



OPTIMASI PRODUKSI SIRUP GLUKOSA BERBASIS PATI SAGU (*Metroxylon rumphii* Martius) VARIETAS UNGGUL SELATPANJANG MERANTI MENGGUNAKAN ENZIM α -AMILASE DAN GLUKOAMILASE DARI MIKROBA LOKAL

MUHAMMAD AGUNG ISLAMY



PROGRAM STUDI ILMU PANGAN
SEKOLAH PASCASARJANA
IPB UNIVERSITY
BOGOR
2024



@Hak cipta milik IPB University

IPB University



IPB University
— Bogor Indonesia —

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



PERNYATAAN MENGENAI TESIS DAN SUMBER INFORMASI SERTA PELIMPAHAN HAK CIPTA

Dengan ini saya menyatakan bahwa tesis dengan judul “Optimasi Produksi Sirup Glukosa Berbasis Pati Sagu (*Metroxylon rumphii* Martius) Varietas Unggul Selatpanjang Meranti Menggunakan Enzim α -Amilase dan Glukoamilase dari Mikroba Lokal” adalah karya saya dengan arahan dari dosen pembimbing dan belum diajukan dalam bentuk apa pun kepada perguruan tinggi mana pun. Sumber informasi yang berasal atau dikutip dari karya yang diterbitkan maupun tidak diterbitkan dari penulis lain telah disebutkan dalam teks dan dicantumkan dalam Daftar Pustaka di bagian akhir tesis ini.

Dengan ini saya melimpahkan hak cipta dari karya tulis saya kepada Institut Pertanian Bogor.

Bogor, Oktober 2024

Muhammad Agung Islamy
F2501222069



RINGKASAN

MUHAMMAD AGUNG ISLAMU. Optimasi Produksi Sirup Glukosa Berbasis Pati Sagu (*Metroxylon rumphii* Martius) Varietas Unggul Selatpanjang Meranti Menggunakan Enzim α -Amilase dan Glukoamilase dari Mikroba Lokal. Dibimbing oleh NUGRAHA EDHI SUYATMA, SARASWATI, dan NANIK RAHMANI.

Gula menjadi salah satu bahan baku yang selalu digunakan dalam industri pangan karena kebutuhannya sebagai sumber pemanis, meningkatkan kelembutan dan mencegah kristalisasi. Meningkatnya jumlah penduduk menekan peningkatan kebutuhan akan ketersediaan produk pangan yang mengandung gula. Sampai saat ini masih belum ditemukan solusi jangka panjang selain ketergantungan akan impor gula. Beberapa gula alternatif yang telah dikembangkan adalah sirup glukosa melalui proses hidrolisis enzimatis menggunakan sumber bahan pangan seperti sagu. Sagu “Selatpanjang Meranti” merupakan varietas unggul yang diharapkan akan menghasilkan sirup glukosa dengan rendemen yang tinggi. Permasalahan lain yang timbul dalam pengembangan sirup glukosa ini adalah ketergantungan akan enzim yang sangat besar. Sehingga solusi yang ditawarkan adalah dengan pemanfaatan mikroba lokal penghasil enzim yang lebih stabil dan tahan akan kondisi lingkungan, diantaranya *Anoxybacillus flavithermus* penghasil enzim α -amilase dan *Aspergillus awamori* KT-11 penghasil enzim glukoamilase.

Berdasarkan latar belakang tersebut, tujuan dari penelitian ini adalah menghasilkan sirup glukosa berbahan dasar pati sagu varietas unggul Selatpanjang Meranti menggunakan enzim amilase dan glukoamilase dari mikroba lokal serta potensinya sebagai gula alternatif yang memenuhi syarat mutu sirup glukosa SNI 2978:2021. Desain penelitian menggunakan *response surface methodology* (RSM) dengan metode *Combined, D-Optimal* yakni campuran dari enzim α -amilase (mL/100g pati), enzim glukoamilase (mL/100g pati), serta komponen dari proses pemanasan suhu proses likuifaksi ($^{\circ}\text{C}$) dan sakarifikasi ($^{\circ}\text{C}$). Data kombinasi yang diperoleh akan dilakukan optimasi dengan pengaturan *goals* dari semua faktor dengan target yang diinginkan. Target mengacu pada syarat mutu sirup glukosa berdasarkan SNI 2978:2021, seperti kadar air (minimal), kadar abu sulfat (maksimal 1%), padatan total (minimal 70%), Rendemen sirup glukosa atau *yield* (maksimal), dan *dextrose equivalent* (minimal 20%).

