

**PEMANFAATAN LIMBAH KULIT SINGKONG (*Manihot
utilissima*) SEBAGAI GULA CAIR SECARA METODE
HIDROLISIS ENZIMATIS**

SKRIPSI

Diajukan untuk Memenuhi Sebagian Syarat Guna Memperoleh
Gelar Sarjana Sains dalam Ilmu Kimia



Oleh :

Nur Rahma Martiyana

NIM. 1808036006

**PROGRAM STUDI KIMIA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI WALISONGO
SEMARANG
2022**

**PEMANFAATAN LIMBAH KULIT SINGKONG (*Manihot
utilissima*) SEBAGAI GULA CAIR SECARA METODE
HIDROLISIS ENZIMATIS**

SKRIPSI

Oleh

Nur Rahma Martiyana

1808036006

Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Melaksanakan Skripsi

Strata Satu Program Studi Kimia

Fakultas Sains dan Teknologi

UIN Walisongo Semarang

2022

PERNYATAAN KEASLIAN

Saya, yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Nur Rahma Martiyana

NIM : 1808036006

Jurusan : Kimia

Menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa skripsi saya yang berjudul :

**PEMANFAATAN LIMBAH KULIT SINGKONG (*Manihot utilissima*) SEBAGAI GULA CAIR
SECARA METODE HIDROLISIS ENZIMATIS**

Secara keseluruhan adalah hasil karya saya sendiri dan bukan jiplakan hasil karya orang lain, kecuali bagian tertentu yang dirujuk dari sumbernya. Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenar-benarnya. Jika dikemudian hari terbukti bahwa skripsi saya merupakan hasil jiplakan maka saya bersedia menerima sanksi yang diberikan

Semarang, 23 September 2022

Pembuat pernyataan,



Nur Rahma Martiyana

NIM : 1808036006

PENGESAHAN

Naskah skripsi ini:

Judul : **Pemanfaatan Limbah Kulit Singkong (*Manihot utilissima*) sebagai Gula Cair secara Metode Hidrolisis Enzimatis**

Nama : Nur Rahma Martiyana

NIM : 1808036006

Jurusan : Kimia

Telah diujikan dalam sidang munaqosah oleh Dewan Penguji Fakultas Sains dan Teknologi UIN Walisongo dan dapat diterima sebagai salah satu syarat memperoleh gelar sarjana sains dalam bidang Ilmu Kimia

Semarang, 05 Oktober 2022

DEWAN PENGUJI

Ketua Sidang

Sekretaris Sidang


Rais Nur Latifah, M. Si
NIP. 199203042019032019


Apri Maruliyah, M. Si
NIP. 19890525201903201

Penguji I

Penguji II


Mutista Hafsa, M. Si
NIP. 199401022019032015


Ika Nur Fitriani, M. Sc
NIP. 199303312019022018



NOTA DINAS

Semarang, 21 September 2022

Kepada
Yth. Dekan Fakultas Sains dan Teknologi
Universitas Islam Negeri Walisongo
Di Semarang

Assalamu'alaikum wr. Wb

Dengan ini diberitahukan bahwa saya telah melakukan bimbingan, arahan dan koreksi naskah skripsi dengan:

Judul : **Pemanfaatan Limbah Kulit Singkong (*Manihot utilissima*) sebagai Gula Cair secara Metode Hidrolisis Enzimatis**

Nama : Nur Rahma Martiyana

NIM : 1808036006

Jurusan : Kimia

Saya memandang bahwa naskah skripsi tersebut sudah dapat diajukan kepada Fakultas Sains dan Teknologi UIN Walisongo Semarang untuk diajukan dalam Sidang Munaqosyah.

Wassalamualaikum wr. wb.

Pembimbing I



Rais Nur Latifah, M. Si
NIP. 199203042019032019

NOTA DINAS

Semarang, 21 September 2022

Kepada

Yth. Dekan Fakultas Sains dan Teknologi

Universitas Islam Negeri Walisongo

Di Semarang

Assalamu'alaikum wr. Wb

Dengan ini diberitahukan bahwa saya telah melakukan bimbingan, arahan dan koreksi naskah skripsi dengan:

Judul : **Pemanfaatan Limbah Kulit Singkong (*Manihot utilissima*) sebagai Gula Cair secara Metode Hidrolisis Enzimatis**

Nama : Nur Rahma Martiyana

NIM : 1808036006

Jurusan : Kimia

Saya memandang bahwa naskah skripsi tersebut sudah dapat diajukan kepada Fakultas Sains dan Teknologi UIN Walisongo Semarang untuk diajukan dalam Sidang Munaqosyah.

Wassalamualaikum wr. wb.

Pembimbing II



Ana Mardiyah, M. Si
NIP. 19890525201903201

MOTTO

“Allah tidak akan membebani seseorang melainkan sesuai dengan kesanggupannya”.

~QS. Al Baqarah 286~

“Terkadang orang yang menyakiti adalah seseorang yang memotivasi”.

~Penulis~

PERSEMBAHAN

Skripsi ini adalah persembahan kecil saya untuk kedua orang tua saya. Hidup menjadi begitu indah ketika memiliki orang tua yang lebih memahami kita dari pada diri kita sendiri.

Terima kasih telah menjadi orang tua yang sempurna.

ABSTRAK

Judul : **Pemanfaatan Limbah Kulit Singkong (*Manihot utilissima*) sebagai Gula secara Metode Hidrolisis Enzimatis**
Nama : Nur Rahma Martiyana
NIM : 1808036006

Penelitian ini bertujuan untuk memanfaatkan limbah kulit singkong sebagai bahan baku dalam pembuatan gula cair. Tujuan penelitian ini untuk mengetahui karakteristik tepung pati kulit singkong, pengaruh penambahan enzim α -amilase dan enzim glukoamilase terhadap pembuatan gula cair dan karakteristik gula cair yang dihasilkan. Metode penelitian yaitu hidrolisis enzimatis dengan proses likuifikasi dan sakarifikasi menggunakan variasi volume 1 mL, 3 mL, dan 5 mL. Pengujian kandungan gula cair meliputi penentuan total padatan, rendemen, kadar air, kadar abu, kandungan gula pereduksi, kandungan pati, TSS, pH, uji organoleptik dan FTIR. Karakteristik tepung pati yang diperoleh rendemen 5,44%, kadar air 25%, kadar abu 1%. Penambahan volume enzim memberikan pengaruh terhadap parameter gula cair yaitu total padatan, rendemen, kadar air, kadar abu, pH, TSS dan organoleptik. Gula cair yang dihasilkan memiliki total padatan 13,77%, rendemen 23,93%, kadar air 80,87%, kadar abu 0,6%, TSS 75 °Brix, dan pH 7,1.

Kata kunci : *gula cair, kulit singkong, hidrolisis, enzimatis*

KATA PENGANTAR

Bismillahirrahmanirrahim,

Alhamdulillah, puji syukur kehadiran Allah SWT yang telah memberikan Rahmat serta Hidayah-Nya kepada kita semua sehingga skripsi ini dapat terselesaikan. Sholawat dan salam senantiasa tercurah kepada Nabi Muhammad SAW, beserta keluarga, sahabat, dan para pengikutnya.

Alhamdulillahirobil'alamin, akhirnya penulis dapat menyelesaikan skripsi ini yang berjudul **“Pemanfaatan Limbah Kulit Singkong (*Manihot utilissima*) sebagai Gula Cair secara Metode Hidrolisis Enzimatis”**. Penyusunan skripsi ini dibuat untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar Sarjana Sains di Jurusan Kimia Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Walisongo Semarang.

Penulis tentu menyadari bahwa penyelesaian skripsi ini tidak lepas dari berbagai pihak yang telah memberikan nasihat, arahan, bimbingan, dukungan, serta do'a. oleh karena itu, penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada:

1. Prof. Dr. Imam Taufiq, M. Ag., Rektor Universitas Islam Negeri Walisongo Semarang.
2. Dr. Ismail, M. Ag., Dekan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Walisongo Semarang.

3. Ir. Hj. Malikhatul Hidayah, ST., M. Pd, Ketua Jurusan Kimia Universitas Islam Negeri Walisongo Semarang.
4. Rais Nur Latifah, M. Si., Dosen Pembimbing I yang memberikan banyak bimbingan, motivasi, kritik, dan saran kepada penulis dengan penuh pengertian dalam penyusunan skripsi.
5. Ana Mardiyah, M. Si., Dosen Pembimbing II yang telah memberikan semangat serta dedikasinya sehingga penulis dapat terus berkarya dalam proses penyusunan skripsi.
6. Segenap Dosen, Pegawai serta Civitas Akademik Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Walisongo Semarang.
7. Kedua orang tua, Ayahanda Bapak Khaeron, cinta pertama yang selalu menjaga saya dalam setiap do'a dan mengisi dunia saya dengan begitu banyak kebahagiaan. Ibu tercinta Supa'atun, untuk setiap bunga yang saya taruh di atas makam selalu teringat semua hal yang telah Ibu lakukan untuk membuat hidup saya indah dan seharum rangkaian bunga. Saya sangat rindu, Ibu.
8. Pendamping perjalanan hidup, saudara-saudara tersayang Nur Walidah Afriyani, S. Pd, Muhammad Nuril Huda Septiyana, dan Nur Widiya Febriyana.

9. Sahabat terbaik saya M. Faesal Febriandyono, S. T yang banyak membantu penulis dan selalu menemani dikala senang maupun sedih.
10. Teman-teman seperjuangan Kimia 2018 Falah, Devi Tia, Indah Retno, Farida Nur, dan Nailly yang banyak memberikan banyak warna serta semangat pantang menyerah.
11. Semua pihak yang berperan penting dalam penyelesaian skripsi ini yang tidak bisa disebutkan satu persatu.

Penulis telah berusaha semaksimal mungkin dalam penyusunan skripsi ini, namun “tak ada gading yang tak retak”. Penulis menyadari bahwa skripsi ini banyak kekurangan dan jauh dari sempurna. Oleh sebab itu, penulis mengharapkan kritikan serta saran agar penulis dapat memperbaiki tugas akhir ini. Semoga naskah skripsi ini dapat memberikan manfaat bagi penulis maupun pembaca.

Semarang, 18 Agustus 2022
Penulis



Nur Rahma Martiyana
NIM. 1808036006

DAFTAR ISI

PERNYATAAN KEASLIAN.....	ii
PENGESAHAN.....	iii
NOTA DINAS.....	iv
NOTA DINAS.....	v
MOTTO	vi
ABSTRAK.....	vii
KATA PENGANTAR.....	viii
DAFTAR ISI	xi
DAFTAR GAMBAR.....	xiii
DAFTAR TABEL.....	xiv
DAFTAR LAMPIRAN.....	xv
BAB I PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang	1
B. Permasalahan.....	6
C. Tujuan.....	6
D. Manfaat	6
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	8
A. Singkong	8
B. Gula	10
C. Pembuatan glukosa.....	13
D. Pati	17
E. Hidrolisa Pati.....	20

F. Enzim Amilase	22
1. Enzim α -amilase	23
2. Enzim Glukoamilase	24
G. Hidrolisis Enzimatis	25
H. Kajian Hasil Penelitian yang Relevan	27
BAB III METODE PENELITIAN	31
A. Waktu dan Tempat Penelitian.....	31
B. Alat dan Bahan	31
C. Cara Kerja	32
1. Pembuatan Tepung Kulit Singkong.....	32
2. Karakterisasi Tepung Pati Kulit Singkong.....	33
3. Pembuatan Gula Cair.....	36
4. Pengujian Kandungan Gula Cair	37
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	45
BAB V KESIMPULAN	73
A. Kesimpulan.....	73
B. Saran	73
DAFTAR PUSTAKA.....	74
LAMPIRAN.....	81
RIWAYAT HIDUP	94

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Judul	Halaman
Gambar 2. 1	Gambar kulit singkong	9
Gambar 2. 2	Struktur Amilosa	18
Gambar 2. 3	Struktur Amilopektin	18
Gambar 2. 4	Gambar ikatan pada α - 1,4 glikosida yang diputus oleh enzim α -amilase	24
Gambar 4.1	Gambar tepung pati kulit singkong	46
Gambar 4.2	Karakterisasi FT-IR tepung pati kulit singkong	49
Gambar 4. 3	Pengaruh variasi volume enzim terhadap persentase kadar air	60
Gambar 4. 4	Reaksi uji benedict	63
Gambar 4. 5	Pengaruh waktu hidrolisa enzimatis terhadap nilai pH	67
Gambar 4. 6	Karakterisasi FT-IR gula cair	71
Gambar 4.7	Struktur Galaktosa	72

DAFTAR TABEL

Tabel	Judul	Halaman
Tabel 2. 1	Kandungan gizi antara singkong dengan kulit singkong per 100 gram	9
Tabel 4. 1	Komposisi tepung pati kulit singkong	47
Tabel 4. 2	Hasil gugus fungsi dan bilangan gelombang tepung pati kulit singkong	50
Tabel 4. 3	hasil penentuan total padatan dalam gula cair	57
Tabel 4. 4	Tabel nilai rendemen	58
Tabel 4. 5	Tabel hasil analisis kadar air sampel gula cair	59
Tabel 4. 6	Tabel hasil analisis kadar abu sampel gula cair	61
Tabel 4. 7	Tabel hasil uji kandungan gula pereduksi	63
Tabel 4. 8	Tabel hasil uji kandungan pati	64
Tabel 4. 9	Tabel hasil TSS	65
Tabel 4. 10	Uji organoleptik warna	68
Tabel 4. 11	Uji organoleptik rasa	68
Tabel 4. 12	Uji organoleptik aroma	68
Tabel 4. 13	Nilai rata-rata hasil uji organoleptik	68

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Judul	Halaman
Lampiran 1	Diagram Alir Penelitian	81
Lampiran 2	Dokumentasi Pembuatan Tepung Pati Kulit Singkong	82
Lampiran 3	Pembuatan Gula Cair	84
Lampiran 4	Perhitungan dalam Tepung Pati Kulit Singkong	87
Lampiran 5	Perhitungan dalam sampel gula cair	88
Lampiran 6	Hasil Organoleptik Warna	91
Lampiran 7	Hasil Uji Organoleptik Rasa	92
Lampiran 8	Hasil Uji Organoleptik Aroma	93

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Gula adalah komoditas khusus dalam pertanian yang sudah ditetapkan sebagai perjanjian perdagangan *World Trade Organization* (WTO). Kebutuhan gula di dunia sebagai sumber kalori dan sumber energi terus meningkat seiring dengan bertambahnya penduduk di dunia namun peningkatan produksi gula cenderung kecil atau bahkan tidak mengalami perubahan sehingga menyebabkan harga gula menjadi naik (Savitri dan Widyastutik, 2013).

Kementerian Perindustrian Republik Indonesia mengumumkan bahwa di tahun 2021 produksi gula nasional sebesar 2,35 juta ton, sementara kebutuhan gula di tahun 2022 mencapai sekitar 6,28 juta ton. Ketidakmampuan industri gula dalam negeri untuk memenuhi kebutuhan gula tersebut menyebabkan Indonesia melakukan impor gula. Untuk mengurangi impor gula maka harus mencari alternatif bahan pemanis lain sebagai substansi gula, salah satunya dengan mengembangkan gula cair dari limbah kulit singkong.

Allah SWT telah menciptakan segala sesuatu dengan fungsi serta rancangan yang tepat sehingga tidak ada satupun di dunia ini yang tidak bermanfaat. Al-Qur'an

adalah kitab suci umat Islam yang memberikan petunjuk serta berfungsi sebagai pendorong manusia menggunakan akal pikirannya dengan melakukan penelitian sehingga didapatkan penemuan baru yang selaras dengan Al-Qur'an (Shihab, 2007).

Segala jenis ciptaan Allah di alam semesta ini adalah tanda-tanda kekuasaan Allah untuk orang kritis yang mau berfikir. Setiap sesuatu ciptaan-Nya pasti mempunyai manfaat sehingga sudah sepantasnya manusia berupaya memikirkan ciptaan Allah SWT dengan melakukan observasi alam serta penelitian sehingga diperoleh penemuan terbaru dalam pengkayaan ilmu yang tentunya selaras dengan ilmu yang terdapat dalam Al-Qur'an (Shihab, 2007). Allah berfirman di QS. Ali-imron ayat 190-191, yaitu:

إِنَّ فِي خَلْقِ السَّمَاوَاتِ وَالْأَرْضِ وَالاخْتِلافِ اللَّيْلِ وَالنَّهَارِ لآيَاتٍ لأُولِي
الْأَلْبَابِ. الَّذِينَ يَذْكُرُونَ اللَّهَ قِيَامًا وَقُعُودًا وَعَلَىٰ جُنُوبِهِمْ وَيَتَفَكَّرُونَ فِي خَلْقِ
السَّمَاوَاتِ وَالْأَرْضِ رَبَّنَا مَا خَلَقْتَ هَذَا بَاطِلًا سُبْحَانَكَ فَقِنَا عَذَابَ النَّارِ

Artinya: *“Sesungguhnya di dalam penciptaan langit serta bumi, dan silih bergantinya malam dan siang terdapat tanda-tanda bagi orang-orang berakal. (yaitu orang-orang yang mengingat Allah sambil berdiri atau duduk atau dalam keadaan berbaring dan mereka memikirkan tentang penciptaan langit dan bumi (seraya berkata): “Ya Tuhan Kami, Tiadalah Engkau menciptakan ini dengan sia-sia,*

Maha suci Engkau, Maka peliharalah Kami dari siksaan neraka.

