

Perbedaan Lama Sakarifikasi dan Konsentrasi Substrat Pada Pembuatan Gula Cair Dari Pisang Tanduk

Ayu Wiji Lestari^{1*}, Iffah Muflihati¹, Nurul Putri Mariska¹, Cerly Nurlita Anggraeni¹, Vicha Fitriyana¹, Fafa Nurdyansyah¹, dan Arief Rakhman Affandi¹

¹Program Studi Teknologi Pangan, Universitas PGRI Semarang, Semarang, Indonesia

ABSTRAK

Gula cair banyak dipilih oleh industri makanan dan minuman karena kelebihanannya yang tidak mudah mengkristal, lebih praktis, dan mudah dilarutkan, serta dapat mempercantik tampilan produk seperti pada industri roti. Pisang, khususnya pisang tanduk, dengan kandungan karbohidrat dan pati yang tinggi memiliki potensi yang besar untuk dikembangkan menjadi gula cair melalui proses hidrolisis enzimatis dengan menggunakan enzim α -amilase dan glukoamilase. Tujuan penelitian ini yaitu untuk mengkaji pengaruh kondisi proses konsentrasi substrat dan lama proses sakarifikasi untuk pembuatan gula cair dari pisang tanduk dengan menggunakan metode enzimatis dengan penambahan enzim glukoamilase saat proses sakarifikasi. Penelitian ini dilakukan dengan metode Rancangan Acak Lengkap (RAL) model faktorial dengan 2 faktor. Faktor pertama adalah waktu sakarifikasi (6 jam dan 8 jam) dan faktor kedua adalah konsentrasi substrat (15%, 20% dan 25%). Penggunaan waktu sakarifikasi dan jumlah konsentrasi substrat berpengaruh secara signifikan terhadap viskositas, kadar abu, dan intensitas warna. Perlakuan terbaik adalah waktu sakarifikasi selama 8 jam dan konsentrasi substrat pati 25% (b/v) yang menghasilkan nilai viskositas sebesar 41,50 mPa.s, nilai kadar abu 0,35%, dan nilai L*, a*, dan b* berturut-turut sebesar 47,27±0,12cd, 0,30±0,03a, dan 2,25±0,03b.

Kata kunci: Gula Cair; Pisang Tanduk; Pati; Enzim; Sakarifikasi; Likuiifikasi

ABSTRACT

Liquid sugar is widely chosen by the food and beverage industry due to its advantages of not crystallizing easily, being more practical, and easy to dissolve, and can enhance the appearance of products such as in the bakery industry. Bananas, especially horn bananas, with high carbohydrate and starch content have great potential to be developed into liquid sugar through enzymatic hydrolysis process using α -amylase and glucoamylase enzymes. The purpose of this study was to examine the effect of substrate concentration and saccharification process conditions for the production of liquid sugar from horn bananas using enzymatic methods with the addition of glucoamylase enzymes during the saccharification process. This research was conducted using the method of Completely Randomized Design (CRD) factorial model with 2 factors. The first factor was saccharification time (6 hours and 8 hours) and the second factor was substrate concentration (15%, 20% and 25%). The use of saccharification time and the amount of substrate concentration significantly affected viscosity, ash content, and color intensity. The best treatment was saccharification time of 8 hours and starch substrate concentration of 25% (b/v) which resulted in a viscosity value of 41.50 mPa.s, ash content value of 0.35%, and L*, a*, and b* values of 47.27±0.12cd, 0.30±0.03a, and 2.25±0.03b, respectively.

Keywords: Liquid Sugar; Tanduk Banana; Starch; Enzymes; Saccharification; Liquefaction

Received: 18-09-2024, Accepted: 15-06-2025, Online: 13-10-2025

PENDAHULUAN

Konsumsi gula yang terus meningkat seiring dengan pertambahan jumlah penduduk serta pesatnya perkembangan industri yang menggunakan gula sebagai bahan baku, telah mendorong tingginya permintaan gula. Untuk memenuhi kebutuhan yang semakin besar ini, banyak negara sangat bergantung pada impor gula (Pujitiasih *et al.*, 2014). Sumber daya alam nabati Indonesia khususnya tanaman yang mengandung pati menjadi prospek substitusi yang

*Corresponding author:
ayu20690019@upgris.ac.id

baik dalam pembuatan gula cair untuk menekan pasokan gula impor (Hidayah *et al.*, 2021). Menurut Akbar (2022) gula dari pati lebih populer dibandingkan gula sintesis karena memiliki tingkat kemanisan yang setara atau bahkan lebih tinggi dibandingkan sukrosa, serta lebih aman untuk dikonsumsi.

Gula berbasis pati (SBS) yang diproduksi dari tanaman dengan kandungan pati menjadi pemanis terbesar kedua di dunia. Gula berbasis pati ini biasanya berupa cairan kental yang terdiri dari larutan gula terlarut dan tidak membentuk kristal (Ünlü dan Soysal, 2017). Bahan pangan dengan sumber karbohidrat yang potensial untuk pengganti tebu adalah buah pisang dengan produksi di Indonesia yang semakin meningkat setiap dekadanya. Berdasarkan Badan Pusat Statistik bahwa produksi buah pisang pada tahun 2022 mencapai 92.454.270 kuintal yang lebih besar dibandingkan dengan komoditas lainnya. Pisang (*Musaceae*) merupakan sumber energi yang kaya akan karbohidrat, dengan kandungan sebesar 22-32% dari berat daging buah. Selain itu, daging pisang kaya akan vitamin A, B6, dan C serta mineral, terutama kalium, magnesium, fosfor, dan folat (Adebayo-Oyetoro *et al.*, 2015). Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan oleh Putri *et al.* (2015) uji kadar gula yang dilakukan pada beberapa jenis pisang, dinyatakan bahwa pisang kapas memiliki persentase karbohidrat tertinggi yaitu 29,74%. Temuan ini menunjukkan bahwa pisang kapas memiliki rasa yang sangat manis, kemudian urutan jenis pisang lain yang memiliki kadar karbohidrat tertinggi setelah pisang kapas secara berturut-turut ialah pisang raja dengan kadar 28,95%, pisang tanduk dengan kadar 27,94%, pisang lempeneng dengan kadar 25,68%, pisang emas dengan kadar 24,38%, pisang Raja Siem dengan kadar 23,66%, dan pisang ambon lumut dengan kadar 22,05%.

