

**PENGARUH ENZIM α -AMILASE , GLUKOAMILASE,
DAN GLUKOSA ISOMERASE PADA PEMBUATAN
HIGH FRUCTOSE SYRUP
DARI TEPUNG SINGKONG**

CHE 184650-04 Penelitian

Disusun untuk memenuhi tugas akhir guna mencapai
gelarsarjana di bidang ilmu Teknik Kimia

oleh :

Klara Nathania Sekarningrum Setyanti

(6141801091)

Pembimbing :

Prof. Dr. Ir. Ign. Suharto, A.P.U.

Dra. H. Maria Inggrid, M.Sc.



**PROGRAM STUDI SARJANA TEKNIK KIMIA
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN**

2022

THE EFFECT OF α -AMYLASE, GLUCOAMYLASE, AND GLUCOSE ISOMERASE ENZYMES ON THE PRODUCTION OF HIGH FRUCTOSE SYRUP FROM CASSAVA FLOUR

CHE 184650-04 Research

Compiled to fulfill the final project in order to achieve a
bachelor's degree in Chemical Engineering

By :

Klara Nathania Sekarningrum Setyanti

(6141801091)

Advisor :

Prof. Dr. Ir. Ign. Suharto, A.P.U.

Dra. H. Maria Ingrid, M.Sc.



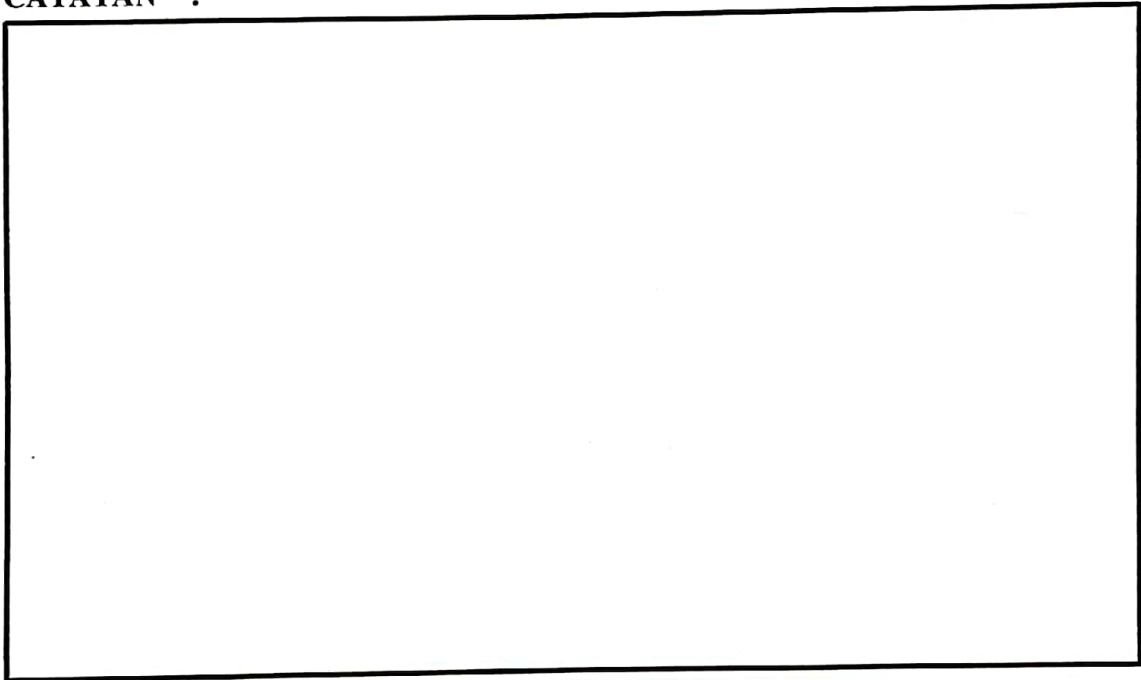
**UNDERGRADUATE PROGRAM OF CHEMICAL ENGINEERING
FACULTY OF INDUSTRIAL TECHNOLOGY
PARAHYANGAN CATHOLIC UNIVERSITY**

2022

LEMBAR PENGESAHAN

**JUDUL : PENGARUH ENZIM α -AMILASE, GLUKOAMILASE, DAN
GLUKOSA ISOMERASE PADA PEMBUATAN *HIGH FRUCTOSE*
SYRUP DARI TEPUNG SINGKONG**

CATATAN :



Telah diperiksa dan disetujui,

Bandung, 3 Juni 2022

Pembimbing 1



Prof. Dr. Ign. Suharto, A.P.U.

Pembimbing 2



Dra. H. Maria Ingrid, M.Sc.



PROGRAM STUDI SARJANA TEKNIK KIMIA
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN

SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Klara Nathania Sekarningrum Setyanti

NPM : 6141801091

Dengan ini menyatakan bahwa laporan penelitian dengan judul:

**Pengaruh Enzim α -Amilase, Glukoamilase, dan Glukosa Isomerase pada Pembuatan
High Fructose Syrup dari Tepung Singkong**

adalah hasil pekerjaan saya dan seluruh ide, pendapat atau materi dari sumber lain telah dikutip dengan cara penulisan referensi yang sesuai.

Pernyataan ini saya buat dengan sebenar-benarnya dan jika pernyataan ini tidak sesuai dengan kenyataan, maka saya bersedia menanggung sanksi sesuai dengan peraturan yang berlaku.