Berdasarkan hasil penelitian, enzim α -amilase dari isolat bakteri *Anoxybacillus flavithermus* dan glukoamilase dari isolat kapang *Aspergillus awamori* KT-11 masing-masing menghasilkan aktivitas spesifik enzim sebesar $66,432 \times 10^3$ U/mg protein dan $125,702 \times 10^3$ U/mg protein. Nilai optimal yang diberikan model *Combined, D-Optimal* dihasilkan dari dengan kombinasi suhu likuifaksi 95°C , suhu sakarifikasi $55,47^{\circ}\text{C}$, enzim α -amilase 11 mL/100 g pati, dan enzim glukoamilase 9 mL/100 g pati dengan nilai *desirability* 0,785. Respon dari hasil verifikasi model meliputi kadar air $18,29 \pm 0,18\%$, kadar abu sulfat $0,89 \pm 0,01\%$, padatan total $79,26 \pm 0,34^{\circ}\text{Brix}$, rendemen glukosa $93,09 \pm 0,2\%$, *dextrose equivalent* $96,78 \pm 0,86\%$, kandungan timbal (Pb) $0,22 \pm 0,3$ mg/kg dan kadmium (Cd) $0,18 \pm 0,2$ mg/kg. Hasil optimasi terverifikasi memenuhi SNI 2978:2021.

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

SUMMARY

MUHAMMAD AGUNG ISLAMU. Optimization of Glucose Syrup Production Based on Sago Starch (*Metroxylon rumphii* Martius) High-yield Variety Selatpanjang Meranti Using α -Amylase and Glucoamylase Enzymes from Local Microbes. Supervised by NUGRAHA EDHI SUYATMA, SARASWATI, and NANIK RAHMANI.

Sugar is one of the raw materials that is always used in the food industry because of its need as a source of sweetener, improve softness and prevents crystallization. The growing population intensifies the demand for greater availability of food derived from sugar. Until now, there is still no long-term solution other than dependence on sugar imports. Some alternative sugars developed are glucose syrup through an enzymatic hydrolysis process using food sources such as sago. Sago "Selatpanjang Meranti" is a superior variety whose potential has not been widely explored, but it is expected to produce glucose syrup with high yields. Another problem that arises in the development of glucose syrup is the dependence on enzymes. Enzymes are highly perishable and sensitive to changes in the surrounding environment. So the solution offered is the utilization of local microbes producing enzymes that are more stable and resistant to environmental conditions, *Anoxybacillus flavithermus* producing the enzyme α -amylase, and *Aspergillus awamori* KT-11 producing the enzyme glucoamylase.

Based on this background, the purpose of this research was to produce glucose syrup based on sago starch varieties of Selatpanjang Meranti using amylase and glucoamylase enzymes from local microbes and alternative sugar that meets the quality requirements of SNI 2978: 2021 glucose syrup. The research design used response surface methodology (RSM) with the Combined, D-Optimal method, which is a mixture of α -amylase enzyme (mL/ 100g starch), glucoamylase enzyme (mL/100g starch), and heating process of the liquefaction process temperature ($^{\circ}$ C) and saccharification ($^{\circ}$ C). The combination data obtained will be optimized by setting the goals of all factors with the desired target. The target refers to the quality requirements of glucose syrup based on SNI 2978:2021 such as moisture content (minimum), sulfate ash content (maximum 1%), total solids (minimum 70%), glucose syrup yield (maximum), and Dextrose equivalent (minimum 20%).

Based on the results of the research, purified amylase from *Anoxybacillus flavithermus* had an activity of 13.566 U/mL, while glucoamylase from *Aspergillus awamori* KT-11 had 13.734 U/mL. The protein concentrations were 66.432 mg/mL for amylase and 125.702 mg/mL for glucoamylase. Optimal conditions identified through RSM were a liquefaction temperature of 95 $^{\circ}$ C, saccharification temperature of 55.47 $^{\circ}$ C, α -amylase concentration of 11 mL/100 g starch, and glucoamylase concentration of 9 mL/100 g starch, yielding a desirability value of 0.785. Validation tests, replicated five times, confirmed that the optimized glucose syrup met the SNI 2978:2021 criteria with moisture content of $18.29 \pm 0.18\%$, sulfate ash content of $0.89 \pm 0.01\%$, total solids of $79.26 \pm 0.34^{\circ}$ Brix, glucose yield of $93.09 \pm 0.2\%$, dextrose equivalent of $96.78 \pm 0.86\%$, and heavy metal contents of lead (Pb) at 0.22 ± 0.3 mg/kg and cadmium (Cd) at 0.18 ± 0.2 mg/kg.

Keywords: glucose syrup, sago starch, α -amylase enzyme, glucoamylase enzyme



Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

© Hak Cipta milik IPB, tahun 2024 Hak Cipta dilindungi Undang-Undang

Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan atau menyebutkan sumbernya. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik, atau tinjauan suatu masalah, dan pengutipan tersebut tidak merugikan kepentingan

IPB. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apa pun tanpa izin IPB.