Pisang tanduk tergolong pisang yang perlu diolah sebelum dikonsumsi (plantain) dan merupakan sumber karbohidrat yang mempunyai potensi ekonomi tinggi, sehingga dapat meningkatkan pendapatan petani (Nurfazizah *et al.*, 2019). Pisang tanduk memiliki ukuran yang lebih besar dan panjang dibandingkan dengan jenis pisang lainnya (Mala *et al.*, 2020). Berdasarkan penelitian Yuniwati *et al.* (2011) bahwa hidrolisis pati pisang tanduk dengan metode asam berupa katalisator HCl menghasilkan glukosa. Menurut Salsabila dan Fahrurroji (2021) proses hidrolisis dengan menggunakan enzim mempunyai keunggulan dibandingkan hidrolisis dengan menggunakan asam. Oleh karena itu dengan banyaknya kandungan pati dalam pisang tanduk mentah dapat digunakan sebagai salah satu alternatif pembuatan gula cair dengan metode enzimatik dengan perbedaan lama sakarifikasi dan konsentrasi substrat serta untuk mengetahui fisikokimia gula cair yang dihasilkan.

METODE PENELITIAN

Tempat dan Waktu Pelaksanaan

Penelitian ini dilakukan pada dua laboratorium di Universitas PGRI Semarang, yaitu Laboratorium Rekayasa dan Proses Pengolahan Pangan dan Laboratorium Kimia dan Biokimia Pangan. Penelitian ini berlangsung selama 8 bulan yang di mulai dari Agustus 2023 hingga Juni 2024.

Alat

Alat yang digunakan dalam penelitian ini yaitu *waterbath shaker* (Memmert), *hot plate* (IKA C-MAG HS 7), colorimeter CR 300 (FRU, Jepang), neraca analitik (Shimasuzu made in Japan), oven (Memmert IN 55 cap. 53L), tanur (Thermoscientific), *cabinet dryer*, blender (Miyako), desikator (Ukuran D=30 ceramic plate), ayakan 80 mesh, pompa vakum, timbangan digital, pH meter, thermometer, kertas saring, alat gelas (IWAKI) seperti labu Erlenmeyer, corong kaca, tabung reaksi, gelas beaker, pengaduk kaca, gelas ukur, dan pipet tetes.

Bahan

Bahan utama yang digunakan yaitu pisang tanduk berwarna hijau tua dengan umur panen 3-4 bulan yang diperoleh dari petani di Kudus, aquades, α -amilase (*Liquozyme Supra* produksi *Novozyme*, konsentrasi unit 330 KNU/g, Density 1,247g/ml), enzim glukamilase (*Dextrozyme produksi Novozyme*, konsentrasi unit 293 KNU/g, Density 1,155 g/ml), CaCl_2 , buffer asetat dan buffer fosfat.

Rancangan Percobaan

Penelitian ini dirancang dengan menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) model faktorial dengan 2 faktor. Faktor pertama adalah lama waktu sakarifikasi (6 jam dan 8 jam) dan faktor kedua adalah konsentrasi substrat (15%, 20% dan 25%), sehingga pada percobaan ini terdapat 6 taraf perlakuan. Setiap perlakuan dilakukan pengulangan sebanyak 3 kali, sehingga akan didapat 18 kali percobaan.

Tahapan Penelitian

Pembuatan Pati Pisang (Musita, 2012)

Pencucian dan sortasi pisang tanduk terlebih dahulu merupakan langkah awal pembuatan pati. Pencucian pisang tanduk menggunakan air bersih yang mengalir kemudian dilakukan pengecilan ukuran dengan memotong pisang menjadi beberapa bagian. Penimbangan dan penghalusan potongan pisang tanduk dengan blender menggunakan perbandingan buah pisang dan air 1:1 (b/v). Penyaringan dilakukan menggunakan kain saring untuk memisahkan pati dari jaringan. Ampas pati hasil penyaringan ditambahkan dengan aquades menggunakan perbandingan 1:1 (b/v), selanjutnya diremas dan disaring kembali. Proses penyaringan dilakukan berulang-ulang tergantung banyak tidaknya pati hingga hasil saringan tampak jernih. Lakukan pengendapan pati selama 12 jam. Setelah endapan terbentuk, air bening yang muncul di atasnya dibuang dengan hati-hati untuk mencegah kehilangan pati. Hasil endapan kemudian disaring dan dikeringkan menggunakan *cabinet dryer*. Setelah endapan pati kering kemudian dihaluskan menggunakan blender dan diayak menggunakan ayakan 80 mesh.

Pembuatan Gula Cair Secara Enzimatis (Akbar, 2022)

Pati pisang tanduk dilakukan proses gelatinisasi pati dengan menggunakan *hot plate*. Terdapat tiga jenis konsentrasi substrat pati pisang tanduk yang berbeda yaitu dengan penambahan aquades hingga diperoleh konsentrasi masing-masing 15%, 20%, dan 25% (sebagai faktor 2) kemudian dimasukkan ke dalam gelas beaker. Pati pisang tanduk dilakukan proses gelatinisasi pada suhu 75 °C di atas *hot plate* selama 20 menit dan dilakukan pengadukan menggunakan *magnetic stirrer*. Proses selanjutnya yaitu likuifikasi, merupakan salah satu proses hidrolisis pati yang tergelatinisasi dengan penambahan α -amilase 0,9% (v/v) dan penambahan CaCl_2 0,1% kemudian diinkubasi dalam *waterbath shaker* yang dikontrol pada pH 6,5 (dengan penambahan buffer fosfat pH 6.5) dan suhu 90 °C diikuti dengan pengadukan aktif kecepatan 100rpm dalam *waterbath* selama 90 menit (Akbar, 2022). Selanjutnya yaitu tahapan sakarifikasi, setiap masing-masing sampel dilakukan pengecekan pH dengan rata-rata pH menjadi asam sekitar (pH 4,9-5,0). Buffer asetat kemudian ditambahkan selama sakarifikasi hingga pH menjadi 4,5. Selanjutnya ditambahkan 1,5% (v/v) enzim glukamilase. Kemudian letakkan kembali di dalam *shaker* penangas air yang diatur pada suhu 60°C dengan agitasi aktif dengan kecepatan 100rpm. Sakarifikasi dilakukan selama 6 jam dan 8 jam (sebagai faktor 1). Setelah proses sakarifikasi selesai, filtrat diperoleh dengan penyaringan menggunakan pompa vakum dengan kertas saring. Filtrat kemudian diuapkan dalam penangas air pada suhu 60 °C selama 24 jam untuk mendapatkan gula cair glukosa.