Berdasarkan ayat tersebut Allah SWT telah memerintahkan manusia yang mempunyai kelebihan akal untuk mempelajari serta mengkaji segala sesuatu yang telah Allah ciptakan dilangit dan bumi. Semua yang telah diciptakan oleh Allah pasti bermanfaat dan harus dimanfaatkan. Hasil penelitian yang diperoleh dapat mengungkapkan rahasia-rahasia Allah sehingga dapat menambah keyakinan akan kebesaran Allah (Abdushshamad, 2002).

Semua ciptaan Allah dapat dimanfaatkan untuk kebutuhan manusia, bahkan limbah sekalipun. Salah satu limbah yang bisa dimanfaatkan kembali yaitu limbah kulit singkong. Kulit singkong umumnya hanya dianggap sebagai limbah dan tidak bermanfaat, namun ternyata berpotensi untuk dijadikan sebagai bahan dasar dalam pembuatan gula cair.

Kulit singkong memiliki kandungan karbohidrat yang tinggi sehingga bisa diolah menjadi bahan baku dalam produksi glukosa. Sebanyak 60% karbohidrat dalam singkong tersusun dari pati (Rattanachomsri et al., 2009). Kandungan pati tersebut tersusun atas monomer glukosa yang terdiri dari amilosa sebanyak 15-30% serta amilopektin sebanyak 70-85% (Srichuwong et al., 2005).

Glukosa merupakan bahan dengan kandungan polisakarida yang didapatkan dari pati. Pati merupakan polimer dengan rumus kimia monosakarida anhidrat ($C_6H_{10}O_5$) dengan penyusun utama amilosa serta amilopektin (Johnson, Moorthy & Padmaja, 2010). Kandungan di dalam singkong menjadikan pati bisa didegradasi menjadi glukosa yang bermanfaat untuk produk turunan berkualitas tinggi dalam industri makanan. Secara universal, kemanisan umbi diperoleh lewat proses penguraian karbohidrat atau pati oleh enzim amilase menjadi gula.

Karbohidrat bersifat sebagai gula pereduksi. Gula pereduksi merupakan golongan gula atau karbohidrat yang mereduksi senyawa-senyawa penerima elektron, misalnya adalah glukosa dan fruktosa. Rantai ujung suatu gula pereduksi merupakan ujung yang mengandung gugus keton bebas atau aldehida. Semua monosakarida (fruktosa, glukosa, galaktosa) serta disakarida (maltosa, laktosa), kecuali sukrosa serta pati (polisakarida) termasuk golongan gula pereduksi (Prinsip Dasar Ilmu Gizi, 2010).

Penelitian Olanbiwoninu dan Odunfa (2016) menghidrolisis kulit singkong menjadi gula yang bisa difermentasi memanfaatkan perlakuan awal menggunakan asam organik sebelum hidrolisis enzim. Riset sebelumnya mengenai produksi gula cair yang berbahan dasar dari kulit singkong (*Manihot utilissima Pohl*) memanfaatkan *bacteri*

bacillus licheniformis sebagai mikroorganisme yang dapat menghasilkan enzim (Rahmawati, Budiarti & Harlis, 2017). Kulit singkong pada studi sebelumnya yang dilakukan Dewi, Laila & Nata (2019) digunakan sebagai bahan baku dalam produksi glukosa cair fungsional. Hidrolisis bahan pati kulit singkong menggunakan katalis karbon tersulfonasi. Keberhasilan riset Melliawati dan Rahman (2019) kulit singkong bisa dimanfaatkan untuk produksi enzim amilase kompleks dengan aktivitas enzim yang tinggi.

Kulit singkong kaya akan kandungan pati dan permintaan yang bersaing sebagai bahan baku industri dan makanan. Tingkat kualitas gula yang dihasilkan ditentukan oleh kondisi optimal hidrolisis kulit singkong dan kadar kemanisan gula yang dihasilkan.

Berdasarkan latar belakang di atas dengan tujuan untuk memanfaatkan limbah kulit singkong sebagai bahan dasar dalam pembuatan gula cair dengan menggunakan metode hidrolisis enzimatik menggunakan enzim α -amilase dan enzim glukoamilase. Penelitian ini juga bertujuan untuk mengetahui pengaruh penambahan volume enzim α -amilase dan enzim glukoamilase dalam menghasilkan gula cair.

B. Permasalahan

Berdasarkan latar belakang, supaya jelas maka perlu adanya perumusan masalah. Adapun perumusan masalah penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana karakteristik tepung pati kulit singkong sebagai bahan dasar dalam pembuatan gula cair?
2. Bagaimana pengaruh penambahan volume enzim α -amilase dan enzim glukoamilase dalam menghasilkan gula cair?
3. Bagaimana karakteristik gula cair hasil hidrolisis enzimatis?

C. Tujuan

1. Untuk mengetahui karakteristik tepung pati kulit singkong sebagai bahan dasar dalam pembuatan gula cair.
2. Untuk mengetahui pengaruh penambahan volume enzim α -amilase dan enzim glukoamilase dalam menghasilkan gula cair.
3. Untuk mengetahui karakteristik gula cair hasil hidrolisis enzimatis.

D. Manfaat

Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberi manfaat:

1. Memberikan pengetahuan tentang pemanfaatan limbah kulit singkong sebagai sumber informasi tentang studi pembuatan gula cair.

2. Meningkatkan kegunaan limbah kulit singkong sebagai alternatif bahan dasar dalam pembuatan gula.
3. Secara akademis diharapkan penelitian ini bermanfaat diantaranya:
 - a. Bagi peneliti memberikan wawasan dan pengetahuan dengan mengaplikasikan ilmu yang diperoleh di perkuliahan secara teori di lapangan.
 - b. Bagi peneliti lain dapat dijadikan sebagai acuan terhadap pengembangan maupun pembuatan dalam penelitian yang sama.
 - c. Bagi ilmu pengetahuan dapat memberikan suatu karya untuk peneliti baru yang bisa mendukung dalam pengembangan ilmu pengetahuan.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Singkong

Singkong (*Manihot esculenta crantz*) yang biasa dikenal sebagai ketela pohon adalah salah satu sumber karbohidrat lokal Indonesia yang berada di urutan ketiga terbanyak setelah padi kemudian jagung. Singkong yaitu tanaman perdu yang menghasilkan umbi yang dapat hidup sepanjang tahun. Tanaman singkong berasal dari benua Amerika, tepatnya dari negari Brazil. Penyebaran singkong hampir ke segala penjuru dunia, antara lain India, Madagaskar, Afrika, Tiongkok, serta berkembang di negara-negara dengan wilayah pertanian salah satunya yaitu negara Indonesia. Tanaman singkong mulai masuk ke Indonesia di tahun 1852, namun masyarakat Indonesia mengenal tanaman ini di tahun 1952 (Purwono dan Purnamawati, 2007).

Singkong maupun ketela pohon adalah bahan baku yang paling berpotensi guna dikembangkan dalam produksi gula cair. Biasanya singkong dimanfaatkan untuk membuat berbagai jenis olahan makanan. Singkong dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku industri kimia, yaitu diolah menjadi gula fruktosa sebagai pemanis di dalam industri minuman. Singkong juga menjadi bahan industri

tekstil, kosmetik, lem, kertas, farmasi, dan sebagainya. Kulit singkong dipilih sebagai bahan baku untuk penelitian ini karena pengolahan singkong dalam industri makanan, menghasilkan limbah kulit singkong yang sangat besar yang bisa mencemari lingkungan.



Gambar 2. 1 Gambar kulit singkong

Kulit singkong adalah pembalut terluar dari umbi singkong, bagian terluar berwarna merah muda serta bagian dalam berwarna putih dapat dilihat pada gambar 2.1. Persentase kulit singkong yaitu kurang lebih sebanyak 20% dari umbinya sehingga per kg umbi singkong menghasilkan 0,2 kg kulit singkong.

Tabel 2. 1 Kandungan gizi antara singkong dengan kulit singkong per 100 gram

Kandungan gizi	Singkong	Kulit singkong
Kalori (kkal)	154	157
Protein (g)	1,0	8,11
Lemak (g)	0,3	1,29
Karbohidrat (g)	36,8	74,73
Serat (g)	0,9	15,20
Air (g)	61,4	17

(Ramadhan, 2019)

Singkong mempunyai kandungan pati tertinggi yaitu kurang lebih sebesar 83% (Mustafa, 2016). Semakin tinggi kandungan pati dalam umbi maka semakin banyak pula gula reduksi yang dihasilkan dari hidrolisis, sehingga derajat kemanisannya semakin tinggi.

Kulit singkong mengandung racun asam biru lebih banyak dibandingkan dengan daging umbi yaitu 3–5 kali lebih besar, tergantung dari rasanya yang pahit atau manis. Apabila rasanya manis maka kandungan asam birunya rendah. Apabila rasanya pahit maka lebih banyak kandungan asam birunya (Salim, 2011).

B. Gula

Gula merupakan karbohidrat sederhana yang larut di dalam air dan sumber energi yang dapat diserap tubuh secara langsung (Darwin, 2013). Gula dikategorikan menjadi dua, yaitu:

1. Monosakarida

Mono artinya satu, monosakarida terbentuk dari satu molekul gula. Contoh monosakarida adalah *fruktosa*, *glukosa*, dan *galaktosa*.

2. Disakarida

Disakarida berarti gabungan dua molekul gula. Contoh dari disakarida adalah *maltosa* (gabungan dua *glukosa*), *sukrosa* (gabungan *fruktosa* dan *glukosa*), dan *laktosa* (gabungan dari *galaktosa* dan *glukosa*).

Gula memiliki aroma, bentuk serta fungsi yang berbeda-beda. Berikut adalah beberapa jenis gula dalam pengolahan dan penggunaan yang tepat:

1. Gula pasir atau *granulated sugar*

Gula pasir berasal dari sari yang dihasilkan oleh tebu yang mengalami kristalisasi. Warna gula pasir ada yang kecoklatan putih.

2. Gula pasir kasar atau *crystallized sugar*

Gula pasir kasar berbentuk butiran yang lebih besar dari gula pasir. Gula ini biasanya digunakan sebagai taburan kue panggang contohnya kue kering dikarenakan tidak meleleh dalam suhu oven. Gula pasir kasar umumnya memiliki warna yang warna-warni.

3. Gula kastor atau *caster sugar*

Gula kastor berbentuk butiran yang lebih halus dari gula pasir. Gula ini umumnya sering digunakan sebagai bahan campuran pembuatan kue kering (*cookies*), *cake*, dan *pastry* dikarenakan sifatnya yang mudah larut. Gula kastor memiliki warna putih. Gula ini terbuat dari gula pasir yang sudah dihaluskan.

4. Gula bubuk atau *confectioners sugar*

Gula bubuk sering dikenal dengan tepung gula. Gula jenis ini melalui proses penghalusan sampai berbentuk bubuk. Gula ini sering digunakan sebagai bahan pembuat krim karena sifatnya yang mudah larut. Gula ini ada yang

mengandung pati jagung sehingga gula bubuk tidak mudah menggumpal.

5. Gula donat

Gula donat khusus digunakan sebagai taburan donat yang memiliki tekstur yang berbentuk tepung halus dan memiliki warna yang putih. Gula donat mempunyai keistimewaan yaitu rasanya dingin apabila di mulut dikarenakan mengandung *mint* serta tidak akan basah jika terkena minyak. Gula ini juga sering digunakan sebagai pembalur kue kering (*cookies*) yaitu kue putri salju.

6. *Brown sugar*

Brown sugar merupakan gula pasir yang pembuatannya belum selesai yang dibubuhi *molasses* sehingga memiliki warna yang kecoklatan. *Brown sugar* beraroma karamel serta memiliki rasa yang legit dan tidak semanis gula pasir. Gula jenis ini umumnya digunakan dalam pembuatan *cookies* dikarenakan akan membuat bahan lebih lembut apabila dibandingkan dengan gula pasir.

7. Gula palem atau *palm sugar*

Gula palem atau biasa dikenal sebagai gula semut. Gula ini berasal dari sari batang bunga pohon aren. Gula palem berbenruk butiran halus yang berwarna coklat dan memiliki bau yang khas.

8. Gula jawa

Gula jawa atau biasa di sebut sebagai gula merah terbuat dari sari bunga pohon kelapa. Gula jawa umumnya berbentuk silinder seperti mangkuk dikarenakan dicetak menggunakan batok kelapa.

9. Gula tebu

Gula tebu adalah gula yang berasal dari nira tanaman tebu yang memiliki warna kecoklatan seperti gula jawa.

10. Gula batu

Gula batu memiliki butiran yang kasar dan berbentuk seperti bongkahan kecil batu. Gula ini memiliki rasa yang tidak semanis gula pasir namun memiliki cita rasa yang lebih legit. Gula ini tidak mudah meleleh sehingga supaya lebih mudah larut sebaiknya dihaluskan terlebih dahulu.

11. Gula maltosa atau *maltose sugar*

Gula maltosa adalah gula produk dari fermentasi tepung beras atau padi-padian melalui proses perendaman, pengeringan, dan penggilingan. Gula maltosa berbentuk seperti madu yang berwarna kuning kental dan rasanya lebih manis dibandingkan madu (Darwin, 2013).

C. Pembuatan glukosa

Bahan baku dalam pembuatan glukosa merupakan bahan yang mengandung polisakarida yang didapatkan dari pati. Pati adalah polimer dengan rumus kimia monosakarida anhidrat ($C_6H_{10}O_5$) dengan penyusun

utamanya amilosa dan amilopektin. Tingginya kandungan karbohidrat yang terdapat di dalam singkong bisa dikembangkan dalam upaya mewujudkan ketahanan pangan nasional. Kemanisan umbi bisa didapatkan melalui penguraian karbohidrat (pati) oleh enzim amilase menjadi gula. Jenis gula dapat menentukan kemanisan setiap jenis umbi. Rasa manis pada umbi berkorelasi dengan jumlah gula, terutama gula reduksi contohnya fruktosa dan glukosa (Al-kayyis dan Susanti, 2016).

Sirup glukosa merupakan gula cair yang diproduksi lewat hidrolisis pati. Sirup glukosa berbeda dengan gula pasir. Perbedaannya yaitu gula pasir adalah gula yang tergolong dalam sukrosa yang merupakan gula disakarida, sedangkan gula glukosa yaitu gula yang tergolong ke dalam monosakarida yang terdiri dari satu monomer glukosa. Karakteristik dari sirup glukosa secara umum menurut SNI-01-2978-1992 adalah tidak berbau, tidak berwarna, rasanya manis, nilai Dekstrosa Ekuivalen (DE) ≥ 20 , kandungan gula pereduksi $\leq 30\%$ atau $\leq 253,09 \times 10^{-3}$ ppm, kandungan air $\leq 20\%$, kandungan abu $\leq 1\%$, tidak mengandung pati, cemaran logam timbal ≤ 1 ppm, seng 25 ppm, tembaga ≤ 10 ppm, cemaran mikrobabakteri coliform ≤ 20 APM/g, serta kapang ≤ 50 koloni/g (Indah, Nur dan Tjahjani, 2013).

Hidrolisis pati bisa dilakukan dengan menggunakan dua cara yaitu dengan menggunakan asam dan enzim pemecah pati. Metode hidrolisis enzimatik lebih disukai disebabkan produk yang dihasilkan lebih baik serta lebih aman apabila dikonsumsi dibanding dengan hidrolisis menggunakan asam.

Proses hidrolisis pati jadi glukosa dapat melalui berbagai metode, misalnya secara enzimatik, kimiawi, ataupun kombinasi keduanya, menggunakan katalis enzim, asam atau gabungan dari keduanya. Hidrolisis enzimatik mempunyai perbedaan mendasar dengan hidrolisis asam. Hidrolisis menggunakan asam memutus rantai pati secara acak, sedangkan hidrolisis enzimatik memutus rantai pati secara spesifik di percabangan tertentu. Hidrolisis menggunakan asam hanya menghasilkan glukosa dengan Dekstrosa Ekuivalen (DE) sebanyak 55 (Virlandia, 2008)

Hidrolisis secara enzimatik mempunyai beberapa keuntungan, yaitu kondisi prosesnya lebih bisa dikontrol, prosesnya lebih spesifik, anggaran pemurniannya lebih murah, menghasilkan produk samping dan sedikit abu, serta bisa diminimalkan apabila terjadi kerusakan warna. Metode hidrolisis enzimatik dalam pembuatan sirup glukosa, enzim yang bisa digunakan adalah α -amilase, β -amilase, amiloglukosidase, glukosa isomerase, isoamilase, dan pullulanase (Virlandia, 2008).

Sirup glukosa merupakan gula cair yang mengandung D-glukosa, maltose serta polimer D-glukosa yang bisa dihasilkan dengan proses hidrolisis pati (Richana, 2013). Gula cair bisa diproduksi dari proses hidrolisis secara asam serta hidrolisis secara enzim. Enzim α -amilase menghidrolisa ikatan karbon pati akan menghasilkan fraksi-fraksi molekul yang terdiri atas enam hingga tujuh unit glukosa, namun apabila waktu reaksinya diperpanjang maka komponen itu dapat terhidrolisa menjadi campuran antara maltotriosa, maltose dan glukosa (Pratama, 2011).