Bandung, 3 Juni 2022



Klara Nathania Sekarningrum Setyanti

(6141801091)

LEMBAR REVISI

JUDUL : PENGARUH ENZIM α -AMILASE, GLUKOAMILASE, DAN GLUKOSA ISOMERASE PADA PEMBUATAN *HIGH FRUCTOSE SYRUP* DARI TEPUNG SINGKONG

CATATAN :

1. Penyusunan dan penggunaan kalimat pada laporan penelitian perlu dikoreksi kembali.
2. Perbaiki format penulisan laporan terutama pada penomoran dan keterangan tabel serta gambar.
3. Mempertimbangkan saran percobaan dengan kejelasan perolehan masing-masing tahap, perlu ada tambahan analisa atau pengujian lainnya.
4. Menambahkan literatur mengenai pembahasan kecenderungan data penelitian yang didapatkan.
5. Pembahasan mengenai aktivitas enzim dan inhibitor kompetitif, non-kompetitif, dan unkompetitif perlu ditambahkan.

Telah diperiksa dan disetujui,

Bandung, 3 Juni 2022

Penguji 1



Dr. Henky Muljana, S.T., M.Eng.

Penguji 2



Yansen Hartanto, S.T., M.T.

INTISARI

Singkong termasuk salah satu makanan pokok pengganti yang banyak mengandung glukosa dalam bagian umbinya. Singkong yang dapat ditemukan dengan mudah di Indonesia belum banyak dimanfaatkan menjadi produk lain dengan nilai ekonomis lebih tinggi. Kebutuhan gula yang semakin meningkat, mengakibatkan Indonesia harus melakukan impor gula dari luar negeri. Hal tersebut menjadi dasar dalam pengembangan pembuatan gula cair dari umbi-umbian seperti singkong yang diolah lebih lanjut untuk dapat menghasilkan *High Fructose Syrup*. **Tujuan penelitian** ini yaitu mempelajari pengaruh konsentrasi enzim α -amilase dalam tahap likuifikasi terhadap konsentrasi dekstrin, pengaruh konsentrasi enzim glukoamilase dalam sakarifikasi dekstrin terhadap produk sirup glukosa, dan pengaruh konsentrasi enzim glukosa isomerase dalam tahap isomerisasi sirup glukosa terhadap perolehan *High Fructose Syrup*. **Manfaat penelitian** ini adalah memberikan kontribusi dan pengetahuan mengenai proses pembuatan *High Fructose Syrup* dari tepung singkong menggunakan metode enzim juga mengetahui konsentrasi terbaik dari enzim yang digunakan.

Metode penelitian yang digunakan yaitu tepung singkong dibeli dari produsen hasil bumiku, DIY dengan ukuran 80 mesh yang dihidrolisis kandungan patinya pada tepung singkong menggunakan metode enzim dalam konsentrasi 25% (b/v). Hidrolisis pati menggunakan metode enzim dilakukan dengan tahap likuifikasi dengan bantuan enzim α -amilase dengan variasi konsentrasi 0,06 %, 0,08 %, 0,1 %, dan 0,12% (v/v) pada nilai pH 6,0 dan temperatur antara 90°C pada *waterbath shaker* selama 2 jam. Tahap selanjutnya yaitu tahap sakarifikasi dengan bantuan enzim glukoamilase dengan variasi konsentrasi 0,06%, 0,08%, 0,1%, dan 0,12% (v/v) selama 2 hari dengan pH 4 dan temperatur 60°C. Tahap terakhir yaitu tahap isomerisasi dengan bantuan enzim glukosa isomerase dalam variasi konsentrasi 0,06%, 0,08%, 0,1%, 0,12% (b/v) selama 2 hari dengan pH 7,5 dan temperatur 60°C. Parameter yang diukur adalah pengaruh variasi konsentrasi enzim yang digunakan dalam pembuatan *high fructose syrup* dari tepung singkong menggunakan hidrolisis metode enzim.

Hasil penelitian didapatkan konsentrasi enzim yang paling baik untuk menghasilkan produk *High Fructose Syrup* yaitu konsentrasi enzim α -amilase sebesar 0,1% (v/v) pada tahap likuifikasi, enzim glukoamilase sebesar 0,08% (v/v) pada tahap sakarifikasi, enzim glukosa isomerase sebesar 0,1% (b/v) pada tahap isomerisasi. Perolehan fruktosa akhir yang didapatkan yaitu sebesar 58,5 %. *High fructose syrup* yang memiliki kadar dekstrin yang paling baik dapat digunakan sebagai pengganti gula dan menyediakan kebutuhan gula cair pengganti yang memiliki kualitas baik.

Kata Kunci : Tepung singkong, Glukosa, Fruktosa, Hidrolisis Enzim

ABSTRACT

Cassava is one of the staple food substitutes that contain a lot of glucose in the tuber. Cassava which can be found easily in Indonesia has not been widely used as other products with higher economic value. The increasing demand for sugar has forced Indonesia to import sugar from abroad. This is the basis for developing liquid sugar from tubers such as cassava which is further processed to produce High Fructose Syrup. **The purpose of this study** was to study the effect of the concentration of α -amylase enzyme in the liquefaction stage on the concentration of dextrin, the effect of the concentration of glucoamylase enzyme in the saccharification of dextrin on glucose syrup products, and the effect of the concentration of glucose isomerase enzyme in the isomerization stage of glucose syrup on the yield of High Fructose Syrup. **The benefit of this research is** to contribute and knowledge about the process of making High Fructose Syrup from cassava flour using the enzyme method as well as knowing the best levels of enzymes used.