Analisis Sampel

1. Viskositas, Uji Kekentalan Menggunakan Viscometer
2. Kadar Abu (AOAC, 2005)
3. Intensitas Warna Menggunakan Colorimeter

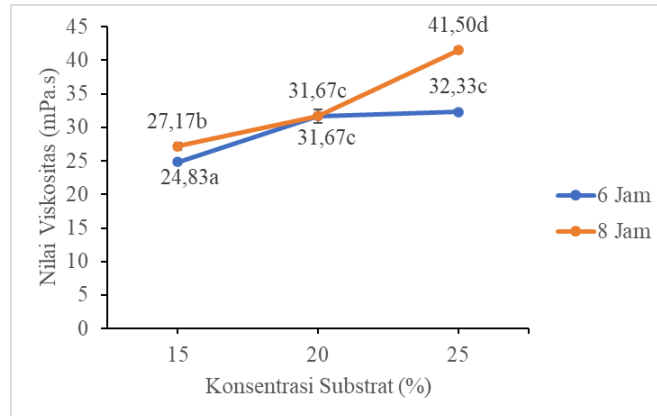
Analisis Data

Data yang diperoleh kemudian dianalisis menggunakan metode *Analysis of Variance* (ANOVA) untuk mengevaluasi apakah terdapat interaksi dan perbedaan yang signifikan antara setiap perlakuan. Jika terdapat perbedaan yang signifikan, dilakukan uji lanjutan menggunakan metode DMRT (*Duncan Multiple Range Test*) pada tingkat signifikansi 5% untuk menentukan perbedaan yang nyata antara perlakuan-perlakuan tersebut. Analisis data dilakukan dengan menggunakan software Excel dan SPSS 22.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Uji Kekentalan

Viskositas merupakan kekentalan atau keenceran suatu zat cair. Cairan yang mengalir dengan mudah memiliki viskositas rendah, sedangkan cairan dengan kekentalan tinggi memiliki viskositas tinggi (Putri *et al.*, 2024). Berikut merupakan hasil analisis viskositas pada gula cair pisang tanduk disajikan pada Gambar 1.



Gambar 1. Hasil Analisis Viskositas Gula Cair Pisang Tanduk (mPa.s)

Notasi huruf yang berbeda menunjukkan perbedaan nyata pada taraf signifikansi (α) 5% berdasarkan uji Duncan's Multiple Range Test (DMRT).

Berdasarkan Gambar 1 hasil penelitian menunjukkan bahwa viskositas gula cair pisang tanduk mengalami peningkatan yang signifikan seiring dengan bertambahnya lama sakarifikasi, serta terdapat perbedaan yang signifikan pada viskositas akibat penambahan konsentrasi substrat. Hal ini menunjukkan bahwa kedua faktor tersebut secara nyata mempengaruhi karakteristik fisik gula cair yang dihasilkan. Semakin banyaknya konsentrasi substrat yang ditambahkan akan menghasilkan nilai viskositas yang semakin tinggi. Menurut Nguyen *et al.* (2021) Peningkatan konsentrasi substrat menyebabkan peningkatan nilai viskositas.

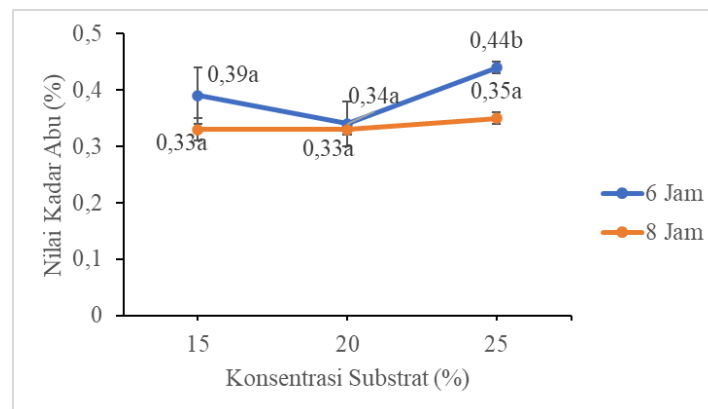
Viskositas gula cair yang dihasilkan melalui metode hidrolisis enzimatis dipengaruhi oleh beberapa faktor, termasuk lama sakarifikasi dan konsentrasi substrat. Semakin lamanya waktu sakarifikasi maka membuat air yang terdapat dalam produk semakin berkurang (*evaporation*) sehingga dapat meningkatkan kekentalan pada gula cair pisang tanduk. Viskositas atau kekentalan gula cair dipengaruhi oleh konsentrasi air di dalamnya. Viskositas gula cair akan meningkat ketika kadar air menurun, menghasilkan produk gula cair yang lebih kental. Glukosa cair memiliki nilai viskositas yang tinggi, sehingga membuatnya lebih kental (Hamnasia *et al.*, 2023). Menurut Natori *et al.* (2022) gula reduksi memiliki kemampuan yang tinggi dalam menyerap air karena sifatnya yang hidrofilik. Seiring dengan meningkatnya kadar gula reduksi, kemampuan untuk menyerap air juga bertambah, yang pada gilirannya dapat mengurangi kadar air dalam larutan dan menyebabkan peningkatan viskositas. Selain itu, semakin banyaknya substrat yang ditambahkan akan membuat produk semakin terisi oleh padatan terlarut dari hasil pati yang terhidrolisis selain gula pereduksi. Beberapa komponen yang terdapat dalam larutan mencakup gula pereduksi, dan protein serta senyawa amilosa dan amilopektin yang tidak terhidrolisis juga mempengaruhi viskositas.

Menurut Natori *et al.* (2022) interaksi antara lama sakarifikasi dan konsentrasi substrat juga mempengaruhi viskositas gula cair, 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. Menurut Parwiyanti *et al.* (2011) bahwa waktu hidrolisis enzimatis berpengaruh nyata terhadap viskositas gula cair yang dihasilkan, sedangkan jumlah penggunaan enzim α -amilase dan interaksi keduanya berpengaruh tidak nyata. Semakin lamanya waktu hidrolisis enzimatis akan semakin banyak molekul gula sederhana yang terbentuk akibat proses hidrolisis, sehingga akan menghasilkan total padatan terlarut yang semakin banyak pula.