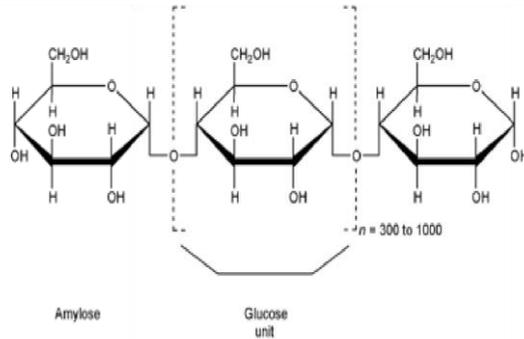
Metode hidrolisis menggunakan asam lebih mudah dalam proses pembuatan sirup glukosa apabila dibandingkan dengan hidrolisis enzimatik disebabkan peralatan hidrolisis asam lebih sederhana, namun harus anti korosi. Gula cair yang diperoleh memiliki kadar kemanisan yang lebih rendah karena menghasilkan nilai Dekstrosa Ekuivalen (DE) yang rendah dan dapat berlangsung degradasi karbohidrat yang bisa mempengaruhi rasa dan warna gula (Faoji, 2009).

Glukosa yang dihasilkan semakin meningkat dikarenakan proses hidrolisis yang semakin lama sehingga terjadi peluang tumbukan antar molekul air serta molekul pati. Semakin banyak tumbukan antar molekul pati dan air maka glukosa yang dihasilkan akan semakin banyak. Namun jika proses hidrolisis dalam waktu yang terlalu lama

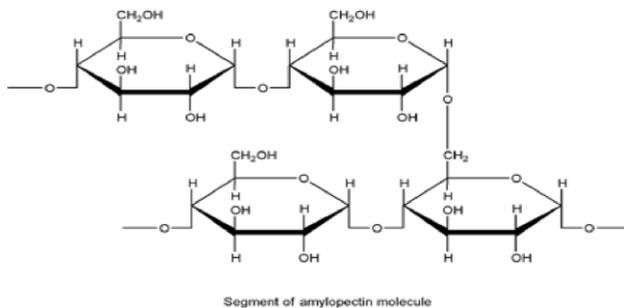
bisa menimbulkan degradasi glukosa menjadi *hydroxyl methyl furfural* serta reaksi yang bisa bersambung kembali sehingga berbentuk asam formiat yang membuat kadar glukosa menjadi menurun (De Idral, Salim & Mardiah, 2012).

D. Pati

Pati merupakan karbohidrat berupa polisakarida yang berbentuk polimer *anhydro monosakarida* yang mempunyai rumus umum yaitu $(C_6H_{10}O_5)_n$. Pati mempunyai penyusun utama amilosa dan amilopektin. Amilosa terdiri dari satuan glukosa yang berikatan melalui ikatan 1-4 glukosida, sementara amilopektin termasuk polisakarida terdiri dari 1-4 α glikosida serta memiliki rantai cabang 1-6 α glikosida (Yuniwati, Ismiati & Kurniasih, 2011). Perbedaan antara amilosa dan amilopektin adalah amilosa menyebabkan sifat keras, sedangkan pada amilopektin menyebabkan sifat lengket. Amilosa pada tes iodin akan memberikan warna ungu pekat sedangkan amilopektin tidak bereaksi (Konwar dan Sagar, 2018). Struktur amilosa adalah rantai lurus sedangkan struktur amilopektin merupakan rantai bercabang. Gambar struktur amilosa dan amilopektin dapat dilihat pada gambar 2.2 dan 2.3 (Konwar dan Sagar, 2018).



Gambar 2. 2 Gambar Struktur Amilosa



Gambar 2. 3 Gambar Struktur Amilopektin

Enzim α -amilase berperan dalam memutuskan ikatan secara acak α -1,4 glikosidik dalam molekul amilosa dan molekul amilopektin menjadi komponen sederhana yaitu maltosa, maltotriosa, glukosa dan beberapa oligosakarida bercabang. Suatu molekul gula memiliki sifat pereduksi yang dapat ditentukan dengan jumlah gugus hidroksil yang reaktif serta glukosa yang biasanya terletak di atom nomer satu atau anomerik (Winarno, 1984).

Pati bersifat tidak larut dalam air, namun apabila suspensi pati dipanaskan bisa terjadi gelatinasi sesudah mencapai suhu tertentu (suhu gelatinasi). Pemanasan mengakibatkan energi kinetik molekul-molekul dalam air menjadi lebih kuat dibandingkan daya tarik menarik antar molekul pati dalam granula, sehingga air bisa masuk ke dalam granula pati sehingga pati akan mengembang. Granula pati bisa pecah sehingga kembali pada keadaan semula. Perubahan sifat inilah yang disebut gelatinasi (Winarno, 1984).

Pati tidak dapat larut di dalam air dingin sedangkan pati di dalam air panas akan membentuk larutan yang lebih kental. Apabila campuran air dan pati dipanaskan, unsur-unsur pati bisa mengembang serta mengabsorpsi air dalam jumlah yang besar. Air yang berdifusi dalam jumlah besar dapat menyebabkan gelatinasi kemudian membentuk gel yang dapat memudahkan proses hidrolisis (Ega, 2002).

Hidrolisis karbohidrat dapat menggunakan asam sesuai dengan sifatnya, contohnya adalah polisakarida apabila dihidrolisis akan menghasilkan beberapa monosakarida serta oligosakarida 2 sampai 6 monosakarida, sedangkan monosakarida tidak bisa dihidrolisis menjadi bagian yang lebih sederhana (Girindra, 1993).

E. Hidrolisa Pati

Hidrolisa merupakan dekomposisi kimia dengan pertolongan air guna memisahkan ikatan kimia dari substansinya. Hidrolisis pati yaitu proses pemecahan molekul amilum menjadi bagian yang lebih sederhana yaitu glukosa, maltosa, isomaltosa serta dekstrin (Terahara et al., 2004).

Metode hidrolisis merupakan suatu metode yang digunakan untuk memproduksi sirup glukosa dari pati umbi-umbian, salah satunya yaitu ubi jalar. Metode hidrolisis bisa dibagi menjadi beberapa cara yaitu menggunakan cara hidrolisis enzimatis, hidrolisis asam serta gabungan dari hidrolisis enzim dan asam. Hidrolisis enzimatis mempunyai kelebihan dibandingkan hidrolisis asam, yaitu kondisi prosesnya yang bisa dikontrol, menghasilkan lebih sedikit abu serta produk sampingan, kerusakan warna bisa diminimalkan dan anggaran pemurnian lebih murah (Konwar dan Sagar, 2018).

Enzim amilase bisa digunakan untuk memproduksi sirup glukosa yaitu menggunakan metode hidrolisis enzimatis. HCl adalah asam yang biasa untuk hidrolisis asam (Triyono, 2010). Proses hidrolisis menggunakan enzim mempunyai beberapa kelebihan apabila dibandingkan menggunakan metode hidrolisis asam dikarenakan proses pemutusan rantai polimernya lebih

spesifik sehingga dapat menghasilkan produk yang sesuai dengan keinginan, kondisi prosesnya bisa dikontrol dan tidak ekstrim yaitu suhu sedang serta pH yang mendekati netral (Rochmawatin, 2010).

Faktor-faktor yang mempengaruhi selama proses hidrolisis pati yaitu:

1. Suhu

Suhu yang tinggi akan membuat laju reaksi selama hidrolisis menjadi naik, baik yang menggunakan katalis maupun tidak menggunakan katalis. Pengaruh temperatur terhadap enzim ternyata sedikit kompleks, misalnya temperatur yang terlalu tinggi bisa mempercepat pemecahan maupun pemisahan enzim, namun di sisi lain bisa mengakibatkan terjadinya kerusakan pada enzim, namun apabila suhu yang terlalu rendah menyebabkan gelatinisasi tidak sempurna.

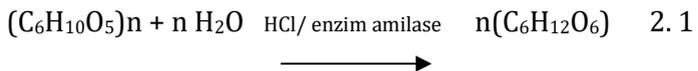
2. Katalis

Pemakaian katalis dengan konsentrasi yang rendah lebih disukai sebab bisa mempermudah pencampuran larutan sehingga reaksi bisa berjalan secara efektif dan merata. Pemakaian konsentrasi katalis yang rendah bisa mengurangi kecepatan reaksi, namun hal tersebut bisa diatasi dengan cara menaikkan suhu.

3. Waktu

Waktu hidrolisis dapat mempengaruhi konversi yang dihasilkan. Semakin lama waktu hidrolisis berlangsung maka semakin tinggi pula konversi yang dihasilkan. Hal tersebut dikarenakan peluang zat reaktan saling bertumbukan dan bereaksi akan semakin besar, sehingga konversi yang di hasilkan semakin tinggi pula (Fajar, 2007).

Reaksi yang terjadi antara pati dan air berlangsung lambat sehingga diperlukan pemercepat reaksi berupa katalis untuk memperbesar kereaktifan air. Apabila menggunakan air yang banyak maka reaksinya adalah reaksi orde satu sehingga perubahan reaktan bisa diabaikan. Proses mengubah pati menjadi gula diperlukan katalisator bisa berupa asam maupun enzim yang diperlukan dalam proses hidrolisis melalui reaksi pada persamaan 2.1 (Dyartanti, Artati & Nur, 2009)



F. Enzim Amilase

Enzim amilase adalah jenis enzim yang dapat menghidrolisis pati menjadi glukosa. Enzim amilase dibagi menjadi dua kelompok berdasarkan kemampuan hidrolitiknya yaitu enzim α -amilase yang dapat menghidrolisis ikatan α -1,4-glikosidik dan enzim gluk-

amilase yang dapat menghidrolisis ikatan α -1,6-glikosidik (Pandey et al., 2000).

Enzim merupakan molekul biopolimer dan tersusun dari serangkaian asam amino dalam komposisi dan susunan rantai yang teratur dan tetap. Enzim memiliki peranan yang sangat penting dalam berbagai reaksi kimia yang terjadi di dalam sel yang mungkin sangat sulit dilakukan oleh reaksi kimia biasa (Chang, Delwiche & Wang, 2002).

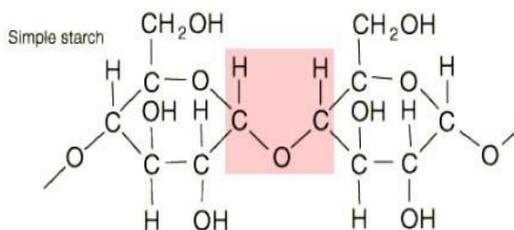
1. Enzim α -amilase

Enzim amilase merupakan salah satu jenis enzim yang berperan dalam menghidrolisis pati menjadi glukosa. Contohnya adalah enzim jenis α -amilase dan glukoamilase. Enzim α -amilase bekerja menghidrolisis di ikatan α -1,4 secara acak pada bagian dalam molekul amilosa dan molekul amilopektin. Hidrolisis enzim α -amilase pertamanya menghasilkan dekstrin yang dipecah lagi menjadi campuran antara maltosa, maltotriosa, glukosa serta ikatan yang lebih panjang lainnya (Melliawati et al., 2016).

Enzim α -amilase atau E.C.3.2.2.1 α -1,4 glucan-glucanohydrolase yaitu enzim yang dapat mengkatalisis reaksi hidrolisis ikatan α -1,4 glikosidik pada pati, glikogen dan turunan polisakarida lainnya. Gambar ikatan pada α - 1,4 glikosida yang diputus

oleh enzim α -amilase dapat dilihat pada gambar 2.4 (Konwar dan Sagar, 2018)

Penggunaan enzim α -amilase umumnya dalam bidang industri makanan dan minuman, industri tekstil, industri kertas, industri detergen, bioetanol, pengolahan limbah cair. Kebutuhan enzim α -amilase sangat besar yaitu sekitar 30% dari produksi enzim dunia.



Gambar 2. 4 Gambar ikatan pada α -1,4 glikosida yang diputus oleh enzim α -amilase

2. Enzim Glukoamilase

Glukoamilase atau α -1,4-glukano glukohidrolase adalah enzim ekstraseluler yang mampu menghidrolisis ikatan α -1,4 pada rantai amilosa, amilopektin, pullulan dan glikogen. Enzim glukoamilase juga bisa menyerang ikatan α -1,6 di titik percabangan, walaupun dengan laju yang lebih rendah. Hal ini berarti bahwa pati bisa diuraikan

secara sempurna menjadi glukosa (Melliawati et al., 2016).

G. Hidrolisis Enzimatis

Hidrolisis pati secara enzimatis ada beberapa enzim yang bekerja spesifik yaitu pola pemutusan, ikatan glikosidik yang diputus, spesifitas substrat, produk yang dihasilkan dan aktifitasnya. Keragaman jenis pati yang tinggi dan spesifiknya kerja enzim penghidrolisis pati sehingga produk yang dibentuk akan menyebabkan komposisi karbohidrat yang beragam (Konwar dan Sagar, 2018).

Hidrolisis pati secara enzimatis berlangsung melalui dua tahap yaitu likuifikasi dan sakarifikasi. Penggunaan enzim α -amilase pada tahap pertama yaitu likuifikasi sekitar 30-40% suspensi padatan menghasilkan maltodekstrin. Tahap kedua yaitu sakarifikasi dengan menggunakan enzim glukoamilase menghasilkan sirup glukosa (Konwar dan Sagar, 2018).

Enzim α -amilase secara alamiah terdapat pada saliva atau air liur serta pankreas. Enzim α -amilase dapat diisolasi dari *Bacillus subtilis* dan *Aspergillus oryzae* (Hebeda et al., 1992). Faktor-faktor berpengaruh dalam proses hidrolisa secara enzimatis yaitu konsentrasi enzim, substrat, suhu,

pH, lama hidrolisa, dan inhibitor (Poedjadi dan Supriyanti, 1994).

Enzim α -amilase melalui dua tahap dalam menghidrolisa pati. Tahap pertama yaitu degradasi pati menjadi maltosa serta maltotriosa secara acak dan cepat dan bersamaan dengan turunnya viskositas secara cepat. Tahap kedua yaitu terjadi penyusunan glukosa dan maltosa yang berlangsung relatif sangat lambat (Pratama, 2011).

Berdasarkan penelitian terdahulu (Winarno, 1984) enzim α -amilase ketika hidrolisis ikatan karbon pati dapat menghasilkan fraksi-fraksi molekul yang terdiri dari 6 sampai 7 unit glukosa. Apabila waktu reaksinya diperpanjang maka komponen akan terhidrolis lagi menjadi campuran antara glukosa, maltosa, dan maltotriosa (Tjokroadikoesoemo, 1988).

Enzim umumnya bekerja secara optimum kisaran pH antara lima sampai enam sedangkan temperatur tinggi diperlukan ketika proses gelatinisasi supaya amilosa dan amilopektin bisa dengan mudah terhidrolis oleh enzim. Konsentrasi enzim α -amilase untuk menghasilkan dekstrin dan tapioka berkisar antara 0,05-0,25%, yaitu kisaran waktu hidrolisis antara 30 sampai 15 menit (Laga dan Langkong, 2006).

Hidrolisa secara enzimatis mempunyai perbedaan mendasar dengan hidrolisis menggunakan asam. Hidrolisis

secara asam umumnya menggunakan asam kuat yang dapat memutus rantai pati secara acak, sementara hidrolisis enzimatis dapat memutuskan rantai pati secara spesifik di percabangan tertentu. Umumnya enzim yang digunakan untuk hidrolisa pati menghasilkan glukosa yaitu enzim α -amilase dan glukoamilase (Konwar dan Sagar, 2018). Enzim α -amilase berperan dalam hidrolisis pati, glikogen dan α -1,4-glukan. Enzim glukoamilase dapat menghidrolisis ikatan α -1,4 pada rantai amilosa, amilopektin, glikogen, serta pullulan. Enzim glukoamilase memutus ikatan α -1,6 di titik percabangan, sehingga molekul pati bisa diuraikan kembali secara sempurna menjadi glukosa.

H. Kajian Hasil Penelitian yang Relevan

Penelitian-penelitian yang dijadikan kajian dalam penelitian yang akan dilakukan:

1. Suripto et., al. (2013) melaporkan penelitian tentang sirup glukosa dapat diproduksi lewat proses hidrolisis pati menggunakan gabungan enzim dan hidrolisis asam menghasilkan senyawa D-glukosa, maltosa, dan polimer D-glukosa.
2. Adrian et., al. (2020) melaporkan penelitian tentang hidrolisa enzimatis pati ubi jalar menjadi glukosa menggunakan enzim amiloglukosidase dan pullulanase. Hasilnya didapatkan konsentrasi substrat yang optimal adalah 35% dengan tingkat kemanisan 30,05.