**OPTIMASI PRODUKSI SIRUP GLUKOSA BERBASIS PATI
SAGU (*Metroxylon rumphii* Martius) VARIETAS UNGGUL
SELATPANJANG MERANTI MENGGUNAKAN ENZIM α -
AMILASE DAN GLUKOAMILASE DARI MIKROBA LOKAL**

MUHAMMAD AGUNG ISLAMY

Tesis
Sebagai salah satu syarat memperoleh gelar
Magister pada
Program Studi Ilmu Pangan

**PROGRAM STUDI ILMU PANGAN
SEKOLAH PASCASARJANA
IPB UNIVERSITY
BOGOR
2024**



(a) Hak cipta milik IPB University

IPB University

Tim Penguji pada Ujian Tesis:

- 1 Prof. Dr. Nugraha Edhi Suyatma, S.T.P., DEA.
- 2 Dr. Saraswati, S.Pi.
- 3 Dr. Eng Nanikm Rahmani, M.Si.
- 4 Prof. Dr. Nancy Dewi Yuliana, S.T.P., M.Sc.
- 5 Dr. -Ing. Dase Hunaefi, S.TP., M.Food.St.





Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

Judul Tesis : Optimasi Produksi Sirup Glukosa Berbasis Pati Sagu (*Met roxylon rumphii* Martius) Varietas Unggul Selatpanjang Meranti Menggunakan Enzim α -Amilase dan Glukoamilase dari Mikroba Lokal

Nama : Muhammad Agung Islamy

NIM : F2501222069

Disetujui oleh

Pembimbing 1:
Prof. Dr. Nugraha Edhi Suyatma, S.T.P., DEA.



Pembimbing 2:
Dr. Saraswati, S.Pi.



Pembimbing 3:
Dr. Eng Nanik Rahmani, M.Si.

Diketahui oleh

Ketua Program Studi:
Prof. Dr. Harsi Dewantari Kusumaningrum
NIP. 19640502 199303 2 004



Dekan Fakultas Teknologi Pertanian:
Prof. Dr. Ir. Slamet Budijanto, M. Agr.
NIP. 19610502 198603 1 002



Tanggal Ujian: 29 Oktober 2024

Tanggal Pengesahan: 13 November 2024



@Hak cipta milik IPB University

IPB University



IPB University
— Bogor Indonesia —

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

Perpustakaan IPB University



PRAKATA

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah atas segala karunia-Nya sehingga tesis ini berhasil diselesaikan. Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Januari hingga Juni 2024 dengan judul “Optimasi Produksi Sirup Glukosa Berbasis Pati Sagu (*Metroxylon rumphii* Martius) Varietas Unggul Selatpanjang Meranti Menggunakan Enzim α -Amilase dan Glukoamilase dari Mikroba Lokal”.

Penulis menyadari bahwa dalam proses penyusunan tesis ini tidak akan selesai dengan baik tanpa bantuan dari berbagai pihak:

1. Bapak Prof. Dr. Nugraha Edhi Suyatma, S.T.P., DEA. Ibu Dr. Saraswati, S.Pi. dan Ibu Dr. Eng Nanik Rahmani, M.Si yang telah membimbing, memberikan dukungan semangat dan saran dari awal hingga akhir penelitian, sehingga penulis dapat menyelesaikan tesis ini dengan baik.
2. Ibu Dr. Ir. Endang Prangdimurti, M.Si selaku moderator kolokium yang telah memberikan saran dan perbaikan dalam penyempurnaan proposal penelitian
3. Bapak Prof. Dr. Ir. Made Astawan, MS. moderator seminar hasil yang telah memberikan saran dan perbaikan dalam penyempurnaan makalah seminar hasil.
4. Bapak Dr. -Ing. Dase Hunaefi, S.TP., M.Food.St. dan Ibu Prof. Dr. Nancy Dewi Yuliana, S.T.P., M.Sc. selaku dosen penguji luar komisi dan perwakilan program studi dalam sidang tesis yang telah memberikan saran dan perbaikan dalam penyempurnaan tesis.
5. Bapak/Ibu dosen dan staff Departemen Ilmu dan Teknologi Pangan, serta staff Sekolah Pascasarjana IPB yang memberikan ilmu serta pelayanan terbaik selama penulis menempuh Pendidikan Magister di IPB University.
6. Bapak/Ibu serta rekan periset Pusat Mikrobiologi Terapan BRIN yang memberikan pengalaman selama penulis melakukan penelitian.
7. Bapak Muhammad Khumeri, S.Ag., Gr. dan Ibu Kasianti atas dukungan, doa, dan kasih sayang sebagai orang tua yang selalu diberikan kepada penulis, serta adek tercinta Bagus Duhan Irfandy, S.T. dan Septy Khairany, S.TP.
8. Teman-teman mahasiswa Pascasarjana Program Studi Ilmu Pangan angkatan semester genap tahun 2022 atas motivasi, bantuan, serta dukungan bagi penulis.
9. Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset, dan Teknologi atas pendanaan yang diberikan melalui skema riset penelitian tesis magister (PTM).
10. Semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu.