Penelitian ini memiliki nilai viskositas yang cenderung kecil karena sampel dari gula cair pisang tanduk ini masih sangat cair, namun masih dapat terbaca oleh alat viscometer NDJ-8S. Berdasarkan penelitian yang dilakukan Nattaya *et al.* (2022) bahwa hasil pengukuran viskositas tidak dapat terbaca oleh alat viscometer dikarenakan sampel gula cair yang dihasilkan terlalu cair, dengan dilakukan penguapan yang semakin lama akan menghasilkan kenaikan viskositas, karena air yang menguap akan semakin banyak dan total padatan terlarut akan semakin meningkat. Penguapan yang dilakukan 15 menit mempengaruhi viskositas yang dihasilkan.

Uji Kadar Abu

Kadar abu menunjukkan jumlah total bahan anorganik atau mineral yang terkandung dalam suatu bahan makanan (Smith *et al.*, 2023). Kadar abu yang tinggi menunjukkan kandungan mineral yang lebih banyak dalam bahan makanan tersebut. Pengukuran kadar abu memiliki berbagai kegunaan, seperti menilai kualitas proses pengolahan makanan, mengidentifikasi bahan-bahan yang digunakan dalam pengolahan, serta menentukan nilai gizi dari bahan makanan tersebut (Manfaati *et al.*, 2019). Tujuan pengujian kadar abu adalah untuk menilai kualitas bahan pangan yang diuji. Jika bahan pangan menunjukkan kadar abu yang tinggi, bahan tersebut dianggap kurang layak untuk dikonsumsi (Putri *et al.*, 2020). Berdasarkan Standar Nasional Indonesia SNI No. 01-2978-1992 kandungan kadar abu pada sirup glukosa maksimal 1%. Hasil analisis kadar abu gula cair pisang tanduk disajikan pada Gambar 2.



Gambar 2. Hasil Analisis Kadar Abu Gula Cair Pisang Tanduk (%)

Notasi huruf yang berbeda menunjukkan perbedaan nyata pada taraf signifikansi (α) 5% berdasarkan uji Duncan's Multiple Range Test (DMRT).

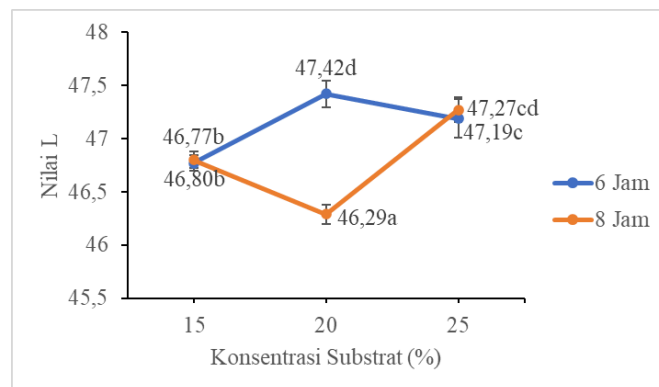
Berdasarkan Gambar 2 hasil analisis kadar abu gula cair pisang tanduk dengan perlakuan lama sakarifikasi 6 dan 8 jam dan banyaknya konsentrasi substrat 15%, 20% dan 25% menunjukkan hasil yang cenderung tidak berbeda nyata. Berdasarkan hasil pengukuran menunjukkan bahwa semua perlakuan memiliki nilai kadar abu dibawah 1% memenuhi Standar Nasional Indonesia SNI No. 01-2978-1992 sehingga cukup aman untuk dikonsumsi dan berkualitas baik. Hasil pengukuran dapat dilihat pada Gambar 2 bahwa perlakuan lama sakarifikasi 6 jam dan konsentrasi substrat 25% berbeda nyata dengan perlakuan lainnya. Hal tersebut dapat disebabkan banyaknya konsentrasi substrat yang dapat terhidrolisis oleh enzim sehingga menghasilkan mineral yang lebih banyak.

Nilai kadar abu pada lama sakarifikasi selama 6 jam memiliki nilai yang relatif lebih tinggi dibandingkan dengan lama waktu sakarifikasi 8 jam. Hal tersebut sesuai dengan penelitian Herlina *et al.*, (2016) pembuatan tepung glukomanan dari umbi gembili menunjukkan bahwa kadar abu terendah diperoleh pada perlakuan dengan konsentrasi enzim α -amilase 0,8 U/g dan waktu hidrolisis 3 jam, yaitu sebesar 3,05%. Sebaliknya, kadar abu tertinggi ditemukan pada perlakuan dengan konsentrasi enzim α -amilase 0,4 U/g dan waktu hidrolisis 1 jam, yaitu sebesar 3,23%. Semakin lamanya waktu hidrolisis, hasil kadar abu semakin rendah. Menurut Herlina *et al.*, (2016) rendahnya kadar abu diduga disebabkan oleh sifat mineral dalam tepung glukomanan yang bersifat polar dan non-polar. Konsentrasi pati dalam serbuk glukosa tidak

berpengaruh langsung terhadap kadar abu (Az'zahrah *et al.*, 2024). Menurut Lumoindong dan Mamuaja, (2016) semakin banyak molekul sederhana (gula reduksi) atau bahan organik yang dihasilkan, sehingga kadar abu gula cair semakin meningkat. Berdasarkan penelitian ini semakin meningkatnya konsentrasi substrat yang ditambahkan akan berpengaruh pada peningkatan padatan terlarut pada gula cair pisang tanduk. Sedangkan, Kadar abu adalah salah satu komponen dari total padatan terlarut. Berdasarkan penelitian Rodríguez-Ambríz *et al.* (2008) kadar abu pada tepung pisang mentah yaitu 4,70%. Hasil pada penelitian ini hanya memiliki nilai kadar abu yang kurang dari 1%. Pati tidak mengandung mineral. Umumnya, pati terdiri dari 15% - 30% amilosa, 70% - 85% amilopektin, dan 5% - 10% bahan antara, yang bervariasi tergantung pada sifat botani dari sumber pati tersebut (Adrian *et al.*, 2020).