3. Collares et., al., (2012) melaporkan penelitian tentang pati singkong difokuskan pada enzim penghidrolisis pati seperti α -amilase, amiloglukosidase, dan pektinase untuk mencapai efisiensi hidrolisis maksimum sekitar 98%, menghasilkan total gula reduksi 160 g/L.
4. Penelitian Permanasari dan Yulistiani (2017) tentang pembuatan gula cair dari pati singkong yang dihidrolisis menggunakan enzim α -amilase dan glukoamilase. Hasil terbaik diperoleh pada konsentrasi substrat 33,3% dan volume enzim sebesar 0,3 mL yaitu memiliki kecepatan hidrolisis yang paling cepat untuk proses liquifikasi dan sakarifikasi.
5. Penelitian Rahmawati et., al. (2017) mengenai produksi gula cair yang berbahan dasar dari kulit singkong (*Manihot utilissima pohl*) memanfaatkan *bacteri bacillus licheniformis* sebagai mikroorganisme yang dapat menghasilkan enzim. Penggunaan mikroorganisme dianggap dapat meminimalisir biaya karena isolat mikroorganisme bisa digunakan berkali-kali. Hasil gula cair yang diperoleh mengandung kalori sebesar 113 kkal/100 gram. Hasil uji biokimia pada uji selivanoff tidak menunjukkan reaksi positif dan pada uji benedict menunjukkan reaksi positif.
6. Dewi et., al, (2019) melaporkan penelitian tentang kulit singkong digunakan sebagai bahan baku dalam produksi

glukosa cair fungsional. Hidrolisis bahan pati kulit singkong menggunakan katalis karbon tersulfonasi. Studi tersebut melakukan pengembangan produksi glukosa cair dengan memberikan keunggulan yaitu kandungan antioksidan dengan memanfaatkan ekstrak tanaman jahe.

7. Keberhasilan riset Melliawati dan Rahman (2019) tentang kulit singkong bisa dimanfaatkan untuk produksi enzim amilase kompleks dengan aktivitas enzim yang tinggi. Gula bisa dihasilkan secara maksimal dari umbi-umbian, menggunakan konsentrasi substrat 20%, konsentrasi enzim 15% serta waktu inkubasi 72 jam.
8. Triyono (2010) melaporkan penelitian tentang pembuatan gula cair menggunakan metode hidrolisis pati secara enzimatik bisa menghasilkan rendemen serta kualitas gula cair yang lebih tinggi apabila dibandingkan menggunakan metode hidrolisis asam.
9. Jariyah dan Sudaryati (2011) melaporkan tentang analisa produksi glukosa menggunakan hidrolisis enzimatik pati garut dengan membandingkan waktu dalam proses sakarifikasi 6, 12, dan 24 jam menunjukkan bahwa proses sakarifikasi dengan waktu 24 jam memiliki kadar air, gula pereduksi, % dekstrosa ekuivalen, dan nilai viskositas yang tinggi.

10. Sutamihardja et., al (2017) melaporkan penelitian tentang singkong sebagai bahan dasar dalam pembuatan gula cair menggunakan hidrolisis asam klorida. Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai rendemen tertinggi pada konsentrasi HCL 0,75 N dan waktu hidrolisis 90 menit yaitu sebesar 80,51%.

BAB III

METODE PENELITIAN

A. Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilakukan mulai bulan Juli – September 2022. Tempat penelitian dilakukan di Laboratorium Kimia, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Walisongo Semarang. Karakterisasi FTIR tepung pati kulit singkong dan gula cair dilakukan di Laboratorium Fisika, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Semarang.

B. Alat dan Bahan

Alat dan bahan yang digunakan dalam pembuatan gula rendah kalori dari kulit singkong adalah:

1. Alat:

Alat yang digunakan dalam penelitian ini antara lain wadah penampung tepung, gelas beaker Iwaki, erlenmeyer, blender, refraktometer, oven, *furnace*, *hotplate magnetic stirrer*, kain saring, cawan porselen, pH meter, tabung reaksi, ayakan 80 mesh, neraca analitik, labu ukur 250 mL, gelas ukur 100 mL, gelas ukur 5 mL, pipet tetes, batang pengaduk, corong gelas, termometer, desikator, penangas air dan FT-IR

(*Fourier Transform Infrared*) di UIN Walisongo Semarang.

2. Bahan :

Bahan yang digunakan antara lain limbah kulit singkong, aquades, enzim α -amilase, enzim glukamilase, Na_2CO_3 0,2 N, arang aktif, lugol, pereaksi benedict dan label.

C. Cara Kerja

1. Pembuatan Tepung Kulit Singkong

Limbah kulit singkong dibersihkan dari kulit terluarnya. Kemudian kulit singkong yang telah dibersihkan dihaluskan memakai blender dan ditambahkan aquades sebanyak 2 L. Setelah itu diperas kemudian disaring dengan menggunakan kain saring. Hasil penyaringan didiamkan guna mengendapkan patinya selama 8 jam. Air pada bagian atas dibuang sedangkan pati dicuci menggunakan air dan diendapkan kembali sampai terjadi pemisahan. Dihasilkan pati dari endapan tersebut dan dilakukan pengeringan di bawah cahaya matahari serta pengovenan menggunakan temperatur 60°C selama 1 jam dan dihaluskan kembali lalu diayak menggunakan ayakan 80 mesh (Konwar dan Sagar, 2018).

2. Karakterisasi Tepung Pati Kulit Singkong

a. Rendemen (AOAC, 2005)

Rendemen tepung pati kulit singkong diperoleh perbandingan antara berat tepung pati dengan berat awal bahan baku (kulit singkong segar). Rumus rendemen dapat dilihat pada persamaan 3.1. Kulit singkong yang telah dibersihkan ditimbang sebanyak 100 g kemudian hasil akhir tepung kulit singkong yang diperoleh ditimbang (Sutamihardja et al., 2017).

$$\text{Rendemen} = \frac{\text{Berat akhir}}{\text{Berat awal}} \times 100\% \quad (3.1)$$

b. Uji Kadar Air (AOAC, 2005)

Kadar air adalah faktor yang berpengaruh besar terhadap daya awet suatu bahan olahan. Semakin rendah kadar air maka semakin lambat pula pertumbuhan mikroba sehingga bahan pangan tersebut dapat tahan lama (Winarno, 1997).

Prinsip analisis kadar air adalah menguapkan molekul air bebas yang terdapat dalam sampel. Uji kandungan air dilakukan dengan menggunakan metode oven. Sampel ditimbang sampai didapatkan bobot konstan diibaratkan sebagai seluruh air yang terkandung dalam sampel yang telah diuapkan.

Berat selisih sebelum dan sesudah pengeringan adalah banyaknya kandungan air yang telah diuapkan. Prosedur uji kadar air yaitu: cawan porselen yang akan digunakan dioven terlebih dahulu selama 30 menit menggunakan suhu 100-105°C, selanjutnya cawan porselen didinginkan di dalam desikator untuk menghilangkan uap air kemudian ditimbang (A). Sampel ditimbang sebanyak 2 gram ke dalam cawan porselen yang telah dikeringkan (B). Sampel kemudian dioven dengan temperatur 100-105°C selama 6 jam lalu didinginkan dalam desikator selama 30 menit dan ditimbang (C). Prosedur tersebut diulangi sehingga mencapai bobot yang konstan. Persentase kadar air dapat dihitung dengan menggunakan rumus 3. 2.

$$\% \text{ Kadar Air} = \frac{B-C}{B-A} \times 100\% \quad (3. 2)$$

Keterangan :

A adalah berat cawan porselen kosong (gram). B

adalah berat cawan porselen + sampel awal (gram).

C adalah berat cawan porselen + sampel kering (gram).

c. Uji Kadar Abu (AOAC, 2005)

Prinsip analisis kadar abu yaitu pengabuan atau pembakaran bahan-bahan organik yang diuraikan menjadi molekul air dan karbondioksida, namun zat anorganik tidak terbakar. Prosedur untuk menentukan kadar abu yaitu: cawan porselen yang akan digunakan dioven selama 30 menit dengan temperatur 100 – 105°C, setelah itu didinginkan di dalam desikator supaya uap air menghilang kemudian ditimbang (A). Sampel pati ditimbang sebanyak 2 gram menggunakan cawan porselen yang sudah dikeringkan (B) setelah itu dimasukkan ke dalam furnace menggunakan temperatur 550-600°C selama 3 jam sampai pengabuan sempurna. Sampel yang telah diabukan kemudian didinginkan ke dalam desikator kemudian ditimbang (C). Nilai persentase kadar abu dihitung dengan menggunakan rumus 3. 3.

$$\% \text{ Kadar Abu} = \frac{C-A}{B-A} \times 100\% \quad (3. 3)$$

Keterangan :

A adalah berat cawan porselen kosong (gram). B adalah berat cawan porselen + sampel awal (gram).

C adalah berat cawan porselen + sampel kering (gram).

d. FTIR

Fourier Transform Infra Red Spectroscopy (FTIR) adalah alat yang berfungsi untuk mengidentifikasi gugus fungsi dalam molekul. Karakterisasi FTIR dilakukan terhadap sampel tepung kulit singkong yang telah dihasilkan. Analisis gugus fungsi dilakukan menggunakan spektrum FTIR dengan cara melihat bilangan gelombang dan intensitasnya.

3. Pembuatan Gula Cair (Sutamihardja et al., 2019)

Pembuatan gula cair menggunakan metode hidrolisis enzimatis terdiri atas dua tahap. Tahap pertama yaitu tahap likuifikasi. Tahap ini dengan menimbang sebanyak 30 gram tepung pati kulit singkong kemudian dilarutkan dalam 200 mL air dan diaduk rata sampai larutan menjadi homogen, selanjutnya pH diatur 5-7. Sampel yang terbentuk lalu dipanaskan dengan temperatur 90°C lalu ditambahkan enzim α -amilase sebanyak 1 mL, 3 mL dan 5 mL sambil diaduk rata. Tahap ini berlangsung selama 60 menit. Selanjutnya sampel dianalisis TSSnya (*Total Soluble Solid*).

Hasil tahap likuifikasi kemudian dilanjutkan ke tahap sakarifikasi. Sampel didinginkan sampai temperatur 60°C, pH dicek sekitar 4-4,6 kemudian ditambahkan enzim glukoamilase sebanyak 1 mL, 3 mL dan 5 mL. Tahap ini berlangsung selama 24 jam.

Gula cair yang terbentuk kemudian dinetralkan dengan Na_2CO_3 0,2 N dan ditambahkan 0,1 gram arang aktif kemudian dipanaskan menggunakan suhu 80°C dan dilakukan pengadukan selama 30 menit. Larutan didiamkan selama 1 jam dan disaring. Setelah itu dipanaskan kembali kemudian gula cair yang terbentuk dicek kekentalannya dengan menggunakan alat refraktometer. Gula cair dengan nilai TSS paling tinggi dianalisis gugus fungsinya menggunakan FTIR (Sutamihardja et al., 2019).

4. Pengujian Kandungan Gula Cair

a. Penentuan total Padatan dalam Gula Cair (Konwar dan Sagar, 2018)

Penentuan total padatan gula cair dilakukan menurut metode oven. Cawan yang akan digunakan terlebih dahulu selama 30 menit dengan suhu 100°C kemudian didinginkan di dalam desikator selama 15 menit untuk menghilangkan uap air. Sampel gula cair ditimbang sebanyak 5 gram dan dimasukkan ke

dalam cawan porselen yang sudah ditimbang secara konstan. Cawan porselen beserta sampel gula cair dimasukkan ke dalam oven dengan menggunakan suhu 80°C selama 4 jam. Sampel kering kemudian didinginkan di dalam desikator dan ditimbang sehingga mencapai bobot yang konstan. Perhitungan total padatan gula cair dengan menggunakan rumus 3.4.

$$\% \text{ total padatan} = \frac{Bp - Bo}{Bc} \times 100\% \quad (3.4)$$

Keterangan:

Bp adalah berat cawan porselen serta sampel yang telah dioven. Bo adalah berat cawan porselen. Bc adalah berat sampel gula cair.

b. Rendemen (Konwar dan Sagar, 2018)

Nilai rendemen diperoleh melalui perbandingan berat bahan kering sampel gula cair yang diperoleh dengan berat tepung pati kering kulit singkong dan dinyatakan dalam bentuk persen. Nilai rendemen gula cair dihitung menggunakan rumus 3.5.

$$\text{Rendemen (\%)} = \frac{Bs \times \left(\frac{Bk}{100}\right)}{Bp \times \left(1 - \frac{Ka}{100}\right)} \times 100\% \quad (3.5)$$

Keterangan:

Bs adalah berat gula cair. Bk adalah total padatan gula cair. Bp adalah berat pati yang digunakan. Ka adalah kadar air pati.

c. Kadar Air (AOAC, 2005)

Uji kadar air dilakukan dengan metode oven. Prosedur uji kadar air prinsipnya yaitu menguapkan molekul air yang terdapat di dalam sampel. Sampel ditimbang sampai didapatkan berat konstan yang diibaratkan sebagai seluruh air yang terkandung dalam sampel telah diuapkan. Berat selisih dari sebelum dan sesudah pengeringan adalah banyaknya air yang diuapkan. Prosedurnya yaitu: cawan porselen yang akan digunakan dioven terlebih dahulu selama 30 menit dengan temperatur sekitar 100-105°C, selanjutnya didinginkan di dalam desikator guna menghilangkan uap air kemudian ditimbang (A). Sampel ditimbang sebanyak 5 gram ke dalam cawan yang sudah dikeringkan (B) kemudian dioven dengan temperatur 100-105°C selama 3,5 jam lalu didinginkan dalam desikator selama 30 menit dan ditimbang (C). Prosedur ini diulangi sampai mencapai bobot yang konstan. Persentase nilai kadar air menggunakan rumus 3. 6.

$$\% \text{ Kadar Air} = \frac{B-C}{B-A} \times 100\% \quad (3.6)$$

Keterangan:

A adalah berat cawan kosong (gram). B adalah berat cawan + sampel awal (gram). C adalah berat cawan + sampel kering (gram)

d. Kadar Abu (AOAC, 2005)

Timbang dengan seksama sebanyak 5 gram ke dalam cawan yang sudah diketahui bobotnya, untuk contoh sampel cairan diuapkan di atas penangas air sampai kering. Arangkan di atas nyala pembakar kemudian abukan dalam tanur listrik menggunakan suhu maksimum 550°C sampai pengabuan sempurna selama 3 jam. Kemudian didinginkan di dalam desikator dan ditimbang bobot tetapnya. Perhitungan persentase kadar abu menggunakan rumus 3.7.

$$\% \text{ Kadar Abu} = \frac{C-A}{B-A} \times 100\% \quad (3.7)$$

A adalah bobot cawan porselen kosong (gram). B adalah bobot cawan porselen dan sampel sebelum diabukan (gram). C adalah bobot cawan porselen dan sampel sesudah diabukan (gram).

e. Pengujian Kandungan Gula Pereduksi

Gula yang memiliki gugus aldehid atau keton bebas dapat mereduksi ion Cu^{2+} dalam suasana alkalis menjadi Cu^+ yang mengendap sebagai Cu_2O berwarna merah bata. Pengujian dilakukan dengan cara mengambil 3 tetes sampel lalu dimasukkan ke dalam tabung reaksi yang masih kering dan bersih. Selanjutnya sebanyak 2 mL pereaksi benedict ditambahkan dan dikocok. Setelah itu dimasukkan ke dalam penangas air selama 5 menit serta diamati perubahan warna endapannya. Pembentukan warna endapan merah bata menunjukkan reaksi positif adanya gula pereduksi (Permanasari dan Yulistiani, 2017).

f. Pengujian Kandungan Pati dalam Gula Cair

Pengujian kandungan pati secara kualitatif berguna untuk mengetahui ada atau tidak kandungan pati di dalam sampel sehingga hasil yang diperoleh berupa negatif atau positif tanpa adanya besaran kadar. Prosedur dilakukan dengan mengambil 5 sampai 10 tetes sampel gula cair yang yang diperoleh. Setiap sampel tersebut dimasukkan tabung reaksi dan ditambahkan sedikit air dengan tujuan mempermudah proses pengamatan lalu dihomogenkan. Selanjutnya

ditambahkan 3 sampai 5 tetes lugol ke setiap tabung reaksi dan diamati perubahan warnanya. Sampel positif mengandung pati apabila menghasilkan warna biru tua atau ungu (Sutamihardja et al., 2019).

g. TSS (*Total Soluble Solid*)

Pengukuran nilai derajat brix dilakukan dengan menggunakan alat refraktometer. Pengukuran nilai derajat brix berfungsi untuk mengetahui tingkat kemanisan sampel gula cair yang dihasilkan. Nilai derajat brix yang semakin tinggi menandakan bahwa semakin manis pula gula cair tersebut. Prosedur pengujian ini dilakukan dengan meneteskan sampel gula cair pada prisma refraktometer dan dibaca skalanya (Febriyanto et al., 2015). Nilai TSS yang diperoleh dalam satuan % menggunakan persamaan 3. 8.

$$\text{TSS} = \text{°Brix} \times \text{faktor pengenceran} \quad (3. 8)$$

h. Nilai pH

pH atau keasaman air merupakan derajat keasaman atau kebasaaan suatu larutan. Nilai pH diartikan sebagai kologaritma aktivitas ion hidrogen (H^+) yang terlarut. Koefisien ektivitas dari ion H^+ tidak bisa diukur secara eksperimental

sehingga nilainya berdasarkan perhitungan teoritis. Air murni yang netral dengan suhu 25°C mempunyai nilai pH 7, larutan asam mempunyai nilai pH kurang dari 7 sedangkan larutan basa mempunyai pH lebih dari 7 (Parwiyanti, Pratama dan Arnita, 2011).

i. Uji Organoleptik (Rahayu, 2001).