The research method used was cassava flour purchased from a producer of Hasil Bumiku, DIY with a size of 80 mesh and hydrolyze the starch content in cassava flour using the enzyme method in a concentration of 25% (w/v). Hydrolysis of starch using the enzyme method was carried out in a liquefaction stage with the help of the α -amylase enzyme with various concentrations of 0.06%, 0.08%, 0.1%, and 0.12% (v/v) at pH values of 6.0 and temperature between 90°C in a water bath shaker for 2 hours. The next stage is the saccharification stage with the help of the glucoamylase enzyme with various concentrations of 0.06%, 0.08%, 0.1%. and 0.12% (v/v) for 2 days with a pH of 4 and a temperature of 60°C. The last stage is the isomerization step with the help of the glucose isomerase enzyme in various concentrations of 0.06%, 0.08%, 0.1%, 0.12% (w/v) for 2 days with a pH of 7.5 and a temperature of 60°C. The parameter to be measured is the effect of variations in the concentration of enzymes used in the manufacture of high fructose syrup from cassava flour using enzyme hydrolysis method.

Research result, it was found that the best enzyme concentration to produce High Fructose Syrup products, namely the concentration of α -amylase enzyme was 0.1% (v/v) at the liquefaction stage, glucoamylase enzyme was 0.08% (v/v) at the saccharification stage, the enzyme glucose isomerase at 0.1% (w/v) in the isomerization stage. The final fructose content obtained was 58.5%. High fructose syrup which has the best dextrin content can be used as a sugar substitute and provides the need for liquid sugar substitutes that have good quality.

Keywords: Cassava flour, Glucose, Fructose, Enzyme Hydrolysis

KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa atas segala rahmat, berkat, dan anugerah-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan penelitian yang berjudul “Pengaruh Enzim α -amilase, Glukoamilase, dan Glukosa Isomerase pada Pembuatan *High Fructose Syrup* dari Tepung Singkong” dengan tepat waktu.

Dalam Penyusunan laporan ini, penulis ingin mengucapkan banyak terima kasih kepada seluruh pihak yang telah membantu penulis dalam menyusun laporan penelitian ini, khususnya kepada :

1. Prof. Dr. Ir. Ign. Suharto, A.P.U. dan Dra. H. Maria Ingrid, M.Sc., selaku dosen pembimbing yang telah memberikan bimbingan, arahan, motivasi, saran dan masukan yang membantu terselesaikannya laporan penelitian ini.
2. Orangtua, adik, serta keluarga atas doa dan dukungan yang diberikan kepada penulis.
3. Teman-teman yang memberikan dukungan, saran, dan masukan kepada penulis selama proses penulisan laporan penelitian ini.
4. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan namanya satu persatu yang turut memberikan kontribusi dalam penyusunan laporan penelitian ini.

Penulis menyadari bahwa penyusunan laporan penelitian ini masih jauh dari sempurna. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik dan saran yang dapat membangun dari berbagai pihak. Akhir kata, semoga laporan ini dapat memberikan manfaat bagi para pembaca.

Bandung, 2022

Klara Nathania Sekarningrum Setyanti

DAFTAR ISI

COVER.....	i
LEMBAR PENGESAHAN.....	ii
SURAT PERNYATAAN.....	iii
LEMBAR REVISI.....	iv
KATA PENGANTAR.....	v
DAFTAR ISI.....	vi
DAFTAR GAMBAR.....	x
DAFTAR TABEL.....	xi
INTISARI.....	xii
ABSTRACT.....	xiii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Tema Sentral Masalah Penelitian	3
1.3 Identifikasi Masalah	4
1.4 Tujuan Penelitian	4
1.5 Premis	4
1.6 Hipotesis	5
1.7 Manfaat Penelitian	5
1.7.1 Bagi Industri.....	5
1.7.2 Bagi Pemerintah Indonesia.....	5
1.7.3 Bagi Ilmuwan.....	6
1.7.4 Bagi Mahasiswa.....	6
1.7.5 Bagi Masyarakat.....	6
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	10
2.1 Singkong	10
2.2 Klasifikasi Singkong	10
2.2.1 Morfologi dan Fisiologi Singkong.....	11
2.2.2 Kandungan Gizi Singkong.....	12
2.2.3 Pemanfaatan Singkong.....	13
2.3 Tepung Singkong	13
2.4 Karbohidrat	14
2.4.1 Glukosa.....	15
2.4.2 Fruktosa.....	17

2.4.3	Pati	17
2.5	<i>High Fructose Syrup</i>	20
2.6	Proses Hidrolisis Pati	21
2.6.1	Hidrolisis Asam	22
2.6.2	Hidrolisis Enzim	23
2.6.3	Isomerisasi Sirup Glukosa	24
2.7	Enzim	24
2.7.1	Enzim Amilase	26
2.7.1.1	Enzim α -amilase	26
2.7.1.2	Enzim Glukoamilase.....	27
2.7.2	Enzim Glukosa Isomerase	27
BAB III BAHAN DAN METODE		28
3.1	Bahan Penelitian	28
3.2	Peralatan Penelitian	28
3.3	Prosedur Penelitian	28
3.3.1	Tahap Persiapan.....	28
3.3.2	Tahap Penelitian Utama	29
3.4	Rancangan Percobaan	30
3.4.1	Pengaruh konsentrasi enzim α -amilase terhadap konsentrasi dekstrin	30
3.4.2	Pengaruh konsentrasi enzim glukoamilase dalam sirup dekstrin terhadap produk biosirup atau sirup glukosa.....	31
3.4.3	Pengaruh konsentrasi enzim glukosa isomerase dalam sirup glukosa terhadap produk <i>high fructose syrup</i>	31
3.5	Rancangan percobaan keseluruhan untuk penelitian utama	31
3.6	Lokasi dan jadwal kerja penelitian	33
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN		34
4.1	Penelitian Pendahuluan	34
4.1.1	Analisis Kadar Air Tepung Singkong.....	34
4.1.2	Analisis kadar abu tepung singkong	35
4.1.3	Penentuan ukuran tepung singkong	35
4.2	Tahap-tahap penelitian utama	35
4.2.1	Tahap 1: Likuifikasi.....	36
4.2.2	Tahap 2: Sakarifikasi.....	39
4.2.3	Tahap 3: isomerisasi glukosa menjadi fruktosa	41