Intensitas Warna

Warna adalah penentu kualitas produk yang paling signifikan (Arif *et al.*, 2019). Warna dapat diukur dari tingkat L (kecerahan), dan skema warna berdasarkan nilai a dan b menggunakan alat colorimeter. Parameter analisis warna pada sistem menunjukkan kecerahan L* (*Lightness*), a* (hijau-merah) dan b* (biru-kuning) (Dewi *et al.*, 2017). Parameter L* memiliki rentang nilai dari 0 (hitam) hingga 100 (putih). Hasil analisis intensitas warna pada gula cair pisang tanduk disajikan pada Gambar 3.



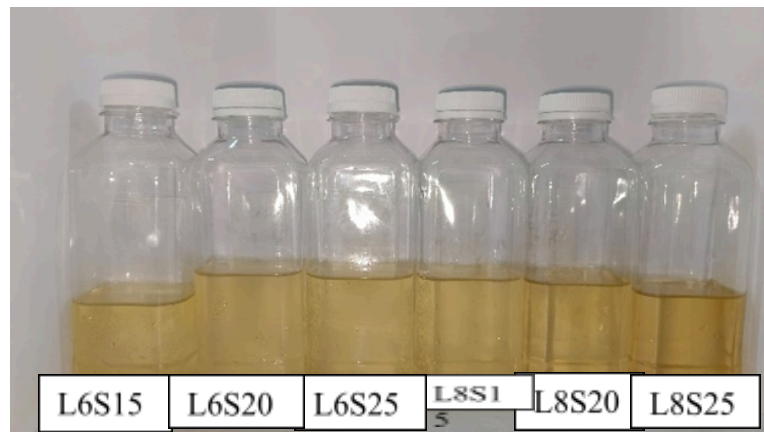
Gambar 3 Hasil Analisis Intensitas Warna Nilai L* Gula Cair Pisang Tanduk
Notasi huruf yang berbeda menunjukkan perbedaan nyata pada taraf signifikansi (α) 5% berdasarkan uji Duncan's Multiple Range Test (DMRT).

Berdasarkan Gambar 3 hasil analisis intensitas warna nilai L* gula cair pisang tanduk dengan perlakuan lama sakarifikasi 6 dan 8 jam dan banyaknya konsentrasi substrat 15%, 20% dan 25% menunjukkan nilai kecerahan di bawah 50. Derajat nilai L* menunjukkan kecerahan produk. Semakin mendekati nilai 100, warna semakin cerah, sedangkan mendekati nilai 0, warna semakin gelap (Nugraha *et al.*, 2021). Berdasarkan Gambar 3 pada nilai L* memiliki nilai terendah terdapat pada perlakuan lama sakarifikasi 8 jam dan konsentrasi substrat 20% sebesar L* 46,29, sedangkan hasil nilai L tertinggi terdapat pada perlakuan lama sakarifikasi 6 jam dan konsentrasi substrat 20% sebesar L* 47,42.

Berdasarkan Gambar 3 hasil nilai L* gula cair pisang tanduk menunjukkan peningkatan nilai L* secara signifikan pada banyaknya konsentrasi substrat. Semakin banyaknya konsentrasi substrat yang ditambahkan akan menghasilkan nilai L* yang semakin tinggi, namun, cenderung tidak ada perbedaan yang signifikan pada lamanya sakarifikasi. Berdasarkan penelitian Pap *et al.*, (2020) proses enzimatis tidak berpengaruh pada warna serta menghasilkan tingkat kecerahan yang semakin tinggi akibat proses penghilangan lemak. Semakin lamanya sakarifikasi menyebabkan kecerahan produk cenderung menurun (gelap) pada sakarifikasi 8 jam. Hal tersebut disebabkan oleh banyaknya substrat yang mampu dihidrolisis oleh enzim dalam waktu yang lebih lama memberikan hasil padatan terlarut yang semakin meningkat dan menyebabkan kekeruhan pada gula cair, warna akan produk semakin lebih pekat. Berdasarkan penelitian Herlina *et al.*, (2016) pembuatan tepung glukomanan dari umbi gembili dengan pengaruh konsentrasi enzim dan durasi hidrolisis terhadap kecerahan menunjukkan nilai terendah pada perlakuan dengan konsentrasi enzim α -amilase 1,2 U/g selama 3 jam yaitu,

sebesar 56,19. Peningkatan konsentrasi enzim α -amilase dan durasi hidrolisis cenderung menurunkan tingkat kecerahan tepung glukomanan yang dihasilkan. Penurunan kecerahan ini kemungkinan disebabkan oleh terjadinya proses pencoklatan, seperti reaksi *Maillard*.

Adanya penurunan nilai L^* menunjukkan bahwa warna produk menjadi gelap (Pratama *et al.*, 2019). Menurut SNI I 01-2978-1992 sirup glukosa tidak berwarna tetapi bening. Gula cair yang dihasilkan dalam penelitian ini memiliki warna kekuningan karena setelah proses sakarifikasi, tidak dilakukan pemurnian menggunakan bahan tambahan lainnya, melainkan hanya disaring menggunakan kertas saring dan diuapkan sehingga masih terdapat partikel-partikel kecil pada gula cair. Suhu evaporasi yang terlalu tinggi akan berpengaruh pada warna gula cair karena terjadi reaksi *browning maillard* yang menghasilkan pigmen warna cokelat (Wilberta *et al.*, 2021). Gula cair pisang tanduk yang dihasilkan penelitian ini pada masing-masing perlakuan memiliki hasil intensitas warna yang hampir sama secara visual. Kenampakan warna gula cair pisang tanduk dapat di lihat pada Gambar 4.