Pengujian organoleptik yang dilakukan dalam penelitian ini meliputi parameter fisik yaitu rasa, bau, dan warna. Pengamatan ketiga parameter tersebut dilakukan menggunakan sebanyak 20 orang panelis yang diminta untuk menilai sampel gula cair yang dihasilkan menggunakan indra penciuman, pengecap dan penglihatan.

j. Uji Gugus Fungsi menggunakan FTIR (*Fourier Transform Infrared*)

Pengujian FTIR dilakukan berfungsi untuk mengidentifikasi gugus fungsi atau bilangan gelombang dari spektra inframerah sampel menggunakan tabel korelasi gugus fungsi guna mengetahui daerah serapan senyawa yang terbentuk dari sampel gula cair tersebut. Berdasarkan informasi dari data referensi serapan inframerah, bilangan gelombang glukosa berada

pada rentang $900 \text{ cm}^{-1} - 1200 \text{ cm}^{-1}$ atau berada di panjang gelombang $8.3 \mu\text{m} - 11 \mu\text{m}$ (Dilianti, 2016).

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

Proses pembuatan gula cair menggunakan metode hidrolisis dengan menggunakan enzim. Metode hidrolisis enzimatis berlangsung melalui dua tahap yaitu likuifikasi dan sakarifikasi. Bahan utama pembuatan gula cair merupakan limbah kulit singkong yang diubah menjadi tepung pati kulit singkong. Tepung pati kulit singkong dikarakterisasi dan dapat digunakan sebagai bahan utama dalam pembuatan gula cair.

A. Pembuatan Tepung Pati Kulit Singkong

Proses pembuatan tepung pati berasal dari limbah kulit singkong hasil pengolahan industri makanan getuk di Kaliwungu, Kendal. Limbah kulit singkong yang digunakan sebanyak 5 kg. Limbah kulit singkong tersebut kemudian dibersihkan dari kulit terluarnya yang berwarna coklat dan dibilas supaya tanah yang menempel menghilang. Kulit singkong yang sudah bersih dihaluskan dengan blender dan ditambahkan aquades sebanyak 2 L supaya diperoleh hasil yang lembut sehingga bisa dengan mudah diambil sari patinya. Kulit singkong yang sudah lembut kemudian diperas menggunakan kain saring dan ditambahkan aquades sedikit demi sedikit dengan tujuan supaya menghasilkan endapan pati yang semakin banyak. Hasil

penyaringan dibiarkan selama 8 jam dengan tujuan untuk mengendapkan pati. Air bagian atas dibuang sedangkan pati dicuci dengan air dan diendapkan kembali sampai terbentuk dua lapisan.

Endapan pati yang didapatkan dalam kondisi basah sehingga harus dikeringkan terlebih dahulu dengan bantuan sinar matahari dengan tujuan untuk mencegah jamur. Setelah pati kering, dilakukan pengovenan menggunakan temperatur 60°C selama 1 jam kemudian dihaluskan menggunakan ayakan 80 mesh supaya tepung tahan lama apabila disimpan dalam jangka beberapa waktu. Tepung pati kulit singkong yang diperoleh seperti bubuk berwarna putih kecoklatan yang memiliki tekstur halus dapat dilihat pada gambar 4.1.



Gambar 4. 1 Gambar tepung pati kulit singkong

Rumus kimia pati yang mengikat air adalah $(C_6H_{10}O_5 \cdot H_2O)_n$ (Sudarmadji, 2003). Secara umum tepung

dan pati memiliki bentuk struktur yang sama, namun tepung dan pati memiliki perbedaan yaitu pati hanya tersusun dari dua fraksi yaitu amilosa dan amilopektin sedangkan pada tepung tersusun dari pati, protein serta polimer-polimer dan senyawa lainnya (Antarlina dan Utomo, 1999).

B. Karakteristik Tepung Pati Kulit Singkong

1. Nilai Rendemen, kadar air dan kadar abu

Tepung pati kulit singkong dianalisis nilai rendemen, kadar air, kadar abu dan FTIR. Hasil dari analisis uji tersebut dapat dilihat dari tabel 4.1.

Tabel 4. 1 Komposisi tepung pati kulit singkong

Analisis	Nilai
Rendemen	5,44%
Kadar air	25%
Kadar abu	1%

Hasil analisis data diatas, rendemen yang diperoleh dengan membandingkan berat tepung pati kulit singkong yang diperoleh dengan berat awal bahan baku (kulit singkong) diperoleh sebesar 5,44%. Kadar air sebesar 25% dan kadar abu sebesar 1%. Menurut Standar Nasional Indonesia (SNI) kadar air maksimal 20% dan kadar abu maksimal sebesar 1%.

Analisis kadar air dalam suatu bahan makanan dapat mempengaruhi kualitas dan daya simpan dari

bahan tersebut, karena berkaitan dengan aktivitas mikrobiologi yang terjadi selama sampel tersebut disimpan. Jika kadar air suatu makanan tidak memenuhi syarat maka bahan pangan tersebut akan mengalami perubahan secara fisik maupun kimiawi yang ditandai dengan tumbuhnya mikroorganisme sehingga menyebabkan bahan pangan tersebut tidak layak untuk dikonsumsi.

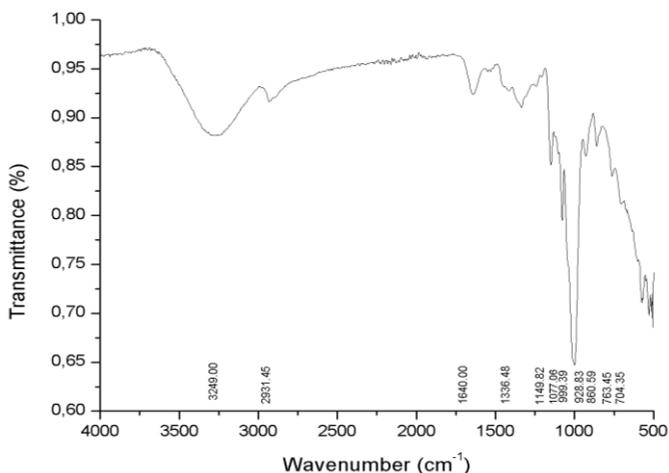
Penentuan kadar air merupakan hal penting dalam proses pengolahan makanan maupun pendistribusian. Penentuan kadar air suatu bahan pangan bertujuan untuk menentukan banyaknya zat gizi yang terkandung dalam bahan pangan tersebut. Proses pemanasan suatu bahan pangan dengan suhu tertentu maka air dalam bahan pangan tersebut akan menguap sehingga berat bahan akan menjadi konstan. Berkurangnya berat pangan menunjukkan bahwa banyaknya air yang terkandung dalam bahan pangan tersebut (Winarno, 1984).

Kadar abu di dalam suatu bahan makanan menunjukkan adanya kandungan mineral dalam bahan tersebut. Berdasarkan referensi dari (Deman, 1997), bahan mineral bisa berupa garam organik atau anorganik maupun dapat digabung dengan organik seperti fosfor digabung dengan fosfoprotein dan logam

yang digabung dengan enzim. Kandungan mineral dalam suatu makanan biasanya ditentukan dengan menggunakan cara pengabuan.

2. Karakterisari *Spektrofotometer Infrared* (FTIR) Tepung Pati Kulit Singkong

Analisis instrumen *Fourier Transform Infrared* (FTIR) dilakukan untuk mengetahui gugus fungsi yang terdapat dalam tepung pati kulit singkong.



Gambar 4. 2 Karakterisasi FT-IR tepung pati kulit singkong

Spektrum FTIR tepung pati kulit singkong memberikan puncak-puncak serapan pada daerah gelombang 3249,00 cm⁻¹; 2931,45 cm⁻¹; 1640,00 cm⁻¹; 1336,48 cm⁻¹; 1149,82 cm⁻¹; 1077,06 cm⁻¹; 999,39 cm⁻¹; 928,83 cm⁻¹; 860,59 cm⁻¹; 763,45 cm⁻¹; 704,35 cm⁻¹.

Tabel 4. 2 Hasil gugus fungsi dan bilangan gelombang tepung pati kulit singkong

Gugus Fungsi	Bilangan gelombang (cm ⁻¹)	
	Standard Pati (Castillo et al., 2019)	Tepung pati kulit singkong
O-H stretching	3800 – 3020	3249,00
C-H stretching	3020 – 2830	2931,45
-OH bending	1240	1336,48
C-O-C	1080 – 1010	1077,06
Ikatan glikosidik	930	928,83
C-O-C karbohidrat	856	860,59

Berdasarkan tabel 4.2 hasil FTIR tepung pati kulit singkong memiliki gugus O-H pada bilangan gelombang 3249,00 cm⁻¹. Ikatan vibrasi milik O-H yang muncul pada kisaran daerah bilangan gelombang 3700-3100 cm⁻¹ menunjukkan adanya daerah penyerapan air di dalam sampel (Anita dan Akbar, 2013). Gugus C-H di panjang gelombang 2931,45 cm⁻¹, gugus -OH di sekitar panjang gelombang 1336,48 cm⁻¹ dan gugus C-O-C di bilangan gelombang 1077,06 cm⁻¹. Menurut (Prameswari, 2022) pada panjang gelombang kisaran 1240,28 cm⁻¹ terdapat gugus -OH dalam bidang serta terdapat gugus C-O-C di luar bidang di gelombang kisaran 1080,18 cm⁻¹.

Spektrum FTIR terdapat ikatan glikosidik polisakarida di panjang bilangan 928,83 cm⁻¹ dan ikatan tanpa C-O-C karbohidrat di bilangan gelombang 860,59 cm⁻¹.

1. Berdasarkan penelitian (Prameswari, 2022) ikatan glikosidik polisakarida muncul pada bilangan gelombang $928,76 \text{ cm}^{-1}$ dan ikatan tanpa C-O-C karbohidrat muncul pada panjang gelombang $860,29 \text{ cm}^{-1}$.

C. Pembuatan Gula Cair

Tepung pati kulit singkong sebanyak 30 gram dilarutkan dengan aquades sebanyak 200 mL kemudian diaduk sampai larutan menjadi homogen. pH larutan tersebut diatur 5-7. Sampel yang terbentuk kemudian dipanaskan dengan temperatur 90°C lalu ditambahkan dengan enzim α -amilase dengan volume 1 mL, 3 mL dan 5 mL sambil diaduk rata. Temperatur 90°C dipilih karena dengan suhu tersebut, enzim α -amilase dapat berkerja secara optimum sehingga dapat mempermudah kerja enzim α -amilase dalam menghidrolisis pati (Sutamihardja et al., 2019). Ketika proses hidrolisis berlangsung, didalam pati akan terjadi gelatinasi yang membantu enzim α -amilase memecah rantai polisakarida pati (Howling, 1979). Gelatinisasi adalah proses yang terjadi ketika granula pati dipanaskan dengan air yang cukup sehingga terjadi pengembangan granula pati dan menghasilkan cairan yang kental untuk memberikan kualitas produk yang diinginkan (Rohaya et al., 2013).

Penelitian ini menggunakan enzim sebagai katalis dengan memvariasikan volume enzim yang digunakan. Katalis merupakan zat yang mempercepat reaksi kimia. Tujuan memvariasikan volume enzim adalah untuk mengetahui pengaruh dari penambahan enzim terhadap kualitas gula cair yang dihasilkan (Rayhani, Kurniasih, & Ramadhana, 2018)

Proses likuifikasi berlangsung selama 60 menit. Proses likuifikasi akan memecah pati menjadi dekstrin, maltosa dan glukosa. Dekstrin adalah hasil dari hidrolisis pati yang tidak sempurna. Pengurangan panjang rantai tersebut akan menyebabkan perubahan sifat awal pati yang tidak mudah larut dalam air diubah menjadi dekstrin yang mudah larut. Dekstrin memiliki sifat sangat larut dalam air panas maupun air dingin dengan viskositas yang relatif rendah (Permanasari dan Yulistiani, 2017).

Enzim α -amilase akan menghidrolisis substrat pati yang mempunyai struktur granula lebih terbuka dan akan menghasilkan rantai yang lebih pendek yaitu berupa komponen amilosa dan amilopektin. Ketika enzim α -amilase bereaksi dengan substrat pati yang sudah mengalami gelatinisasi maka enzim α -amilase akan menghidrolisis ikatan dalam pati yang memiliki ikatan hidrogen yang telah melemah bersamaan penurunan viskositas dengan cepat disebabkan depolimerasi. Semakin

lama waktu hidrolisis maka kesempatan enzim α -amilase dalam menghidrolisis ikatan α -1,4 glikosidik dalam pati akan semakin besar (Rahmawati dan Sutrisno, 2015).

Amilase adalah karbohidrase yaitu enzim yang menghidrolisis ikatan α -1,4 glikosidik dari pati (oligosakarida dan polisakarida) dengan cara mentransfer gugus glikosil (donor) ke H_2O (akseptor). Mekanisme kerja enzim α -amilase terdiri dari dua tahap, yaitu tahap pertama degradasi amilosa menjadi maltosa dan maltotriosa. Enzim α -amilase akan memutuskan ikatan α -1,4 glikosidik secara acak pada molekul amilosa dan amilopektin menjadi komponen sederhana yaitu maltosa, maltotriosa, glukosa dan beberapa oligosakarida bercabang. Semakin banyak jumlah rantai pati yang terputus mengakibatkan semakin banyak pula gugus OH yang reaktif sehingga gula pereduksi yang dihasilkan akan semakin tinggi. Tahap kedua terjadi pembentukan glukosa, maltosa dan satu seri α -limit dekstrin serta oligosakarida yang terdiri dari empat atau lebih glukosa yang mengandung ikatan α -1,6-glikosidik (Winarno, 1997).

Aktivitas enzim α -amilase dipengaruhi oleh pH dan suhu. Enzim α -amilase mempunyai kondisi optimum pada suhu 90-105°C dengan pH 5,6-6,0. Suhu yang terlampaui tinggi dari kondisi optimum akan mengganggu dan merusak enzim, sedangkan pemberian suhu yang terlampau rendah

dari kondisi optimum akan menyebabkan gelatinisasi pati tidak sempurna (Rahmawati dan Sutrisno, 2015).

Hasil tahap likuifikasi kemudian dilanjutkan ke tahap sakarifikasi. Pati yang telah terdegradasi menjadi dekstrin selanjutnya temperatur diturunkan sampai 60°C pH diatur 4,0-4,6 kemudian ditambahkan enzim glukoamilase sebanyak 1 mL, 3 mL dan 5 mL sambil diaduk (Sutamihardja et al., 2019). Enzim glukoamilase berfungsi untuk mengkatalisis reaksi hidrolisis pada ikatan α -1,4-glikosidik dan α -1,6 glikosidik dari pati non-pereduksi, pati serta oligosakarida untuk membentuk α -D-glukosa (Sauer et al., 2000).

Kerja enzim diatur dalam kondisi pH 4-4,6 dalam proses sakarifikasi. pH optimum untuk enzim α -amilase sekitar 5,0-6,0 dan untuk enzim glukoamilase sekitar 4,5-5,0 (Sivaramakrishnan et al., 2006). Kondisi pH tersebut merupakan kondisi optimum aktivitas enzim. Nilai pH suatu substrat mempengaruhi aktivitas katalitik enzim serta kualitas gula cair yang dihasilkan.

Gula cair yang terbentuk ditambahkan dengan Na_2CO_3 dan arang aktif. Larutan Na_2CO_3 berfungsi untuk menetralkan gula cair yang terbentuk. Penggunaan arang aktif dalam proses ini bertujuan untuk menghilangkan kotoran-kotoran dan warna yang tidak dikehendaki (untuk penjernihan). Arang aktif memiliki kemampuan adhesi yang

kuat sehingga dapat untuk mengikat, mengendapkan serta menggumpalkan komponen-komponen organik maupun anorganik.

Proses pembuatan gula cair dibutuhkan adsorben untuk menyerap dan menjernihkan larutan. Adsorben secara umum dibagi menjadi 2 jenis yaitu adsorben polar dan adsorben non polar. Adsorben polar disebut dengan *hydrophilic* contohnya adalah silika gel, alluminia aktif dan zeolit. Sedangkan adsorben non polar disebut juga *hydrophobic* contohnya yaitu polimer adsorben dan karbon aktif atau arang aktif (Ramadhan, 2019).

Arang aktif termasuk jenis adsorben non polar. Arang aktif memiliki daya serap iodine yang disebabkan karena arang aktif memiliki pori-pori dengan jumlah yang besar berupa unsur karbon bebas yang masing-masing berikatan secara kovalen dan karena adanya perbedaan energi potensial antara permukaan arang dan zat yang diserap. Kemampuan daya serap arang aktif akan bertambah seiring dengan naiknya tekanan dan suhu serta turunnya nilai pH. Pemakaian bahan penjernih seperti arang aktif berfungsi menjernihkan larutan gula cair, dimana mekanisme penjernihannya tergantung bentuk dan konsentrasi arang aktif yang digunakan.

Pati termodifikasi mulai digunakan dalam industri minuman tertentu sebagai bahan utama dalam proses

produksi, salah satu produk modifikasi pati yaitu maltodekstrin. Maltodekstrin adalah senyawa hasil hidrolisis pati yang tidak sempurna, terdiri dari gula dalam bentuk sederhana yang rendah kalori (Kurniawati, 2015).