4.3 Hasil percobaan untuk penelitian utama	44
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	47
DAFTAR PUSTAKA.....	48
LAMPIRAN A MATERIAL SAFETY DATA SHEET (MSDS)	51
A.1 Natrium Hidroksida (NaOH)	51
A.1.1 Identifikasi Bahaya.....	51
A.1.2 Sifat Fisika dan Kimia.....	51
A.1.3 Identifikasi Bahaya dan Pertolongan Pertama	51
A.1.4 Keselamatan dan Penanganan	52
A.2 Asam Klorida (HCl)	52
A.2.1 Identifikasi Bahaya.....	52
A.2.2 Sifat Fisika dan Kimia.....	52
A.2.3 Identifikasi Bahaya dan Pertolongan Pertama	53
A.2.4 Keselamatan dan Penanganan	53
A.3 Magnesium Sulfat (MgSO ₄).....	54
A.3.1 Identifikasi Bahaya.....	54
A.3.2 Sifat Fisika dan Kimia.....	54
A.3.3 Identifikasi Bahaya dan Pertolongan Pertama	54
A.3.4 Keselamatan dan Penanganan	55
A.4 Fehling A 55	
A.4.1 Identifikasi Bahaya.....	55
A.4.2 Sifat Fisika dan Kimia.....	55
A.4.3 Identifikasi Bahaya dan Pertolongan Pertama	56
A.4.4 Keselamatan dan Penanganan	56
A.5 Fehling B 56	
A.5.1 Identifikasi Bahaya.....	56
A.5.2 Sifat Fisika dan Kimia.....	57
A.5.3 Identifikasi Bahaya dan Pertolongan Pertama	57
A.5.4 Keselamatan dan Penanganan	57
A.6 <i>Methylene Blue</i>	58
A.6.1 Identifikasi Bahaya.....	58
A.6.2 Sifat Fisika dan Kimia.....	58
A.6.3 Identifikasi Bahaya dan Pertolongan Pertama	58
A.6.4 Keselamatan dan Penanganan	59

LAMPIRAN B	PROSEDUR ANALISIS.....	60
B.1	Analisis Kadar Gula Pereduksi dengan Metode Lane-Eynon	60
B.2	Analisis Kadar Air	61
B.3	Analisis Kadar Abu.....	61
LAMPIRAN C	TABEL DISTRIBUSI F.....	63
LAMPIRAN D	STANDAR MUTU SIRUP	64
LAMPIRAN E	CONTOH PERHITUNGAN.....	65
LAMPIRAN F	HASIL ANTARA.....	69
LAMPIRAN G	PERHITUNGAN ANALISIS VARIAN	71

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Impor gula Indonesia menurut negara asal utama	2
Gambar 2.1 Morfologi Singkong ^[20]	12
Gambar 2.2 Struktur Kimia Glukosa ^[25]	15
Gambar 2.3 Struktur kimia fruktosa ^[25]	17
Gambar 2.4 Struktur rantai amilopektin ^[24]	18
Gambar 2.5 Struktur rantai linier amilosa ^[24]	19
Gambar 2.6 Mekanisme hidrolisis asam pada granula pati ^[4]	22
Gambar 2.7 Pengaruh konsentrasi enzim terhadap aktivitas enzim ^[40]	24
Gambar 2.8 Pengaruh konsentrasi substrat terhadap aktivitas enzim ^[40]	25
Gambar 2.9 Pengaruh pH terhadap aktivitas enzim ^[40]	25
Gambar 2.10 Pengaruh temperatur terhadap aktivitas enzim ^[40]	26
Gambar 3.1 Diagram alir proses pembuatan tepung singkong	29
Gambar 3.2 Diagram alir proses produksi high fructose syrup hidrolisis enzim	29
Gambar 4.1 Perbandingan kadar dekstrin dengan variasi konsentrasi enzim α -amilase	36
Gambar 4.2 Pengaruh konsentrasi enzim terhadap kecepatan reaksi ^[40]	37
Gambar 4.3 Pengaruh konsentrasi substrat terhadap kecepatan reaksi ^[40]	38
Gambar 4.4 Perbandingan kadar glukosa dengan variasi konsentrasi enzim glukoamilase	39
Gambar 4.5 Mekanisme isomerisasi glukosa menjadi fruktosa ^[30]	41
Gambar 4.6 Perbandingan kadar fruktosa dengan variasi konsentrasi enzim glukosa isomerase ...	42
Gambar B.1 Diagram alir analisis kadar gula pereduksi	60
Gambar B.2 Diagram alir analisis kadar air	61
Gambar B.3 Diagram alir analisis kadar abu	61