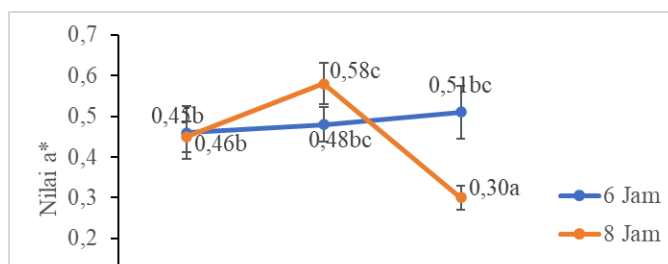
Gambar 4. Kenampakan Warna Gula Cair Pisang Tanduk

Keterangan:

- L6S15 : Lama sakarifikasi 6 jam dan Konsentrasi substrat 15%
- L6S20 : Lama sakarifikasi 6 jam dan konsentrasi substrat 20%
- L6S25 : Lama sakarifikasi 6 jam dan Konsentrasi substrat 25%
- L8S15 : Lama sakarifikasi 8 jam dan Konsentrasi substrat 15%
- L8S20 : Lama sakarifikasi 8 jam dan Konsentrasi substrat 20%
- L8S25 : Lama sakarifikasi 8 jam dan Konsentrasi substrat 25%

Nilai a^*

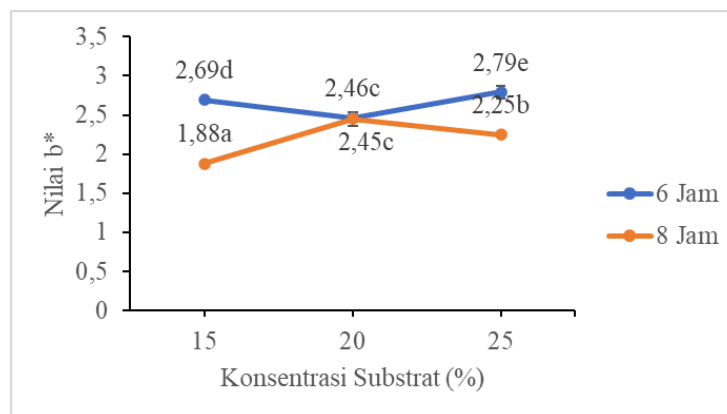
Nilai a^* (tingkat kemerahan) merupakan nilai warna yang menampilkan warna merah-ungu dan biru-hijau pada produk. Notasi a^* dinyatakan dengan warna kromatik campuran merah hijau dengan nilai a (positif) dari 0 sampai 100 untuk warna merah. $-a$ (negatif) dari 0 sampai -80 untuk warna hijau. Hasil analisis warna (a^*) gula cair pisang tanduk disajikan pada gambar 5. Hasil nilai a^* terendah terdapat pada perlakuan lama sakarifikasi 8 jam dan banyaknya konsentrasi substrat 25% sebesar 0,30, sedangkan hasil nilai a^* tertinggi terdapat pada perlakuan lama sakarifikasi 8 jam dan banyaknya konsentrasi substrat 20% sebesar 0.58%. Secara visual warna gula cair yang dihasilkan yaitu kuning kecokelatan. Berdasarkan gambar 5. pada nilai a^* menunjukkan nilai rata-rata tingkat kemerahan a^* cenderung terdapat perbedaan yang nyata pada konsentrasi substrat yang digunakan. Begitu pula dengan lama sakarifikasi yang cenderung tidak berbeda nyata. Semua hasil nilai a^* menunjukkan angka yang positif tidak lebih dari 1, maka semua sampel gula cair pisang tanduk memiliki kecenderungan warna kemerahan.



Gambar 5. Hasil Analisis Intensitas Warna Nilai a* Gula Cair Pisang Tanduk
Notasi huruf yang berbeda menunjukkan perbedaan nyata pada taraf signifikansi (α) 5% berdasarkan uji Duncan's Multiple Range Test (DMRT).

Nilai b*

Nilai b* (tingkat kekuningan) merupakan parameter yang menunjukkan warna kuning-biru pada produk. Hasil analisis warna (b*) Gula cair pisang tanduk disajikan pada Tabel 4.10



Gambar 6. Hasil Analisis Intensitas Warna Nilai b* Gula Cair Pisang Tanduk
Notasi huruf yang berbeda menunjukkan perbedaan nyata pada taraf signifikansi (α) 5% berdasarkan uji Duncan's Multiple Range Test (DMRT).

Berdasarkan Gambar 6, nilai b* memiliki nilai rata-rata 1,88-2,79. Nilai terendah terdapat pada perlakuan lama sakarifikasi 8 jam dan konsentrasi substrat 15% yaitu 1,88 sedangkan hasil nilai b* tertinggi terdapat pada perlakuan lama sakarifikasi 6 jam dan konsentrasi substrat 25% sebesar 2,79. Berdasarkan Tabel 4.3 hasil analisis intensitas warna nilai b* gula cair pisang tanduk dengan perlakuan lama sakarifikasi 6 dan 8 jam dan banyaknya konsentrasi substrat 15%, 20% dan 25% menunjukkan perbedaan yang nyata pada konsentrasi substrat dan cenderung terdapat perbedaan yang nyata pada lama sakarifikasi. Warna merupakan penentu kualitas produk yang paling signifikan. Seluruh gula cair yang dihasilkan berwarna kekuningan karena bernilai positif. Menurut Triyono, (2008) notasi b* menunjukkan warna kromatik campuran biru-kuning, dengan nilai b (positif) berkisar antara 0 hingga 70 untuk warna kuning dan nilai -b (negatif) berkisar antara 0 hingga 70 untuk warna biru. Warna kekuningan pada produk disebabkan adanya kandungan gula pereduksi pada produk. Berdasarkan penelitian Arif *et al.* (2019) warna kuning pada gula cair dari pati sorgum manis disebabkan oleh kandungan proteinnya yang tinggi. Protein yang terkandung didalam gula menyebabkan reaksi *maillard* karena bereaksi dengan gula reduksi sehingga memungkinkan terjadinya pencoklatan karena reaksi non-enzimatis.

Menurut Dewi *et al.* (2017) Karamelisasi juga dapat menyebabkan warna menjadi kuning. Sirup glukosa di pasaran memiliki warna lebih kuning. Terbentuknya warna kuning pada gula cair dapat disebabkan oleh adanya reaksi *maillard*. Reaksi *maillard* atau reaksi pencoklatan dapat terjadi karena adanya kandungan gula pereduksi yang dapat bereaksi dengan senyawa

yang mengandung NH_2 (protein, peptida, asam amino, dan amonium) dalam keadaan panas. Suatu bahan yang mengalami reaksi *Maillard* akan menghasilkan senyawa amadori yang akan membentuk hidroksi metil furfuraldehid yang akhirnya menjadi furfural. Warna kecekelatan akan terbentuk karena adanya Polimerisasi furfuraldehid yang disebut melanoidin. Karamelisasi merupakan reaksi perubahan yang terjadi pada senyawa polihidroksi karbonil seperti gula-gula pereduksi bila dipanaskan pada suhu tinggi sehingga menghasilkan warna cokelat.

SIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis data dan pembahasan maka dapat disimpulkan bahwa penggunaan lama waktu sakarifikasi dan banyaknya konsentrasi substrat berpengaruh secara signifikan terhadap viskositas, dan intensitas warna. Perlakuan terbaik adalah waktu sakarifikasi selama 8 jam dan konsentrasi substrat pati 25% (b/v) yang menghasilkan nilai viskositas sebesar 41,50 mPa.s, nilai kadar abu 0,35%, dan nilai L^* , a^* , dan b^* berturut-turut sebesar $47,27 \pm 0,12cd$, $0,30 \pm 0,03a$, dan $2,25 \pm 0,03b$.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kami ucapkan kepada Direktorat Pembelajaran dan Kemahasiswaan, Direktorat Jendral Pendidikan Tinggi, dan Kemendikbudristek yang telah mendanai penelitian ini melalui Program Kreativitas Mahasiswa (PKM) Tahun 2024, serta Universitas PGRI Semarang yang telah mendukung pelaksanaan penelitian ini.

DAFTAR RUJUKAN

- Adebayo-Oyetero, A. ., Ogundipe, O. ., & Adeeko, K. . (2015). *Quality Assessment And Consumer Acceptability Of Bread From Wheat And Fermented Banana Flour* (Pp. 364–369).
- Adrian, Syaiful, A. Z., Ridwan, & Hermawati. (2020). Sakarifikasi Pati Ubi Jalar Putih Menjadi Gula Dekstrosa Secara. *Saintis*, 1(1), 1–12.
- Akbar, R. I. (2022). Pengaruh Proporsi Enzim Mix (Inulinase:Gluko-Amilase) Dan Lama Sakarifikasi Terhadap Karakteristik High Fructose Syrup Dari Umbi Bengkuang. *Jurnal Teknologi Pangan*, 16(1), 57–71. <https://doi.org/10.33005/Jtp.V16i1.3166>
- Aoac. (2005). Official Methods Of Analysis Of Aoac International. *Aoac*, February.
- Arif, A. B., Sasmitaloka, K. S., C., W., & Wahyudiono. (2019). Effect Of Liquefaction Time And Enzyme Addition On Liquid Sugar Production From Sweet Sorghum Starch By Enzymatic Hydrolysis Effect Of Liquefaction Time And Enzyme Addition On Liquid Sugar Production From Sweet Sorghum Starch By Enzymatic Hydrolysis. *Icsard*, 1–7. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/250/1/012042>
- Az'zahrah, N. R., Dewi, E., & Yerizam, M. (2024). Pengolahan Pati Rumbia Menjadi Serbuk Glukosa Secara Hidrolisis Enzimatis Dengan Variasi Perbandingan Pati Dan Air, Suhu Evaporasi, Dan Suhu Pengeringan. *Jurnal Teknik Kimia Usu*, 13(1), 24–31. <https://doi.org/10.32734/Jtk.V13i1.13327>
- Dewi, N. K., Wrsiati, P. L., & Arnata, W. I. (2017). Karakteristik Gula Cair Dari Ampas Padat Produk Brem Di Perusahaan Fa. Udiyana Pada Perlakuan Konsentrasi H_2SO_4 Dan Waktu Hidrolisis. *Jurnal Rekayasa Dan Manajemen Agroindustri*, 5(3), 24–34.
- Hamnasia, N., Muarif, A., Hakim, L., Ginting, Z., & Jalaluddin, J. (2023). Pengaruh Suhu Dan Waktu Hidrolisis Dalam Pembuatan Glukosa Cair Dari Ubi Jalar Kuning (*Ipomoea Batatas L*) Menggunakan Hcl. *Chemical Engineering Journal Storage (Cejs)*, 3(6), 873. <https://doi.org/10.29103/Cejs.V3i6.13401>
- Herlina, Purnomo, B. H., Fauzi, M., & Rambe, F. A. (2016). Penggunaan A-Amilase Dan Variasi Lama Hidrolisis Pada Pembuatan Tepung Glukomanan Dari Umbi Gembili. *Jurnal Agroteknologi*, 10(01), 73–86.
- Hidayah, I. N., Mirratunnisya, M., Widiastuti, T., & Ferdiansyah, M. K. (2021). Karakteristik Gula Cair Dari Umbi Gembili (*Dioscorea Esculenta*) Terhadap Produk Roti Fungsional. *Jurnal Teknologi Pangan*, 15(1), 37–44. <https://doi.org/10.33005/Jtp.V15i1.2718>