Maltodekstrin merupakan hasil yang diperoleh dari hidrolisis pati menggunakan katalis enzim (Marta, Tensiska & Riyanti, 2017). Produk maltodekstrin yang dihasilkan dapat memenuhi kebutuhan pasar, baik dalam skala nasional maupun skala internasional.

D. Komposisi Gula Cair

Analisa gula cair tepung pati kulit singkong meliputi total padatan gula, rendemen, kadar air, kadar abu, kandungan gula pereduksi, kandungan pati, uji fitokimia, pH, TSS, uji organoleptik dan FTIR.

1. Penentuan Total Padatan dalam Gula Cair

Penambahan volume enzim berpengaruh terhadap nilai presentase total padatan. Berdasarkan tabel 4.3 dapat disimpulkan bahwa semakin tinggi penambahan enzim maka nilai presentase total padatan terlarut yang diperoleh akan semakin tinggi. Variasi pada penambahan enzim sebanyak 5 mL menghasilkan total padatan terlarut tertinggi sebesar 13,77% karena di dalam sampel tersebut terkandung banyak glukosa didalamnya. Banyaknya kandungan glukosa disebabkan adanya penggunaan enzim

sebagai katalis yang menyebabkan terjadinya tumbukan antar molekul air dan pati. Tumbukan tersebut menyebabkan terjadinya energi aktivasi reaksi yang akan turun sehingga membuat laju reaksi semakin cepat (Efendi, Hartiati & Suhendra, 2019). Hasil penentuan padatan gula cair dapat dilihat pada tabel 4.3.

Tabel 4. 3 hasil penentuan total padatan dalam gula cair

Volume enzim (mL)	Berat sampel yang digunakan (g)	Berat sampel setelah dikeringkan (g)	% total padatan
1	5,01	0,51	10,18
3	5,02	0,65	12,35
5	5,01	0,69	13,77

Peningkatan total padatan terlarut dalam gula cair disebabkan adanya pemutusan rantai panjang senyawa-senyawa karbohidrat menjadi senyawa gula yang larut (Pantastico dan Venter, 1997). Terjadinya peningkatan nilai total padatan terlarut sejalan dengan peningkatan volume enzim yang menyebabkan terjadinya pemutusan rantai-rantai panjang senyawa karbohidrat menjadi senyawa gula yang telah larut di dalam air. Karbohidrat terhitung

sebagai total padatan terlarut yang larut di dalam air sehingga karbohidrat akan membentuk gugusan yang lebih sederhana seperti glukosa dan sukrosa (Efendi, Hartiati, dan Suhendra, 2019).

2. Rendemen

Pengukuran nilai rendemen gula cair dihitung berdasarkan perbandingan berat akhir terhadap berat awal dan dinyatakan dalam persen.

Tabel 4. 4 Tabel nilai rendemen

Variasi volume enzim (mL)	Nilai Rendemen (%)
1	17,43
3	20,32
5	23,93

Berdasarkan tabel 4.4 dapat dilihat bahwa nilai rendemen tertinggi sebesar 23,93% pada penambahan enzim 5 mL sedangkan nilai rendemen terendah adalah 17,43% pada penambahan volume enzim sebanyak 1 mL. Hal tersebut menunjukkan bahwa penambahan volume enzim berpengaruh terhadap presentase nilai rendemen. Semakin banyak penambahan enzim maka semakin tinggi pula nilai rendemennya (A. Rahmawati dan Yunianta, 2015).

3. Kadar air

Pengujian kadar air dilakukan selama 3,5 jam menggunakan oven dengan suhu 100°C. Sampel gula

cair yang awalnya berwarna coklat muda menjadi coklat kering dan semakin sedikit karena adanya penguapan. Nilai kadar air dapat dilihat pada tabel 4.5.

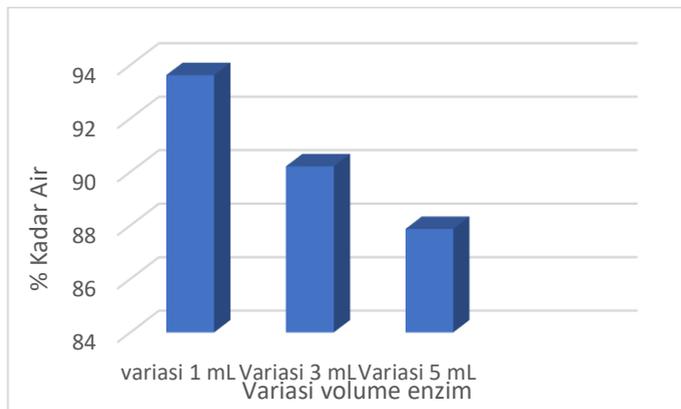
Tabel 4. 5 Tabel hasil analisis kadar air sampel gula cair

Variasi volume enzim (mL)	Berat awal sampel (gram)	Berat sampel setelah dioven (gram)	% kadar air
1	5,01	0,59	93,62
3	5,01	0,49	90,21
5	5,03	0,61	87,87

Hasil data dalam Tabel 4.5 kadar air yang diperoleh paling tinggi adalah sebesar 93,62% yaitu pada variasi penambahan volume enzim 1 mL dan kadar air paling rendah sebesar 87,87% pada variasi penambahan volume enzim 5 mL. Hasil kadar air sampel gula cair semakin banyak penambahan enzim maka semakin sedikit kadar air yang didapatkan. Hal tersebut disebabkan karena semakin banyak molekul gula sederhana atau gula reduksi yang dihasilkan. Semakin banyak ikatan glikosidik yang dapat dipecah, maka semakin banyak molekul sederhana yang dihasilkan. Setiap pemutusan ikatan glikosidik akan

menarik air kedalam molekul gula sederhana yang dihasilkan (Sa'id dan Suriadi, 1994).

Kadar air dipengaruhi oleh penambahan volume enzim yang digunakan. Semakin sedikit kadar air yang terkandung dalam gula cair maka semakin baik mutu sirup glukosa karena nilai viskositasnya semakin tinggi sehingga gula cair akan semakin kental, selain itu kadar air yang rendah akan mengurangi bahaya pertumbuhan mikroba (Kusnandar, 2010). Hasil analisis kadar air dari penelitian (Rejeki, Puspitasari & Wedowati, 2017) dalam pembuatan gula cair menghasilkan berkisar 87-93% kadar air. Berdasarkan hasil penelitian (Lumoindong dan Mamuja, 2016) gula cair menghasilkan kadar air tertinggi yaitu 76%.



Gambar 4. 3 Pengaruh variasi volume enzim terhadap persentase kadar air

4. Kadar abu

Pengujian kadar abu sampel gula cair dilakukan menggunakan furnace dengan suhu 550°C selama 3 jam. Sampel gula cair yang awalnya berwarna coklat muda setelah diabukan menjadi berwarna putih berupa serbuk. Hasil analisis kadar abu sampel gula cair dapat dilihat pada tabel 4. 6.

Tabel 4. 6 Tabel hasil analisis kadar abu sampel gula cair

Variasi volume enzim (mL)	Berat sampel sebelum diabukan (gram)	Berat sampel setelah dioven (gram)	% kadar abu
1	5,02	0,01	0,198
3	5,03	0,02	0,397
5	5,00	0,03	0,6

Persentase kadar abu paling tinggi terdapat pada penambahan volume enzim 5 mL yaitu sebesar 0,6% sedangkan kadar abu paling rendah terdapat pada penambahan volume enzim 1 mL yaitu sebesar 0,198%. Kadar abu yang diperoleh dalam tabel 4.6 sudah memenuhi standar SNI sirup gula cair. Menurut Standar Nasional Indonesia (SNI) kadar abu mempunyai standar baku dalam hasil sirup gula cair yang dihasilkan yaitu maksimal sebesar 1%. Semakin sedikit kadar abu yang terkandung dalam gula cair

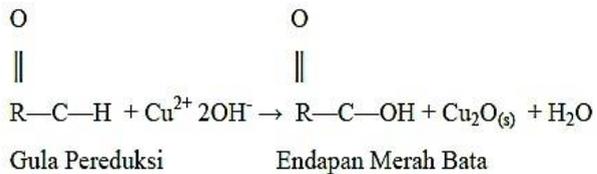
maka semakin baik kualitasnya. Bahan pangan 96% merupakan komponen dari bahan anorganik dan air sedangkan sisanya merupakan unsur-unsur mineral. Penentuan kadar abu berhubungan dengan kandungan mineral, kemurnian serta kebersihan suatu bahan yang dihasilkan (Zahro, 2013). Peningkatan kadar abu dipengaruhi oleh terlarutnya garam-garam mineral yang terkandung didalam pati yang merupakan sumber sirup gula cair (Yuniarti, 2004).

5. Pengujian Kandungan Gula Pereduksi

Gula pereduksi adalah golongan gula (karbohidrat) yang dapat mereduksi senyawa-senyawa penerima elektron, contohnya adalah glukosa. Uji kualitatif ini bertujuan untuk membuktikan ada atau tidaknya gula pereduksi yang terdapat dalam sampel gula cair. Gula pereduksi memiliki ujung yang mengandung gugus aldehida atau keton bebas. Semua jenis monosakarida yaitu fruktosa, glukosa maupun galaktosa dan disakarida yaitu laktosa dan maltosa kecuali sukrosa dan pati termasuk sebagai gula pereduksi.

Gula yang memiliki gugus aldehid atau keton bebas akan mereduksi ion Cu^{2+} dalam suasana alkalis

menjadi Cu^+ yang akan mengendap sebagai Cu_2O yang berwarna merah bata dapat dilihat pada gambar 4. 4. Pembentukan warna merah bata tersebut menunjukkan hasil reaksi positif adanya gula pereduksi. Gula pereduksi yang dihasilkan umumnya berhubungan erat dengan aktivitas enzim, yaitu semakin tinggi aktivitas enzim maka semakin tinggi pula kandungan gula pereduksinya.



Gambar 4. 4 Reaksi uji benedict

Tabel 4. 7 Tabel hasil uji kandungan gula pereduksi

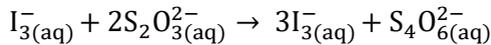
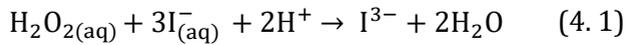
Variase volume enzim (mL)	Perubahan warna	Hasil
1	Merah bata	Positif
3	Merah bata	Positif
5	Merah bata	Positif

6. Pengujian Kandungan Pati

Uji kandungan pati dilakukan untuk mengetahui ada atau tidaknya kandungan pati yang terdapat dalam sampel gula cair menggunakan larutan lugol. Pengujian kandungan ini dilakukan secara kualitatif sehingga hasil yang didapatkan

hanyalah positif atau negatif tanpa adanya besaran kisaran.

Mekanisme yang terjadi pada uji iodin ini adalah KI akan membentuk kompleks triiodida dalam air yang kemudian masuk kedalam granula pati dan membentuk warna biru pekat dapat dilihat pada persamaan nomor 4. 1 (Soendoro, 2005).



Pati adalah senyawa poli-sakarida yang banyak terkandung dalam tepung yang berasal dari umbi-umbian. Hasil analisis kandungan pati yang telah dilakukan terhadap sampel gula cair didapatkan hasil negatif pada semua variasi penambahan volume enzim, dapat dilihat dalam tabel 4.8.

Tabel 4. 8 Tabel hasil uji kandungan pati

Variase volume enzim (mL)	Perubahan warna	Hasil
1	Hitam	Negatif
3	Hitam	Negatif
5	Hitam	Negatif

Penambahan lugol tidak membuat perubahan warna pada sampel gula cair. Hal ini menunjukkan bahwa semua bahan baku tepung pati kulit singkong

yang digunakan dalam pembuatan gula cair telah terhidrolisis secara sempurna. Sampel akan menunjukkan hasil positif apabila masih terdapat pati dalam sampel gula cair yang menandakan bahwa masih ada pati yang belum terhidrolisis. Hal ini dapat diamati dengan perubahan warna yang terjadi, apabila terjadi perubahan warna menjadi biru tua atau ungu maka sampel glukosa cair tersebut positif mengandung pati.

7. TSS (*Total Soluble Solid*)

Penentuan TSS atau *Total Soluble Solid* dilakukan dengan cara menggunakan alat refraktometer. Sampel diteteskan pada lensa refraktometer, dilihat angka pada skala dalam satuan °Brix.

Proses pengukuran dalam brix bertujuan untuk mengetahui kadar atau konsentrasi zat padat yang terlarut dalam larutan (brix).

Tabel 4. 9 Tabel hasil TSS

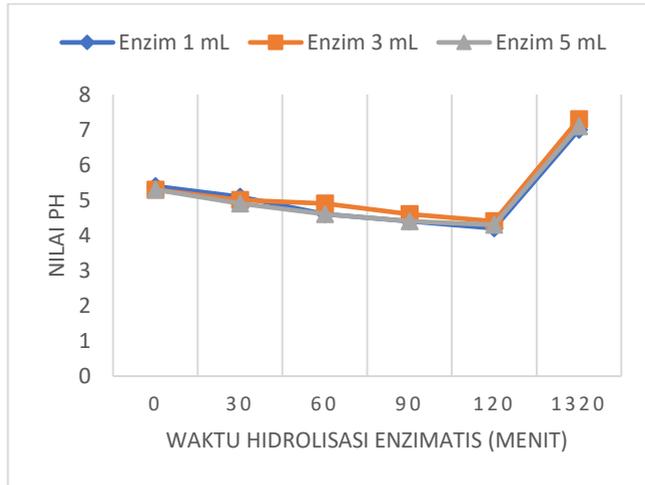
Variasi volume enzim (mL)	TSS (°Brix)
1	15
3	30
5	75

Berdasarkan tabel 4.12, diketahui bahwa penambahan volume enzim memberikan pengaruh terhadap parameter TSS. Nilai TSS tertinggi pada perlakuan penambahan volume enzim 5 mL yaitu sebesar 75 °Brix sedangkan TSS terendah sebesar 15 °Brix pada perlakuan penambahan volume enzim 1 mL. Hal tersebut menunjukkan bahwa penambahan volume enzim berpengaruh terhadap nilai TSS gula cair, semakin banyak penambahan volume enzim maka semakin banyak pula nilai TSS nya sehingga gula cair yang dihasilkan akan semakin manis.

8. pH

Derajat keasaman atau pH adalah derajat keasaman yang digunakan untuk menyatakan tingkat keasaman atau kebasaan suatu larutan. Nilai pH sampel gula cair menggambarkan konsentrasi ion hidrogen bebas yang terkandung di dalam bahan. Nilai pH awal yang merupakan bahan awal gula cair yaitu tepung pati yang dilarutkan dalam air memiliki nilai pH berkisar 5,3-5,4. Berdasarkan gambar 4.5 perlakuan waktu hidrolisa enzimatis berpengaruh dengan nilai pH sampel gula cair sedangkan perlakuan jumlah penggunaan volume enzim tidak mempengaruhi nilai pH sampel gula cair. Pengaruh

waktu hidrolisa terhadap nilai pH sampel gula cair dapat dilihat pada gambar 4.5.



Gambar 4. 5 Pengaruh waktu hidrolisa enzimatis terhadap nilai pH

Nilai pH suatu substrat berpengaruh terhadap aktivitas katalitik enzim dan kualitas gula yang dihasilkan. Pengukuran nilai pH hasil hidrolisis setelah proses likuifikasi dan sakarifikasi menunjukkan bahwa pH yang dihasilkan berada pada kisaran 4,2 sampai 4,6. Hal ini menunjukkan bahwa nilai pH yang didapatkan masih berada pada kisaran optimum aktivitas enzim.

Nilai pH pada menit ke 30 sampai ke 120 mengalami penurunan. Hal ini dikarenakan semakin lama waktu hidrolisis maka semakin tinggi

kandungan gula pereduksi yang dihasilkan sehingga akan meningkatkan kadar asam yang terkandung dalam sampel gula cair yang dihasilkan. Gula sederhana yang terbentuk dari proses hidrolisis enzimatis termasuk dari golongan aldehid yang dapat berpengaruh pada tingkat keasaman suatu bahan.

Hasil akhir derajat keasaman atau pH sampel gula cair hidrolisa pati kulit singkong diperoleh antara nilai rata-rata yaitu 7,0-7,3 (gambar 4.5). Hasil pengukuran nilai pH menunjukkan bahwa sampel gula cair dari hidrolisa pati kulit singkong tersebut bersifat netral. Sampel gula cair memiliki nilai pH netral karena adanya penambahan Na_2CO_3 0,2 N yang dilakukan setelah proses sakarifikasi.

9. Uji Organoleptik

Uji organoleptik yang digunakan yaitu uji hedonik (uji kesukaan) terhadap 20 orang panelis dengan menggunakan indra penciuman, penecap dan penglihatan. Panelis dimintakan tanggapan pribadinya tentang kesukaan atau sebaliknya. Tingkat-tingkat kesukaan disebut sebagai skala hedonik. Skala hedonik dapat diubah menjadi skala numerik dengan angka mutu menurut tingkat kesukaan. Dengan menggunakan data numerik dapat dilakukan analisis data secara parametrik

(Setyaningsih dan Apriyantono, 2010). Pada penelitian ini, parameter sampel yang dilakukan adalah uji organoleptik rasa, warna dan aroma.