DAFTAR GAMBAR

Tabel 1.1 Impor gula menurut negara asal utama ^[3]	2
Tabel 1.2 Premis penelitian terkait proses pembuatan tepung singkong	7
Tabel 1.3 Premis penelitian terkait proses pembuatan high fructose sirup dengan metode enzim	8
Tabel 2.1 Kafisikasi tanaman singkong ^[18]	11
Tabel 2.2 Komposisi gizi setiap 100 g Ubi Kayu / Singkong ^[17]	12
Tabel 2.3 Standar mutu sirup glukosa berdasarkan SNI 01-2978-1992 ^[27]	16
Tabel 3.1 Pengaruh konsentrasi enzim α -amilase terhadap konsentrasi dekstrin.....	30
Tabel 3.2 Pengaruh konsentrasi enzim glukoamilase dalam sakarifikasi dekstrin terhadap produk biosirup atau sirup glukosa.....	31
Tabel 3.3 Pengaruh konsentrasi enzim glukosa isomerase terhadap produk High Fructose Syrup.....	31
Tabel 3.4 Rancangan percobaan untuk penelitian utama	32
Tabel 3.5 Analisis varian rancangan percobaan faktor tunggal.....	32
Tabel 3.6 Jadwal Kerja Penelitian.....	33
Tabel 4.1 Data analisa kadar air	34
Tabel 4.2 Data penelitian analisa kadar abu	35
Tabel 4.3 Analisis varian tahap likuifikasi.....	44
Tabel 4.4 Analisis varian tahap sakarifikasi	45
Tabel 4.5 Analisis varian tahap isomerisasi.....	45
Tabel C.1 Tabel Distribusi F ^[38]	51
Tabel D.1 Standar Mutu Sirup Fruktosa Berdasarkan SNI 01-2895-1992 ^[31]	52
Tabel F.1 Pengaruh enzim enzim α -amilase dalam likuifikasi tepung singkong (80 mesh) pada kondisi pH= 6, Temperatur = 90°C terhadap produk dekstrin	69
Tabel F.2 Data kadar gula pereduksi berupa dekstrin	69
Tabel F.3 Pengaruh enzim glukoamilase dalam sakarifikasi dekstrin pada kondisi pH= 4, temperatur = 60°C, waktu 48 jam terhadap produk glukosa.....	69
Tabel F.4 Data kadar gula pereduksi berupa glukosa.....	70
Tabel F.5 Data pengamatan tahap isomerisasi.....	70
Tabel F.6 Data kadar gula pereduksi berupa fruktosa.....	70
Tabel G.1 Data untuk Analisis Varian Tahap Likuifikasi.....	71
Tabel G.2 Analisis Varian TRancangan Percobaan Faktor Tunggal	71
Tabel G.3 Data untuk Analisis Varian Tahap Sakariifikasi.....	72
Tabel G.4 Analisis Varian TRancangan Percobaan Faktor Tunggal	72
Tabel G.5 Data untuk Analisis Varian Tahap Isomerisasi.....	73
Tabel G.6 Analisis Varian TRancangan Percobaan Faktor Tunggal	73

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Tebu sebagai bahan baku industri gula merupakan salah satu komoditas perkebunan yang termasuk dalam kebutuhan pokok masyarakat Indonesia dan menjadi salah satu sumber pemenuhan kebutuhan kalori pada tubuh. Gula pasir yang dihasilkan dari pengolahan tebu pada umumnya berwarna putih namun ada pula yang berwarna sedikit coklat atau kekuningan. Perbedaan warna pada gula pasir tersebut menandakan kualitas yang dimiliki oleh gula pasir, dimana semakin jernih atau putih warna gula maka kualitas yang dimiliki juga semakin tinggi. Gula pasir dapat digunakan sebagai pemanis minuman, makanan, pembuatan kue, dan pengawet baik dalam kebutuhan sehari-hari ataupun dalam industri. Permintaan dan konsumsi gula pasir masyarakat Indonesia dari tahun ke tahun relatif tinggi seiring dengan peningkatan jumlah penduduk, perkembangan industri makanan dan minuman, serta perkembangan hotel dan restoran. Menurut data hasil survei sosial ekonomi nasional tahun 2018, rata-rata konsumsi gula pasir per-kapita dalam sebulan adalah 5,611 ons^[1].

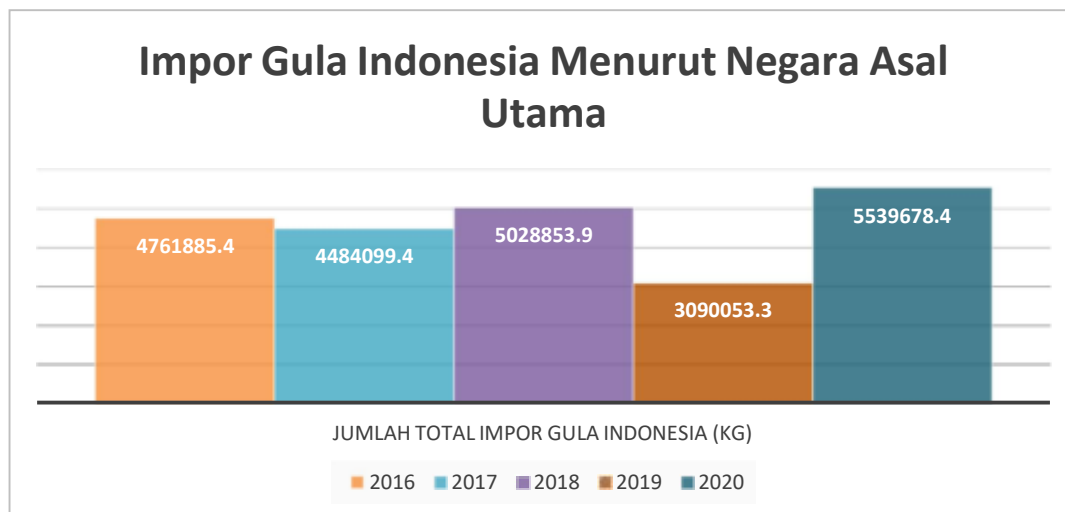
Peningkatan kebutuhan gula pasir di Indonesia tidak diimbangi dengan peningkatan produksinya. Berdasarkan data Badan Pusat Statistik^[2], perkembangan produksi gula tebu dari tahun 2015 hingga tahun 2019 cenderung mengalami penurunan. Penurunan produksi gula utamanya dipengaruhi oleh penurunan luas areal yang dapat dimanfaatkan sebagai tempat tanaman tebu di tanam, juga dipengaruhi oleh kurangnya sumber daya manusia berupa petani gula yang mengolah tanaman tebu tersebut^[1]. Pengaruh dari menurunnya pasokan gula pasir di Indonesia yang tidak mampu terpenuhi oleh produksi dalam negeri, mengakibatkan pemerintah Indonesia harus melakukan impor gula pasir untuk memenuhi kebutuhan konsumsi gula masyarakat Indonesia. Berikut disajikan data impor gula Indonesia berdasarkan negara asal utama pada **Tabel 1.1**.

