Kebudayaan Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset, dan Teknologi, Republik Indonesia yang telah mendanai penelitian ini melalui Program Kreativitas Mahasiswa (PKM) Riset Eksakta (RE) tahun 2022.

DAFTAR PUSTAKA

- Abera, S. & Rakshit, K. (2003). Comparison of physicochemical and functional properties of cassava starch extracted from fresh root and dry chips. *Journal of Starch/Starke*, 55: 287-296. DOI: 10.1002/star.200390072
- Aboubacar, A. & Hamaker, B. R. (1999). Physicochemical properties of flours that relate to sorghum couscous quality. *Cereal Chemistry*, 76 (2), 308-313.
- Akyuni, D. (2004). Pemanfaatan pati sagu (*Metroxylon sp*) untuk pembuatan sirup glukosa menggunakan α -amilase dan glukamilase. *Universitas Institut Pertanian Bogor*. Bogor
- Apriyantono, A., Fardiaz, D., Puspitasari, S.N., Sendarwati & Budiyanto, S. (1989). Analisis Pangan. Departemen Pendidikan dan Kebudayaan. Pusat Antar Universitas Pangan dan Gizi. *Institut Pertanian Bogor*, Bogor.

- Aryanika, I. W. W., Gumam, I. B. W., & Suhendra, L. (2022). The Effect of Amylase Enzyme Concentration and Hydrolysis Time of Rubber Singkong Rubber (*Manihot Glaziovii* Muell. Arg) Rubber Starch on Total Reducing Sugar Produced. *Jurnal Rekayasa dan Manajemen Agroindustri*, 10(4), 506-512.
- Bintoro, M. H., Purwanto, M. Y. J., & Amarilis. S. (2016). Pengelolaan Sagu. *IPB Press*. Bogor.
- Fridayani, F. (2006). Produksi Sirup Glukosa dari Pati Sagu yang Berasal dari Beberapa Wilayah di Indonesia. Skripsi Sarjana Teknologi Pertanian. *Institut Pertanian Bogor*. Bogor.
- Haryanto, B., & Pangloli, P. (2013). Potensi dan pemanfaatan sagu. *Kanisius*. Yogyakarta.
- Hui, Y.H. (2008). Encyclopedia of Food Science and Technology. John Wiley & Sons, Inc., New York.
- Kartika, B. M., Khojayanti, L., Nuha, Listiana, S., Kusumaningrum, S., & Wijaya, A. F. (2019). Dekstrosa Monohidrat Kualitas Farmasi dari Pati *Manihot esculenta*, *Metroxylon sagu*, *Zea mays*, *Oryza sativa*, dan *Triticum*. *Jurnal Bioteknologi & Biosains Indonesia (JBBi)*, 6(2), 184-197. <https://doi.org/10.29122/jbbi.v6i2.3208>
- Lakuy, H., & Limbongan, L. (2003). Beberapa hasil kajian dan teknologi yang diperlukan untuk pengembangan sagu di provinsi Papua. *Prosiding Seminar Nasional Sagu, Balai Penelitian Tanaman Kelapa dan Palma Lain*. Manado.
- Margono, T. (2009). Buku Panduan Teknologi Pangan. <http://www.ristek.go.id>. Diakses: 16 Juni 2010
- Muafi, K. (2004). Produksi asam asetat kasar dari jerami nangka. *Skripsi Fakultas Teknologi Pertanian. Universitas Brawijaya*. Malang.
- Onsa, G. H., Saari, N.b., Selamat, J. & Bakar, J. (2000). Latent polyphenol oxidases from sago log (*Metroxylon sagu*); partial purification, activation, and some properties. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 48, 5041-5045.
- Phillips, G.O., & Williams, P.A. (2000). Handbook of Hydrocolloids. Woodhead Publishing Limited and CRC Press. Cambridge, England.
- Picauly, P., Damamain, E., & Polnaya, F.J. (2017). Karakteristik fisiko-kimia dan fungsional pati sagu iher termodifikasi dengan heatmoisture treatment. *Jurnal Teknologi dan Industri Pangan*, 28(1), 70-77. <http://dx.doi.org/10.6066/jtip.2017.28.1.70>.
- Polnaya, F.J., Talahatu, J., Haryadi, Marseno, D.W., & Tuhumury, H.C.D. (2008). Karakterisasi Sifat Fisiko-Kimia Beberapa Jenis Pati Sagu (*Metroxylon* sp.). Prosiding Seminar nasional Pengembangan Agroindustri Berbasis Sumberdaya Lokal untuk Mendukung Ketahanan Pangan. Universitas Brawijaya. Malang.
- Pratama, A.J., Bintoro, M.H., Triosoemaningtyas. (2018). Variability and Relationship Analysis of Sago Accessions from Natural Population of Papua Based on Morphological Characters. *SABRAO Journal of Breeding and Genetics*. 50(4), 461-474
- Pratama, A. J., Djoefrie, M. H. B., Budiyanto, A., & Nurulhaq, M. I. (2022). Optimasi Perbandingan Air dan Enzim dalam Proses Pembuatan Gula Cair Sagu Asal Sorong Selatan. *Sains Terapan*, 12(1), 43-53.
- Purba, E. (2009). Hidrolisis pati Ubi Kayu (*Manihot esculenta*) dan pati ubi jalar menjadi glukosa secara Cold process dengan acid Fungal Amilase dan Glukoamilase. *Skripsi Sarjana Fakultas Teknologi Pertanian. Universitas Lampung*. Lampung.
- Santoso, B., Sarungallo, Z.L., Puspita, A.M. (2021). Physicochemical and functional properties of spineless, short-spines, and long-spines sago starch. *Biodiversitas*,

- 22(1), 137-143. DOI: 10.13057/biodiv/d220119.
- Sarungallo, Z.L. and Murtiningrum. (2006). Production and Characterization of Glucose Syrup of Papuan Sago Starch. In: Karaffir Y.P, F.S. Jong and V. E. Fere. (Editors). Sago Palm Development and Utilization. Proceeding of the Eight International Sago Symposium (8ISS) held on August 4-6, 2005 in Jayapura, Papua, Indonesia. *Universitas Negeri Papua Press*, Manokwari. p. 219-224.
- Standar Nasional Indonesia (SNI). (2013). Pati Sagu. SNI 3544:2013. Pusat Standardisasi Industri. *Departemen Perindustrian*. Jakarta
- Tethool, E.F., Santoso B., & Puspita, A. M. (2019). Teknologi Pengolahan Ubi-Ubian dan Sagu. *Penerbit Deepublish*. Yogyakarta
- Triyono, A. (2008). Karakteristik Gula Glukosa Dari Hasil Hasil Hidrolisa Pati ubi jalar dalam upaya Pemanfaatan Pati Umbi-umbian. *Jurnal Pangan*, 4 (1), 21-27.
- Winarno, F.G. (2009). Kimia Pangan. *PT Gramedia*. Jakarta.
- Yuniarti, Y. (2004). Pengaruh suhu dan pH bufer asetat terhadap hidrolisa CMColeh enzim selulase dari ekstrak *Aspergillus niger* dalam media campuran onggok dan dedak. *Jurnal Sains Kimia*, 8(2), 35-37.