Tabel 4. 10 Uji organoleptik warna

Skala Hedonik	Skala Numerik
Sangat keruh	4
Keruh	3
Agak keruh	2
keruh	1

Tabel 4. 11 Uji organoleptik rasa

Skala Hedonik	Skala Numerik
Sangat manis	4
Manis	3
Agak manis	2
Tidak manis	1

Tabel 4. 12 Uji organoleptik aroma

Skala Hedonik	Skala Numerik
Sangat bau	4
Bau	3
Agak bau	2
Tidak bau	1

Tabel 4. 13 Nilai rata-rata hasil uji organoleptik

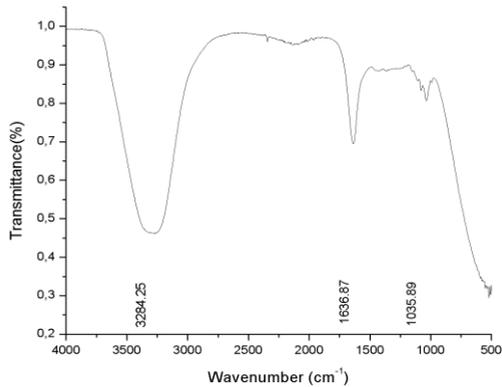
Variasi volume enzim (mL)	Warna	Rasa	Aroma
1	2,4	1,95	2,7
3	3,35	2,65	3,1
5	3,8	3,4	3,2

Berdasarkan skala numerik uji organoleptik warna dan rasa. Semakin tinggi nilai numeriknya maka warna gula cair semakin keruh dan rasanya semakin manis. Hasil rata-rata nilai dari panelis paling sedikit pada penambahan volume enzim 1 mL dan nilai rata-rata paling banyak pada penambahan volume enzim sebanyak 5 mL di uji organoleptik warna dan rasa. Hal tersebut menunjukkan bahwa penambahan volume enzim berpengaruh terhadap warna dan bau gula cair yang dihasilkan.

Hasil uji organoleptik rasa, panelis memberikan nilai rata-rata pada kisaran 2,7-3,2 yang artinya rata-rata sampel gula cair dari variasi 1 mL, 3 mL dan 5 mL berada pada kisaran aroma bau yang sama. Hal tersebut menunjukkan bahwa penambahan volume enzim tidak berpengaruh dalam uji organoleptik aroma.

Warna, rasa dan aroma dari suatu makanan berpengaruh terhadap penampakan sehingga dapat meningkatkan daya tarik dan memberikan informasi kepada konsumen mengenai karakteristik suatu makanan.

10. Karakterisasi *Spektrofotometer Infrared* (FTIR) Gula Cair

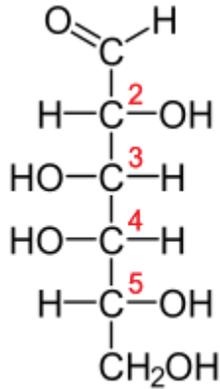


Gambar 4. 6 Karakterisasi FT-IR gula cair

Berdasarkan gambar 4.6 didapatkan spektrum FTIR dari sampel gula cair memberikan puncak-puncak serapan pada daerah gelombang 3284,25 cm^{-1} ; 1636,87 cm^{-1} dan 1035,89 cm^{-1} .

Serapan di panjang gelombang 3284,25 cm^{-1} merupakan serapan dari gugus hidroksil yaitu O-H stretching (Kanmani, 2011), serapan pada panjang gelombang 1636,87 cm^{-1} merupakan gugus karbonil yaitu C=O vibrasi stretching dari mannanosa atau galaktosa, struktur galaktosa dapat dilihat pada gambar 4.7 (Kavita et al., 2014). Bilangan gelombang 1035,89 cm^{-1} merupakan pita serapan yang didominasi oleh vibrasi cincin yang tumpang tindih

atau vibrasi stretching dari C-OH dan vibrasi dari ikatan glikosidik C-O-C dari karbohidrat (Zhang et al., 2013).



Gambar 4. 7 Struktur Galaktosa

BAB V

KESIMPULAN

A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis data dan pembahasan maka dapat disimpulkan bahwa:

1. Karakteristik tepung pati kulit singkong adalah nilai rendemen 5,44%, kadar air sebesar 25%, kadar abu 1% dan karakterisasi FTIR tepung pati kulit singkong telah memenuhi standar pati.
2. Penambahan volume enzim memberikan pengaruh terhadap nilai °Brix gula cair. Semakin tinggi penambahan volume enzim maka semakin tinggi nilai °Brix.
3. Gula cair yang dihasilkan memiliki total padatan 13,77%, rendemen 23,93%, kadar air 80,87%, kadar abu 0,6%, TSS 75 °Brix, pH 7,1 dan karakterisasi FTIR gula cair telah memenuhi standar.

B. Saran

1. Disarankan untuk penelitian selanjutnya dilakukan uji *Nelson-Somogyi* untuk mengetahui kadar gula pereduksi yang terkandung dalam gula cair.
2. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut untuk penentuan syarat mutu gula cair lainnya sesuai dengan SNI-01-2978-1992 yang belum dilakukan dalam penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdushshamad, Muhammad Kamil. 2002. Mukjizat Ilmiah Dalam Al-Qur'an.
- Adrian, Andi Zulfikar Syaiful, Ridwan, & Hermawati. 2020. Sakarifikasi Pati Ubi Jalar Putih Menjadi Gula Dekstrosa Secara. *Saintis* 1(1): 1-12.
- Al-kayyis, Hasanul Kiyani & Hari Susanti. 2016. Perbandingan Metode Somogyi-Nelson Dan Anthrone-Sulfat Pada Penetapan Kadar Gula Pereduksi Dalam Umbi Cilembu (*Ipomea Batatas L.*). *Journal of Pharmaceutical Sciences and Community* 13(02): 81-89.
- Anita, Zulisma, dan Fauzi Akbar. 2013. Pengaruh Penambahan Gliserol Terhadap Sifat Mekanik Film Plastik Biodegradasi dari Pati Kulit Singkong. *Jurnal Teknik Kimia USU* 2(2): 37-41.
- Antarlina, S S, dan J S Utomo. 1999. Proses Pembuatan Dan Penggunaan Tepung Ubi Jalar Untuk Produk Pangan. *Dalam Edisi Khusus Balitkabi*: 30-41.
- Castillo, Luciana A et., al. 2019. Crystalline Morphology of Thermoplastic Starch/Talc Nanocomposites Induced by Thermal Processing. *Heliyon* 5(6): e01877.
- Chang, Shih-Ying, Stephen R Delwiche & Nam Sun Wang. 2002. Hydrolysis Of Wheat Starch and Its Effect On The Falling Number Procedure: Mathematical Model. *Biotechnology and bioengineering* 79(7): 768-75.
- Darwin, Philips. 2013. *Menikmati Gula Tanpa Rasa Takut*. Yogyakarta: Sinar Ilmu.
- Demam, John M. 1997. *Kimia Makanan*. Bandung: Penerbit ITB.
- Dewi, Yuniza Shentiya, Noor Laila & Iryanti Fatyasari Nata. 2019. Produksi Glukosa Cair Fungsional dengan Ekstrak Jahe dari Hidrolisis Pati Kulit Singkong. *Prosiding Seminar Nasional Teknik Kimia* (April): 1-7.
- Dilianti, Febria. 2016. Spektroskopi Inframerah Transformasi Fourier. *Institus Teknologi Sepuluh November*.
- Dyartanti, Endah Retno, Enny Kriswiyanti Artati & Adrian Nur. 2009. Bioetanol Fuel Grade Dari Talas (*Colocasia*

- Esculenta). *Ekulibrium* 8(1): 1-6.
- Efendi, Muhamad Erwin, Amna Hartiati & Lutfi Suhendra. 2019. Karakteristik Gula Cair dari Sisa Ekstraksi Pati pada Variasi Jenis dan Konsentrasi Asam. *Jurnal Rekayasa Dan Manajemen Agroindustri* 7(3): 401.
- Ega, La. 2002. Kajian Sifat Fisik dan Kimia serta Pola Hidrolisis Pati Ubi Jalar Jenis Unggul secara Enzimatis dan Asam.
- Faoji, Yahman. 2009. Studi Kelayakan Pendirian Industri Sirup Glukosa Dari Tapioka Di Pesantren Raudlatul Ulum, Pati. IPB (Bogor Agricultural University).
- Hebeda et., al. 1992. Starch Hydrolyzing Enzymes. *Developments in carbohydrate chemistry*.: 65-85.
- Howling, D. 1979. The General Science and Technology of Glucose Syrups. *Sugar: Science and Technology*: 259-85.
- De Idral, Daniel, Marniati Salim & Elida Mardiah. 2012. Pembuatan Bioetanol dari Ampas Sagu dengan Proses Hidrolisis Asam dan Menggunakan *Sacchomyces Cerevisiae*. *Jurnal Kimia Unand* 1(1): 34-39.
- Indah, Nur dan Tjahjani, Siti. 2013. Karakterisasi Hasil dan Penentuan Laju Reaksi Sakarifikasi Umbi Dekstrin Umbi Suweg (*Amorphophallus Campanulatus* BI) Menjadi Sirup Glukosa. *Unesa Journal of Chhemistry* 2(3): 167-74.
- Jariyah, Rudi Nurismanto & H P Sudaryati. 2011. Produksi Sirup Glukosa Hasil Hidrolisis Enzimatis Pati Garut.
- Johnson et., al. 2010. Production Of High Fructose Syrup From Cassava and Sweet Potato Flours and Their Blends With Cereal Flours. *Food science and technology international* 16(3): 251-58.
- Kanmani, P. 2011. Production and Purification of a Novel Exopolysaccharide from Lactic Acid Bacterium *Streptococcus Phocae* PI80 and Its Functional Characteristics Activity in Vitro. *Bioresour Technol* 102(7): 4827-33.
- Kavita et., al. 2014. Characterisation and Anti-Biofilm Activity of Extracellular Polymeric Substances from *Oceanobacillus Iheyensis*. *Carbohydrate polymers* 101: 29-35.

- Konwar, B. K., & Kalpana Sagar. 2018. *Lipase Application of Lipases*.
- Kurniawati, Indah. 2015. Karakteristik Maltodekstrin Biji Nangka dengan Hidrolisis Enzim α -Amilase. *Profesi (Profesional Islam): Media Publikasi Penelitian* 13(1).
- Kusnandar. 2010. *Komponen Makro*. Jakarta: PT. Dian Rakyat.
- Laga dan Langkong. 2006. Study of Enzymatic Dextrin Production by Using Tapioca. *Universitas Hasanuddin*.
- Lumindong et., al. 2016. Produksi Gula Cair dari Limbah Selulosik Sebagai Alternatif Pengganti Cairan Infus. *J. Ilmu dan Teknologi Pangan* 4(1): 36–43.
- Marta, Herlina, Tensiska Tensiska & Lia Riyanti. 2017. Karakterisasi Maltodekstrin dari Pati Jagung (*Zea Mays*) Menggunakan Metode Hidrolisis Asam pada Berbagai Konsentrasi. *Chimica et Natura Acta* 5(1): 13–20.
- Melliawati, Ruth et., al. 2016. Seleksi dan Identifikasi Bakteri Endofit Potensial Penghasil Enzim Protease dari Taman Nasional Gunung Halimun (the Selection and Identification of Potential Endophyte Bacteria as Protease Enzyme Producer From Halimun Mount National Park).” *Biopropal Industri* 7(2): 73–82.
- Melliawati, Ruth & Farida Rahman. 2019. Enzyme Production From Cassava Peels by *Aspergillus Awamori* KT-11: The Making of Natural Sweetener From Several Tubbers. *Annales Bogorienses* 23(1): 20.
- Mustafa, Arnida. 2016. Analisis Proses Pembuatan Pati Ubi Kayu (Tapioka) Berbasis Neraca Massa. *Agrointek* 9(2): 118.
- Official Analytical Chemists, Association, and Association of Official Agricultural Chemists (US). 1925. *2 Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists*. The Association.
- Olanbiwoninu, Afolake Atinuke & Sunday Ayodele Odunfa. 2016. Production of Cellulase and Xylanase by *Aspergillus Terreus* KJ829487 Using Cassava Peels as Substrates. *Advances in Microbiology* 06(07): 502–11.
- Pandey, Ashok et., al. 2000. Advances in Microbial Amylases.

- Biotechnology and applied biochemistry* 31(2): 135–52.
- Pantastico, Er B dan F Venter. 1997. Physiological Damage of Tomato.
- Parwiyanti, Filli Pratama, and Renti Arnita. 2011. *Sifat Kimia dan Fisik Gula Cair dari Pati Umbi Gadung (Dioscorea Hispida Dennts)*. *Jurnal Teknologi dan Industri Pangan* 22(2): 171–78.
- Permanasari, Ayu Ratna & Fitria Yulistiani. 2017. Pembuatan Gula Cair dari Pati Singkong dengan Menggunakan Hidrolisis Enzimatis. *Fluida* 11(2): 9–14.
- Poedjiadi, Anna & F M Titin Supriyanti. 1994. *Dasar-Dasar Biokimia*. Jakarta: Universitas Indonesia.
- Prameswari et., al. 2022. Sintesis Plastik Biodegradable dari Pati Kulit Singkong dan Kitosan Kulit Larva Black Soldier Fly dengan Penambahan Polyethylene Glycol Sebagai Plasticizer. *Jurnal Pendidikan* 6(2019): 4454–61.
- Pratama, Filli. 2011. *Sifat Kimia dan Fisik Gula Cair dari Pati Umbi Gadung (Dioscorea hispida dennts)*. *Jurnal Tenologi dan Industri Pangan XXII*(2).
- Prinsip Dasar Ilmu Gizi. 2010. *Almatsier S*.
- Purwono & Heni Purnamawati. 2007. *Budidaya 8 Jenis Tanaman Pangan Unggul*. Penebar Swadaya.
- Rahayu, Winiati Pudji. 2001. *Penuntun Praktikum Penilaian Organoleptik*. Bogor: Jurusan Teknologi Pangan dan Gizi. Fakultas Teknologi Pangan. IPB. Bogor.
- Rahmawati, Alifia Yuanika & Aji Sutrisno. 2015. *Hidrolisis Tepung Ubi Jalar Ungu (Ipomea batatas l.) secara Enzimatis Menjadi Sirup Glukosa Fungsional: Kajian Pustaka*. *Pangan dan Agroindustri* 3(3): 1152–59.
- Rahmawati, Atik & Yunianta Yunianta. 2015. *Hidrolisis Enzimatis Pati Jahe Emprit (Zingiber officinale var. rubrum) dengan Enzim Alfa-Amilase*. *Jurnal Pangan dan Agroindustri* 3(3).
- Rahmawati, Nurul, R.S. Budiarti & Harlis. 2017. Kajian Pembuatan Gula Cair Berbahan Dasar Kulit Singkong (Manihot utilissima pohl.) dengan Pemanfaatan Bakteri Bacillus Licheniformis. *Pendidikan Biologi FKIP*

Universitas Jamb: 1–10.