Tabel 1.1 Impor gula menurut negara asal utama ^[3]

Negara Asal	2016	2017	2018	2019	2020
Berat Bersih : 000 kg					
Thailand	2 267 029,0	2 440 823,5	4 037 528,5	3 539 251,3	2 027 117,0
Australia	896 430,5	646 850,0	922 897,0	542 205,0	1 214 466,0
Korea Selatan	6 605,6	7 084,8	7 190,8	7 200,0	4 742,4
Malaysia	4 517,1	815,4	760,1	811,7	400,0
Singapura	542,8	946,0	465,0	0,0	0,0
Brazil	1 311 232,5	1 079 177,1	60 000,0	0,0	1 547 314,2
India	23,0	0,0	0,0	540,0	619 904,1
Selandia Baru	-	-	-	-	-
Lainnya	275 504,9	308 402,6	12,5	45,3	125 734,7
Jumlah	4 761 885,4	4 484 099,4	5 028 853,9	4 090 053,3	5 539 678,4

*Data diupdate terakhir pada 19 Juli 2021

Data yang didapatkan dari **tabel 1.1** dapat disajikan dalam bentuk diagram batang untuk melihat jumlah total kebutuhan impor gula Indonesia pada tahun 2016 hingga 2020 yang disajikan pada **gambar 1.1**.

**Gambar 1.1** Impor gula Indonesia menurut negara asal utama

Berdasarkan **Tabel 1.1** dan **Gambar 1.1** dapat terlihat bahwa jumlah gula yang diimpor ke Indonesia mengalami peningkatan dari tahun ke tahun. Pada tahun 2019 jumlah total impor gula ke Indonesia mengalami penurunan, namun pada tahun 2020 impor gula kembali mengalami peningkatan yang cukup tinggi hingga mencapai angka 5539678,4 kg. Oleh karena itu, diperlukan peningkatan produksi gula tebu dalam negeri ataupun penggunaan gula pengganti atau pemanis yang memiliki kualitas menyerupai gula tebu^[3].

Penggunaan pemanis buatan sebagai pengganti gula pasir berbahan dasar tebu sudah banyak digunakan di Indonesia. Pemanis buatan atau gula sintetis seperti sakarin dan sodium siklamat telah banyak digunakan namun tidak dapat menggantikan gula tebu secara keseluruhan karena memiliki efek yang kurang baik bagi kesehatan. Untuk mengatasi kekurangan gula pasir dan efek samping dari gula sintetis, Pemerintah Indonesia mulai mengembangkan produksi gula pengganti gula pasir yang berasal dari umbi yang memiliki banyak kandungan pati seperti singkong, ubi jalar, sagu dan jagung. Proses pengolahan bahan baku tersebut dapat menggunakan metode hidrolisis asam dan metode hidrolisis enzim, atau gabungan dari kedua metode. Hasil yang didapatkan dari proses tersebut yaitu *High Fructose Syrup* (HFS) yang berasal dari pati, kandungan dalam HFS yaitu gula fruktosa dimana berbeda dengan gula pasir yang memiliki gula sukrosa namun dapat memenuhi kebutuhan pemanis di Indonesia^[4].

Produksi singkong sebagai hasil pertanian terbesar di Indonesia setelah padi dan jagung dapat dengan mudah ditemukan di berbagai wilayah Indonesia. Hal tersebut disebabkan pertumbuhan singkong di Indonesia cukup baik sesuai dengan karakter singkong yang dapat tumbuh dengan baik di wilayah tropis. Singkong juga dimanfaatkan sebagai makanan pokok pengganti karena memiliki kandungan karbohidrat yang tinggi. Kebanyakan petani yang menanam singkong langsung menjual singkong dalam bentuk umbi tanpa diolah terlebih dahulu yang memiliki nilai jual rendah. Maka dari itu, singkong memiliki potensi untuk digunakan sebagai bahan baku utama dalam berbagai produk pangan dan industri agar dapat menghasilkan nilai jual yang lebih tinggi^{[4][5]}.

1.2 Tema Sentral Masalah Penelitian

Ketidakjelasan dan ketidakpastian faktor kondisi lingkungan pH, temperatur, dan **konsentrasi enzim α -amilase** pada tahap likuifikasi, **konsentrasi enzim glukamilase** pada tahap sakarifikasi, dan **konsentrasi enzim glukosa isomerase** yang mempengaruhi pembuatan *high fructose syrup* dari tepung singkong direfleksikan oleh tiadanya landasan

teori kondisi lingkungan pH, temperatur, dan konsentrasi enzim pada tahap likuifikasi, sakarifikasi, dan isomerase terhadap perolehan *high fructose syrup* dari tepung singkong, dan hal ini masih melanda industri gula cair skala menengah di Indonesia.

1.3 Identifikasi Masalah

Berdasarkan studi pustaka yang telah dilakukan, dirumuskan identifikasi masalah penelitian sebagai berikut :

1. Seberapa jauh pengaruh konsentrasi enzim α -amilase dalam proses likuifikasi terhadap produk dekstrin.
2. Seberapa jauh pengaruh konsentrasi enzim glukoamilase dalam dekstrin pada tahap sakarifikasi terhadap perolehan biosirup.
3. Seberapa jauh pengaruh konsentrasi enzim glukosa isoemerase pada tahap isomerisasi biosirup terhadap perolehan *High Fructose Syrup* .