- Lumoiindong, F., & Mamuja, C. F. (2016). Produksi Gula Cair Dari Limbah Selulosik Sebagai Alternatif Pengganti Cairan Infus. *J. Ilmu Dan Teknologi Pangan*, 4(1), 36–43.
- Mala, S., Rasiban, Wandu, D., Fauziah, F., Hayati, N., Astrianda, N., Sudiarto, A. K., Aelani, K., & Juniar, F. D. (2020). Klasifikasi Kematangan Buah Pisang Tanduk Berdasarkan Warna Menggunakan Metode Hue Saturation Value (Hsv). *String (Satuan Tulisan Riset Dan Inovasi Teknologi)*, 1(1), 197–207.
- Manfaati, R., Baskoro, H., & Rifai, M. M. (2019). Pengaruh Waktu Dan Suhu Terhadap Proses Pengeringan Bawang Merah Menggunakan Tray Dryer. *Fluida*, 12(2), 43–49. <https://doi.org/10.35313/Fluida.V12i2.1596>
- Musita, N. (2012). Kajian Kandungan Dan Karakteristiknya Pati Resisten Dari Berbagai Varietas Pisang. *Jurnal Dinamika Penelitian Industri*, 23(1), 57–65.
- Natori, R., Winarti, S., & Anggreini, R. A. (2022). Karakteristik Hfs (High Fructose Syrup) Dari Umbi Gembolo Yang Diproduksi Secara Hidrolisis Enzimatis Menggunakan Amilase Dan Inulinase. *Jurnal Teknologi Pangan*, 13(36), 166–174. <https://doi.org/10.35891/tp.v13i2.3078>
- Nattaya, M., Nuraini, N., Nindiya, M., & Tridayanti, D. (2022). Pengaruh Konsentrasi Enzim Selulase Terhadap Produksi Gula Cair Dari Selulosa Kulit Buah Naga Merah (*Hylocereus Polyrhizus*) Dengan Hidrolisis Enzim Effect Of Cellulase Enzyme Concentration On Liquid Sugar Production From Cellulose Skin Of Red Dragon Fru. *Journal Of Agritechnology And Food Processing*, 2(1), 35–42.
- Nguyen, T. C., Fillaudeau, L. F., Anne-Archard, D., Chu-Ky, S., Luong, H. N., Vu, T. T., Nguyen, T. H. D., & Nguyen, V. H. (2021). Impact Of Particle Size On The Rheological Properties And Amylolysis Kinetics Of Ungelatinized Cassava Flour Suspensions. *Journal Processes*, 9(6), 1–16. <https://doi.org/10.3390/pr9060989>
- Nugraha, B. F., Sumardianto, Suharto, S., Swastawati, F., & Kurniasih, R. A. (2021). Quality Analysis Of Tilapia Jerky (*Oreochromis Niloticus*)With The Addition Of Various Types And Concentration Of Sugar. *Jurnal Ilmu Dan Teknologi Perikanan*, 3(2), 94–104.
- Nurfazizah, R., Susanto, S., & Drajad Widodo, W. (2019). Karakterisasi Dan Daya Simpan Empat Aksesori Buah Pisang Tanduk (*Musa .Sp Aab*). *Buletin Agrohorti*, 7(3), 303–310. <https://doi.org/10.29244/agrob.v7i3.30202>
- Pap, N., Hamberg, L., Pihlava, J. M., Hellström, J., Mattila, P., Euroala, M., & Pihlanto, A. (2020). Impact Of Enzymatic Hydrolysis On The Nutrients, Phytochemicals And Sensory Properties Of Oil Hemp Seed Cake (*Cannabis Sativa L. Finola Variety*). *Food Chemistry*, 320(March), 126530. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.126530>
- Parwiyanti, Pratama, F., & Arnita, R. (2011). Sifat Kimia Dan Fisik Gula Cair Dari Pati Umbi Gadung (*Dioscorea Hispida Dennts*). *Jurnal Teknologi Dan Industri Pangan*, 12(2), 171–176. <https://journal.lpb.ac.id/index.php/jtip/article/view/4273>
- Pratama, A. W., Setiasih, I. S., & Moody, S. D. (2019). Perbedaan Penurunan Nilai A*, B* Dan L* Pada Daging Ayam Broiler (*Gallus Domesticus*) Akibat Ozonasi Dan Perebusan. *Pasundan Food Technology Journal*, 6(2), 86. <https://doi.org/10.23969/pftj.v6i2.1327>
- Pujitiasih, H., Arifin, B., & Situmorang, S. (2014). Analisis Posisi Dan Tingkat Ketergantungan Impor Gula Kristal Putih Dan Gula Kristal Rafinasi Indonesia Di Pasar Internasional. *Jiia*, 2(1), 32–37.
- Putri, M. K., Asshaumi, R. U., Rahmadani, N. F., Kurnia, S. I., Martino, R., Budi Prastowo, S. H., & Dewi, N. M. (2024). Analisis Nilai Kecepatan Terhadap Viskositas Pada Fluida Meylan. *Jurnal Pendidikan Fisika*, 8(1), 89–96.
- Putri, R. A. N., Rahmi, A., & Nugroho, A. (2020). Karakteristik Kimia, Mikrobiologi, Sensori Sereal Flakes Berbahan Dasar Tepung Ubi Nagara (*Ipomoea Batatas L.*) Dan Tepung Jewawut (*Setaria Italica*). *Jurnal Teknologi Agro-Industri*, 7(1), 1–11. <https://doi.org/10.34128/jtai.v7i1.106>
- Putri, T. K., Veronika, D., Ismail, A., Karuniawan, A., Maxiselly, Y., Irwan, A. W., & Sutari, W. (2015). Pemanfaatan Jenis-Jenis Pisang (Banana Dan Plantain) Lokal Jawa Barat Berbasis Produk Sale Dan Tepung. *Kultivasi*, 14(2), 63–70. <https://doi.org/10.24198/kultivasi.v14i2.12074>
- Rodríguez-Ambriz, S. L., Islas-Hernández, J. J., Agama-Acevedo, E., Tovar, J., & Bello-Pérez,

- L. A. (2008). Characterization Of A Fibre-Rich Powder Prepared By Liquefaction Of Unripe Banana Flour. *Food Chemistry*, 107(4), 1515–1521. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2007.10.007>
- Salsabila, A. L., & Fahrurroji, I. (2021). Hidrolisis Pada Sintesis Gula Berbasis Pati Jagung. *Edufortech*, 6(1), 32–38. <https://doi.org/10.17509/Edufortech.V6i1.33289>
- Smith, A., Liline, S., & Sahetapy, S. (2023). Analisis Kadar Abu Pada Salak Merah (*Salacca Edulis*) Di Desa Riring Dan Desa Buria Kecamatan Taniwel Kabupaten Seram Bagian Barat Provinsi Maluku. *Biopendix*, 10(1), 51–57.
- Triyono, A. (2008). Karakteristik Gula Glukosa Dari Hasil Hidrolisa Pati Ubi Jalar (*Ipomoea Batatas*, L.) Dalam Upaya Pemanfaatan Pati Umbi –Umbian. *Prosiding Seminar Nasional Teknoin Bidang Bidang Teknik Kimia Dan Tekstil*, 5, 7–10.
- Ünlü, E., & Soysal, Ç. (2017). Starch Based Sugar ; Production , Usage And Health Effect. *Eurasian Journal Of Food Science And Technology*, 38–42.
- Wilberta, N., Sonya, N. T., & Lydia, S. H. R. (2021). Analisis Kandungan Gula Reduksi Pada Gula Semut Dari Nira Aren Yang Dipengaruhi Ph Dan Kadar Air. *Bioedukasi (Jurnal Pendidikan Biologi)*, 12(1), 101. <https://doi.org/10.24127/Bioedukasi.V12i1.3760>
- Yuniwati, M., Ismiyati, D., & Kurniasih, R. (2011). Kinetika Reaksi Hidrolisis Pati Pisang Tanduk Dengan Katalisator Asam Chlorida. *Jurnal Teknologi*, 4(2), 107–112.