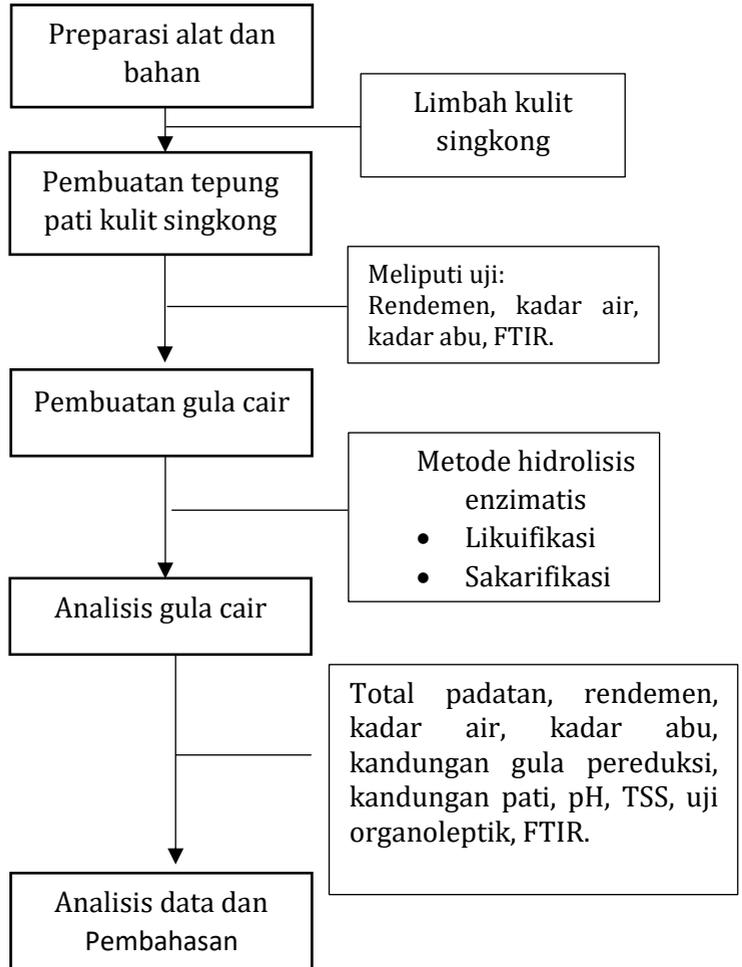
- Ramadhan, Gema Aulia. 2019. Pengaruh Suhu Dan Waktu Sakarifikasi Terhadap Karakteristik Produk Gula Cair Sorgum (*Sorghum Bicolor*).
- Rattanachomsri et., al. 2009. Simultaneous Non-Thermal Saccharification of Cassava Pulp by Multi-Enzyme Activity and Ethanol Fermentation by *Candida Tropicalis*. *Journal of Bioscience and Bioengineering* 107(5): 488–93.
- Rayhani, Zulfa, Eka Kurniasih & Al-Dhita Ramadhana. 2018. Pengaruh Rasio Enzim A-Amilase Terhadap Kualitas Maltodekstrin. *Prosiding SNST ke-9 Tahun 2018*: 53–57.
- Rejeki, Fungsi Sri, Diana Puspitasari & Endang Retno Wedowati. 2017. *Keunggulan Kompetitif Gula Cair Kimpul*. *Journal of Research and Technology* 3(1): 46–53.
- Richana, Nur. 2013. *Menggali Potensi Ubi Kayu dan Ubi Jalar*. Bandung: Nuansa Cendekia.
- Rochmawatin, N. 2010. Pengaruh Konsentrasi Enzim dan Lama Sakarifikasi pada Hidrolisis Enzimatis Terhadap Produksi Sirup Glukosa dari Pati Ubi Kayu (*Manihot esculenta*).” *Universitas Islam Negeri (UIN) Maulana Malik Ibrahim Malang*.
- Rohaya, Syarifah, Nida El Husna & Khairul Bariah. 2013. *Penggunaan Bahan Pengisi Terhadap Mutu Nugget Vegetarian Berbahan Dasar Tahu dan Tempe*. *Jurnal Teknologi dan Industri Pertanian Indonesia* 5(1).
- Sa'id & Subekti Suriadi. 1994. *Studi Produksi Sirup Glukosa Dari Tepung Talas (Coloscasia esculenta, L Schott)*. Bogor: Jurnal Teknologi Industri Pertanian. IPB.
- Salim, Emil. 2011. *Mengolah Singkong Menjadi Tepung Mocaf Bisnis Produk Alternatif Pengganti Terigu*. Yogyakarta: Lily Publisher.
- Sauer et., al 2000. Glucoamylase: Structure/Function Relationships, and Protein Engineering. *Biochimica et Biophysica Acta (BBA)-Protein Structure and Molecular Enzymology* 1543(2): 275–93.
- Savitri, Rizky & Widayastutik. 2013. Faktor-Faktor yang Memengaruhi Produksi Gula PTPN VII (Persero). *Jurnal*

- Manajemen & Agribisnis* 10(3): 175–81.
- Setyaningsih & Apriyantono. 2010. Analisis Sensoris untuk Industri Pangan dan Agro.
- Shihab, M Quraish. 2007. *Membumikan Al-Quran: Fungsi Dan Peran Wahyu Dalam Kehidupan Masyarakat*. Mizan Pustaka.
- Sivaramakrishnan, Swetha et., al. 2006. A-Amylases from Microbial Sources--an Overview on Recent Developments. *Food Technol Biotechnol* 44(2): 173–84.
- Srichuwong, Sathaporn et., al. 2005. Starches From Different Botanical Sources I: Contribution of Amylopectin Fine Structure to Thermal Properties and Enzyme Digestibility. *Carbohydrate polymers* 60(4): 529–38.
- Sudarmadji, Slamet. 2003. *Prosedur Analisa untuk Bahan Makanan Dan Pertanian*. Yogyakarta: Liberty.
- Suripto, Suripto, M. Syamsul Maarif & Yandra Arkeman. 2013. *Pengembangan Gula Cair Berbahan Baku Ubi Kayu Sebagai Alternatif Gula Kristal dengan Pendekatan Sistem Inovasi*. *Jurnal Teknik Industri* 3(2).
- Sutamihardja et., al. 2017. 5 Jurnal Sains Natural *Hidrolisis Asam Klorida Tepung Pati Singkong (Manihot Esculenta Crantz) dalam Pembuatan Gula Cair*.
- Sutamihardja et., al. 2019. Perbandingan Hidrolisis Enzimatis dan Asam Terhadap Pati Jagung Manis (*Zea Mays L.*) dalam Pembuatan Gula Cair. *Jurnal Sains Natural* 7(2): 58.
- Terahara, N et al. 2004. *Characterization of Acylated Anthocyanins in Callus Induced From Storage Root of Purple-Fleshed Sweet Potato, Ipomoea Batatas L.* *Journal of Biomedicine and Biotechnology* 2004(5): 279.
- Tjokroadikoesoemo, P Soelijanto. 1988. *HFS dan Industri Ubi Kayu Lainnya*. Gramedia.
- Triyono, Agus. 2010. Mempelajari Pengaruh Maltodekstrin dan Susu Skim Terhadap Karakteristik Yoghurt Kacang Hijau (*Phaseolus Radiatus L.*). *Seminar*: 1–8.
- Virlandia, Feby. 2008. Pembuatan Sirup Glukosa dari Pati Ubi Jalar (*Ipomoea Batatas*) dengan Metode Enzimatis.
- Winarno, F. G. 1984. *Kimia Pangan Dan Gizi*.

- . 1997. *Kimia Pangan Gizi*. Jakarta: PT. Gramedia Pustaka Utama. Edisi Kedua.
- Yuniarti, Yusak. 2004. *Pengaruh Variasi Volume HCl 0, 5 N dan Waktu Hidrolisis Terhadap Mutu Sirup pada Pembuatan Sirup Glukosa dari Pati Ubi Jalar (Ipomea Batatas L, Sin Batatas Edulis Choisy)*. Jurnal Sains dan Kimia. Universitas Negeri Sumatera Utara. Medan.
- Yuniwati, Murni, Dian Ismiati & Reny Kurniasih. 2011. *Kinetika Reaksi Hidrolisis Pati Pisang Tanduk dengan Katalisator Asam Chlorida*. Jurnal Teknologi dan Industri Pangan 4(2): 1-6.
- Zahro, Nurul. 2013. "Analisa Mutu Pangan dan Hasil Pertanian. *Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas*.
- Zhang, Li et., al. 2013. Antioxidant Activity of an Exopolysaccharide Isolated from Lactobacillus Plantarum C88. *International Journal of Biological Macromolecules* 54: 270-75.

LAMPIRAN

Lampiran 1. Diagram Alir Penelitian



Lampiran 2. Dokumentasi Pembuatan Tepung Pati Kulit Singkong

Pembuatan tepung pati kulit singkong



singkong



Kulit singkong



Kulit singkong
diblender



Kulit singkong
setelah di
diamkan 8 jam
membentuk 2
lapisan



Pati kulit
singkong



Hasil tepung pati
setelah dikeringkan
dan di ayak 80 mesh

Uji Rendemen



Berat awal kulit
singkong



Berat cawan +
kertas saring



Berat cawan +
kertas saring +
tepung pati



Berat cawan
kosong



Berat cawan +
sampel kering



Hasil uji air



Cawan kosong



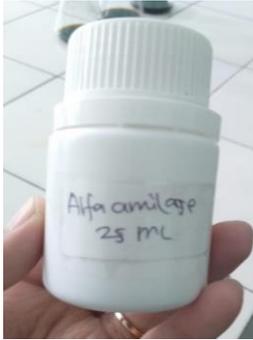
Berat cawan +
sampel kering



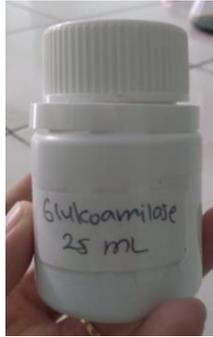
Hasil uji abu

Lampiran 3. Pembuatan Gula Cair

Pembuatan gula cair



Enzim alfa amilase



Enzim
glukoamilase



Penimbangan
tepung pati kulit
singkong
sebanyak 30 gr



Di atur pH 5-7



Penambahan
enzim alfa
amilase dan di
atur suhunya
90°C sambil di
aduk



Penambahan
enzim
glukoamilase



Gula cair yang terbentuk dinetralkan dengan Na_2CO_3 dan ditambahkan arang aktif



Hasil produk gula cair



Hasil uji abu kadar abu sampel gula cair



Hasil uji kadar air sampel gula cair



Hasil °Brix variasi penambahan enzim 1 mL



Hasil °Brix variasi penambahan enzim 3 mL



Hasil °Brix variasi penambahan enzim 5 mL



Uji kandungan gula pereduksi berwarna merah bata (+)



Uji kandungan pati dalam gula cair berwarna hitam (-)



Uji Alkaloid negatif



Uji Flavanoid negatif



Uji Steroid negatif

Lampiran 4. Perhitungan dalam Tepung Pati Kulit Singkong

1. Penentuan nilai rendemen tepung pati kulit singkong

Berat awal kulit singkong = 100 gram

Berat cawan+kertas saring =60,27 gram

Berat cawan+kertas saring+tepung pati = 65,71 gram

$$\text{Rendemen} = \frac{\text{berat akhir}}{\text{berat awal}} \times 100\%$$

$$= \frac{(65,71-60,27)gr}{100 gr} \times 100\%$$

$$= \frac{5,44 gr}{100 gr} \times 100\%$$

$$= 5,44\%$$

2. Penentuan % kadar air tepung pati kulit singkong

Berat cawan kosong = 48,36 gram

Berat sampel awal = 2 gram

Berat cawan+sampel kering = 49,86 gram

$$\% \text{ Kadar Air} = \frac{B-C}{B-A} \times 100\%$$

$$= \frac{(50,36-49,86)gr}{(50,36-48,36)gr} \times 100\%$$

$$= \frac{0,5}{2} \times 100\%$$

$$= 25\%$$

3. Penentuan % kadar abu tepung pati kulit singkong

Berat cawan kosong = 58,88 gram

Berat sampel awal = 2 gram

Berat cawan + sampel kering = 58,90 gram

$$\% \text{ Kadar Abu} = \frac{C-A}{B-A} \times 100\%$$

$$= \frac{(58,90-58,88)gr}{(60,88-58,88)gr} \times 100\%$$

$$= \frac{0,02}{2} \times 100\%$$

$$= 1\%$$

Lampiran 5. Perhitungan dalam sampel gula cair

1. Perhitungan total padatan gula cair

Volume enzim	Berat cawan kosong (Bo)	Berat sampel awal (Bc)	Berat cawan+sampel kering (Bp)	% Persen padatan
1 mL	48,33 g	5,01 g	48,84 g	10,18
3 mL	54,35 g	5,02 g	54,97 g	12,35
5 mL	57,65 g	5,01 g	58,34 g	13,77

$$\% \text{Total Padatan} = \frac{Bp - Bo}{Bc} \times 100\%$$

$$\begin{aligned} \text{Variasi 1 mL} &= \frac{48,84 - 48,33}{5,01} \times 100\% \\ &= \frac{0,51}{5,01} \times 100\% \\ &= 10,18\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Variasi 3 mL} &= \frac{54,97 - 54,35}{5,02} \times 100\% \\ &= \frac{0,62}{5,02} \times 100\% \\ &= 12,35\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Variasi 5 mL} &= \frac{58,34 - 57,65}{5,01} \times 100\% \\ &= \frac{0,69}{5,01} \times 100\% \\ &= 13,77\% \end{aligned}$$

2. Perhitungan rendemen sampel gula cair

Variasi volume enzim	Berat gula cair yang didapat (g)	Total padatan gula cair (%)	Rendemen gula cair (%)
1 mL	38,53	10,18	17,43
3 mL	37,03	12,35	20,32
5 mL	39,11	13,77	23,93

$$\begin{aligned} \text{\% Rendemen} &= \frac{Bs \times \left(\frac{Bk}{100}\right)}{Bp \times \left(1 - \frac{Ka}{100}\right)} \times 100\% \\ \text{Variasi 1 mL} &= \frac{38,53 \times \left(\frac{10,18}{100}\right)}{30 \times \left(1 - \frac{25}{100}\right)} \times 100\% \\ &= \frac{38,53 \times 0,1018}{30 \times 0,75} \times 100\% \\ &= 17,43\% \\ \text{Variasi 3 mL} &= \frac{37,03 \times \left(\frac{12,35}{100}\right)}{30 \times \left(1 - \frac{25}{100}\right)} \times 100\% \\ &= \frac{37,03 \times 0,1235}{30 \times 0,75} \times 100\% \\ &= 20,32\% \\ \text{Variasi 5 mL} &= \frac{39,11 \times \left(\frac{13,77}{100}\right)}{30 \times \left(1 - \frac{25}{100}\right)} \times 100\% \\ &= \frac{39,11 \times 0,1377}{30 \times 0,75} \times 100\% \\ &= 23,93\% \end{aligned}$$

3. Perhitungan % kadar air sampel gula cair

Volume enzim	Berat cawan kosong (A)	Berat sampel awal	Berat cawan+ sampel kering (C)	% kadar air
1 mL	59,26 g	5,01	59,85 g	93,61
3 mL	41,07 g	5,01	41,56 g	90,21
5 mL	87,87 g	5,03	70,25 g	87,87

$$\text{\% Kadar air} = \frac{B-C}{B-A} \times 100\%$$

$$\text{Variasi 1 mL} = \frac{64,27-59,85}{64,27-59,26} \times 100\%$$

$$\begin{aligned}
 &= \frac{4,69}{5,01} \times 100\% \\
 &= 93,61\% \\
 \text{Variasi 3 mL} &= \frac{46,08-41,56}{5,0146,08-41,07} \times 100\% \\
 &= \frac{4,52}{5,01} \times 100\% \\
 &= 90,21\% \\
 \text{Variasi 5 mL} &= \frac{74,67-70,25}{74,67-69,64} \times 100\% \\
 &= \frac{4,42}{5,03} \times 100\% \\
 &= 87,87\%
 \end{aligned}$$

4. Perhitungan % kadar abu sampel gula cair

Variasi volume enzim	Berat cawan kosong (A)	Berat sampel awal	Berat cawan+sampel kering (C)	% Kadar abu
1 mL	54,33 g	5,02 g	54,34 g	0,198
3 mL	57,63 g	5,03 g	57,65 g	0,397
5 mL	48,36 g	5,00 g	48,33 g	0,6

$$\% \text{ Kadar abu} = \frac{C-A}{B-A} \times 100\%$$

$$\begin{aligned}
 \text{Variasi 1 mL} &= \frac{54,34-54,33}{59,36-54,33} \times 100\% \\
 &= \frac{0,01}{5,03} \times 100\% \\
 &= 0,198\%
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Variasi 3 mL} &= \frac{57,65-57,63}{32,60-57,63} \times 100\% \\
 &= \frac{0,02}{5,03} \times 100\% \\
 &= 0,397\%
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Variasi 5 mL} &= \frac{48,36-48,33}{53,33-48,33} \times 100\% \\
 &= \frac{0,03}{5} \times 100\% \\
 &= 0,6\%
 \end{aligned}$$

Lampiran 6. Hasil Organoleptik Warna

Panelis	Variasi 1 mL	Variasi 3 mL	Variasi 5 mL
1	2	3	4
2	2	3	4
3	2	3	4
4	2	3	4
5	3	4	4
6	3	4	4
7	2	3	4
8	2	3	4
9	2	3	4
10	3	4	4
11	3	4	4
12	2	3	3
13	3	4	4
14	2	3	3
15	2	3	3
16	3	3	4
17	3	4	4
18	2	3	3
19	3	4	4
20	2	3	4
total	48	67	76
Rata-rata	2,4	3,35	3,8

Lampiran 7. Hasil Uji Organoleptik Rasa

Panelis	Variasi 1 mL	Variasi 3 mL	Variasi 5 mL
1	2	3	4
2	2	2	3
3	3	3	3
4	2	3	4
5	2	3	4
6	2	2	3
7	2	3	4
8	1	2	3
9	1	3	4
10	3	4	4
11	2	3	3
12	2	3	3
13	2	3	4
14	3	3	3
15	3	3	4
16	1	2	3
17	1	2	3
18	2	2	3
19	2	2	3
20	1	2	3
total	39	53	68
Rata-rata	1,95	2,65	3,4

Lampiran 8. Hasil Uji Organoleptik Aroma

Panelis	Variasi 1 mL	Variasi 3 mL	Variasi 5 mL
1	3	4	4
2	3	3	4
3	3	3	3
4	4	3	3
5	3	3	3
6	2	3	2
7	3	4	3
8	2	4	3
9	2	3	2
10	3	3	3
11	3	3	3
12	3	4	4
13	2	2	4
14	2	4	2
15	2	4	3
16	4	3	4
17	2	3	4
18	2	2	3
19	3	2	3
20	3	2	4
total	54	62	64
Rata- rata	2,7	3,1	3,2

RIWAYAT HIDUP

A. Identitas Diri

1. Nama : Nur Rahma Martiyana
2. Tempat & Tgl. lahir : Kendal, 25 Maret 2000
3. Alamat Rumah : Jalan Kuda RT 05 RW 07
Wonosari Ngaliyan
Semarang
4. HP : 08818603771
5. E-mail : martiyanarahma@gmail.com

B. Riwayat Pendidikan

1. MI Muhammadiyah lulus 2012
2. SMP N 28 SEMARANG lulus 2015
3. SMA N 8 SEMARANG lulus 2018

Semarang, 13 September 2022



Nur Rahma Martiyana
NIM 1808036006