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini secara umum adalah mengkaji pengaruh *konsentrasi enzim* dalam pembuatan *High Fructose Syrup* dari tepung singkong menggunakan metode enzimatis. Secara khusus, penelitian ini bertujuan untuk :

1. Mempelajari pengaruh konsentrasi enzim α -amilase dalam proses likuifikasi terhadap produk dekstrin.
2. Mempelajari pengaruh konsentrasi enzim glukoamilase dalam proses sakarifikasi terhadap perolehan biosirup.
3. Mempelajari pengaruh konsentrasi enzim glukosa isoemerase pada tahap isomerisasi biosirup terhadap perolehan *High Fructose Syrup*.

1.5 Premis

Berdasarkan pustaka yang telah ditinjau, maka disusun beberapa premis yang digunakan sebagai dasar variasi perlakuan atau operasi pada penelitian ini sebagai berikut:

1. Ukuran tepung singkong setelah pengayakan yaitu 80 mesh^{[6][7][8][9]} dengan kadar air 12-14%^{[8][9]}.
2. Konsentrasi suspensi pati yang digunakan yaitu 25% b/v^{[10][12]}.
3. Konsentrasi enzim α -amilase yang digunakan pada tahap likuifikasi yaitu 0,06 % dan 0,1%^[12].

4. Tahap likuifikasi dilakukan pada temperatur 90 °C^{[10][12]} hingga 100 °C^[11], dengan pH pada 6^{[11][12]} hingga 6,5^[10], dan dilakukan selama 2 jam^{[12][13]}.
5. Konsentrasi enzim glukoamilase yang digunakan pada tahap sakarifikasi yaitu 0,04 %, 0,06 %, 0,08 % dan 0,01 %^[12].
6. Tahap sakarifikasi dilakukan pada temperatur 60 °C^{[10][11][12][14]}, dengan pH pada 4^{[10][12]} hingga 5^{[11][14]}, dan dilakukan selama 2 hari^{[10][12][14]}.
7. Konsentrasi enzim glukosa isomerase yang digunakan pada tahap isomerase yaitu 0,06 %, 0,08 % dan 0,01 %^[12].
8. Tahap isomerisasi dilakukan pada temperatur 60 °C^{[10][11][12]}, dengan pH pada 7,5^{[10][12]} hingga 8^[11] dan dilakukan selama 48 jam^{[10][12]}.

Pembuatan *High Fructose Syrup* dari tepung singkong menggunakan metode enzimatis jarang memiliki studi pustaka, oleh karena itu studi pustaka didekatkan dengan proses pembuatan *high fructose syrup* dengan bahan baku lain. Studi pustaka disajikan pada **Tabel 1.2 dan Tabel 1.3**.

1.6 Hipotesis

Pembuatan *High Fructose Syrup* dari tepung singkong dipengaruhi oleh konsentrasienzim α -amilase pada tahap likuifikasi, konsentrasi enzim glukoamilase pada tahap sakarifikasi, dan konsentrasi enzim glukosa isomerase pada tahap isomerisasi terhadapperolehan produk *High Fructose Syrup*.

1.7 Manfaat Penelitian

1.7.1 Bagi Industri

Penelitian ini diharapkan dapat meningkatkan pemanfaatan singkong menjadi berbagai macam produk olahan yang memiliki nilai jual lebih tinggi dan menciptakan industri skala menengah proses pembuatan *High Fructose Syrup* dari tepung singkong agar dapat meningkatkan produksi dengan minat konsumen yang bertambah.

1.7.2 Bagi Pemerintah Indonesia

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi dan membantu pemerintah mengatasi kebutuhan gula sehingga dapat menurunkan tingkat impor gula. Selain itu, penelitian ini diharapkan juga dapat melengkapi Standar

Nasional Indonesia (SNI) mengenai penggunaan *High Fructose Syrup* sebagai pengganti gula.

1.7.3 Bagi Ilmuwan

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi ilmiah mengenai genetika likuifikasi enzim dan sakarifaksi tepung singkong dalam pengolahannya menjadi *High Fructose Syrup*, sehingga seiring dengan berkembangnya teknologi dapat diperoleh hasil yang semakin optimal.

1.7.4 Bagi Mahasiswa

Penelitian ini diharapkan dapat membantu dan memberikan wawasan, pengetahuan, juga keterampilan kepada mahasiswa dalam melakukan pembuatan *High Fructose Syrup* dari tepung singkong. Selain itu, penelitian ini diharapkan dapat menjadi referensi penelitian lebih lanjut dengan topik pembahasan yang sama atau pun mirip baik dari segi penggunaan bahan baku maupun metode.

1.7.5 Bagi Masyarakat

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi dan membuka kesempatan bagi masyarakat untuk mengolah singkong menjadi produk yang bernilai jual lebih tinggi dan produk *High Fructose Syrup* dari tepung singkong yang dapat digunakan sebagai pengganti gula sehingga dapat meningkatkan kesejahteraan masyarakat.

Tabel 1.2 Premis penelitian terkait proses pembuatan tepung singkong

Peneliti	Bahan Baku	Kondisi Operasi				Kadar Air	Ukuran Tepung	Hasil
		Jumlah Bahan Baku (gram)	Temperatur Pengeringan	Media Pengeringan	Waktu Pengeringan			
(Hantsethsuk, 2003) ^[6]	Singkong	-	55 °C	Oven	Dikeringkan hingga mencapai kadar air yang diinginkan	< 8 %	80 mesh	tepung singkong, dikemas dengan plastik dan dapat tahan sekitar 8 bulan
(Hamidah dkk, 2015) ^[7]	Singkong	3600	50 °C	Oven	24 jam	-	80 mesh	Pati resisten
(Mustafa, 2015) ^[8]	Singkong	2007	68°C	Oven	-	14%	80 mesh	Proses pembuatan tepung singkong menghasilkan kadar air 14% dan pati ubi kayu sebanyak 376,2 g
(Zarkasie dkk,2017) ^[9]	Singkong	-	120 °C	-	-	12-14%	80 mesh	tepung singkong termodifikasi

Tabel 1.3 Premis penelitian terkait proses pembuatan high fructose syrup dengan metode enzim

Peneliti	Bahan Baku	Konsentrasi Pati	Perlakuan dalam Proses Pembuatan <i>High Fructose Syrup</i>									Hasil
			Tahap Likuifikasi			Tahap Sakarifikasi			Tahap Isomerisasi			
			Jenis dan konsentrasi enzim α -amilase	Temperatur dan pH	Waktu Likuifikasi	Jenis dan konsentrasi enzim glukamilase	Temperatur dan pH	Waktu Sakarifikasi	Jenis dan konsentrasi enzim glukosa isomerase	Temperatur dan pH	Waktu Isomerisasi	
(Taniguchi, 2004) ^[11]	Pati Ubi Jalar dan Kentang	35% b/v	-	T = 100 °C pH 6,0	-	-	T = 60 °C pH 5,0	-	-	T = 60 °C pH 8,0	-	HFCS-42 dan HFCS-55
(Johnson dkk,2010) ^[10]	Tepung Singkong dan Ubi Jalar dan Campurannya dengan Tepung Sereal	25% b/v	Liquezyme X	T = 90 °C pH 6,5	60 menit	Dextroxyme GA	T = 60 °C pH 4,0	48 jam	Sweetzyme T	T = 60 °C pH 7,5	48 jam	Produksi HFS didapatkan perbandingan tepung singkong murni, tepung pati singkong, atau campurannya dengan tepung cereal memiliki besar yield 25 unit lebih kecil daripada gula pereduksi untuk tepung dan campurannya sebesar 90,92%, sedangkan untuk tepung pati singkong sebesar 96%.

Tabel 1.3 Premis penelitian terkait proses pembuatan high fructose syrup dengan metode enzim (lanjutan)

Peneliti	Bahan Baku	Konsentrasi Pati	Perlakuan dalam Proses Pembuatan <i>High Fructose Syrup</i>									Hasil
			Tahap Likuifikasi			Tahap Sakarifikasi			Tahap Isomerisasi			
			Jenis dan konsentrasi enzim α -amilase	Temperatur dan pH	Waktu Likuifikasi	Jenis dan konsentrasi enzim glukamilase	Temperatur dan pH	Waktu Sakarifikasi	Jenis dan konsentrasi enzim glukosa isomerase	Temperatur dan pH	Waktu Isomerisasi	
(Kristijarti dkk, 2010) ^[12]	Pati Sagu	10% b/v, 15% b/v, 20% b/v, dan 25% b/v dengan volume total 250 ml	Liquozyme yang diproduksi dari Novo; 0,06% v/v, 0,1% v/v	T = 90 °C pH 6,0	120 menit	Dextroxyme GA yang diproduksi dari Novo; 0,04% v/v, 0,06% v/v, 0,08% v/v, dan 0,1% v/v	T = 60 °C pH 4,0	2 hari dan 3 hari	Sweetzyme T yang diproduksi dari Novo; 0,06% b/v, 0,08% b/v, dan 0,1% b/v	T = 60 °C pH 7 - 7,5	2 hari dan 3 hari	<p>1. Tahap likuifikasi berada pada kondisi optimum saat konsentrasi pati sagu 25%, konsentrasi enzim α-amilase 0,1% dengan waktu 2 jam untuk mencapai DE 25.</p> <p>2. Tahap sakarifikasi berada pada kondisi optimum saat konsentrasi enzim glukamilase 0,1% dengan waktu 48 jam untuk mencapai DE di atas 94.</p> <p>3. Tahap isomerase berada pada kondisi optimum saat konsentrasi enzim glukoisomerase 0,1% dengan waktu 44 jam untuk mencapai kadar fruktosa 42%.</p>
(Risnoyatiningasih, 2012) ^[14]	Pati Ubi Jalar Kuning	50 gram dalam 150 ml air (33,3%)	tidak ada; 0,1 gram	T = 85 °C pH 5,5	40 menit	tidak ada; 0,01 ml, 0,025 ml, 0,04 ml, 0,055 ml, dan 0,07 ml	T = 60 °C pH 4,5	1 hari, 2 hari, 3 hari, 4 hari, dan 5 hari	-	-	-	Sirup glukosa dari pati ubi jalar kuning didapatkan hasil kadar glukosa tertinggi 5,64%, konversi 66,08%, pada temperatur 60 oC, pH 4,5, dengan penambahan enzim glukamilase 0,07 ml dan waktu hidrolisis selama 5 hari.
(Giovanni dkk, 2013) ^[13]	Pati Sukun	40%	Liquozyme Supra produksi dari Liquid Sunshine Destilery; 0,01, 0,02, dan 0,03 dari berat kering bahan	-	90, 120, 150 menit	-	-	-	-	-	-	Sirup glukosa yang paling baik kandungan gula reduksinya adalah produk dengan variasi waktu hidrolisis tahap likuifikasinya 150 menit dan konsentrasi enzim α -amilase 0,03 yaitu sebesar 22,36%.