Semoga karya ilmiah ini bermanfaat bagi pihak yang membutuhkan dan bagi kemajuan ilmu pengetahuan .

Bogor, Oktober 2024

Muhammad Agung Islamy



@Hak cipta milik IPB University

IPB University



Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

DAFTAR ISI

DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xiii
I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Manfaat Penelitian	3
1.5 Hipotesis Penelitian	3
II TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Sirup Glukosa	4
2.2 Sagu (<i>Metroxylon rumphii</i> Martius) Var Selatpanjang Meranti	5
2.3 Bakteri <i>Anoxybacillus flavithermus</i>	7
2.4 Kapang <i>Aspergillus awamori</i> KT-11	8
2.5 Enzim α -Amilase	9
2.6 Enzim Glukoamilase	10
2.7 Hidrolisis Enzimatik	11
III METODE PENELITIAN	13
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian	13
3.2 Alat dan Bahan	13
3.3 Prosedur Penelitian	13
3.4 Metode Analisis	18
3.5 Analisis Data	21
IV HASIL DAN PEMBAHASAN	23
4.1 Aktivitas Enzim	23
4.2 Kadar Air	27
4.3 Kadar Abu sulfat	29
4.4 Padatan Total	30
4.5 Rendemen Glukosa atau <i>Yield</i>	32
4.6 <i>Dextrose Equivalent</i> (DE)	34
4.7 Validasi Kombinasi Optimasi Terpilih	36
V SIMPULAN DAN SARAN	39
5.1 Kesimpulan	39
5.2 Saran	39
DAFTAR PUSTAKA	40
RIWAYAT HIDUP	50
LAMPIRAN	51



DAFTAR TABEL

1	Syarat mutu SNI 2978:2021 tentang sirup glukosa	4
2	Perbandingan nilai kandungan zat gizi pati sagu <i>Metroxylon rumphii</i> Martius Varietas Selatpanjang Meranti dengan varietas sagu lainnya.	6
3	Data faktor optimasi kombinasi formula dan proses sirup glukosa	21
4	Hasil kombinasi produksi glukosa dari <i>software Design Expert</i>	21
5	Informasi optimasi RSM pada <i>response</i> kadar air	27
6	Informasi optimasi RSM pada <i>response</i> kadar abu sulfat	29
7	Informasi optimasi RSM pada <i>response</i> kadar padatan total	31
8	Informasi optimasi RSM pada <i>response</i> rendemen sirup glukosa (<i>yield</i>)	33
9	Informasi optimasi RSM pada <i>response dextrose equivalent</i> (DE)	36
10	Hasil solusi model optimasi sirup glukosa menggunakan RSM	37
11	Hasil solusi model optimasi sirup glukosa menggunakan RSM	38

DAFTAR GAMBAR

1	Sirup glukosa	5
2	Sagu <i>Metroxylon rumphii</i> Martius var Selatpanjang Meranti	6
3	Bakteri <i>Anoxybacillus flavithermus</i>	7
4	Kapang <i>Aspergillus awamori</i> KT-11	8
5	Struktur enzim α -amilase	9
6	Struktur enzim glucoamilase	10
7	Ilustrasi proses hidrolisis enzimatik pati	11
8	Hidrolisis enzimatis pada rantai 1, 4 dan 1,6 pati	12
9	Diagram Alir Penelitian	14
10	Tampilan visual aktivitas enzim α -amilase dari bakteri <i>Anoxybacillus flavithermus</i>	21
11	Hasil uji aktivitas enzim α -amilase dari bakteri <i>Anoxybacillus flavithermus</i>	22
12	Tampilan visual aktivitas enzim glucoamilase dari kapang <i>Aspergillus awamori</i> KT-11	23
13	Hasil uji aktivitas enzim glucoamilase dari kapang <i>Aspergillus awamori</i> KT-11	24
14	<i>3D surface</i> pengaruh kombinasi perlakuan kadar air sirup glukosa	28
15	<i>3D surface</i> pengaruh kombinasi perlakuan kadar abu sulfat sirup glukosa	30
16	<i>3D surface</i> pengaruh kombinasi perlakuan padatan total sirup glukosa	31
17	<i>3D surface</i> pengaruh kombinasi perlakuan rendemen sirup glukosa	33
18	<i>3D surface</i> pengaruh kombinasi perlakuan DE sirup glukosa	35



DAFTAR LAMPIRAN

1	Diagram alir persiapan bahan baku	51
2	Diagram alir pre-kultur bakteri <i>Anoxybacillus flavithermus</i> dan kapang <i>Aspergillus awamori</i> KT-11	52
3	Diagram alir kultur bakteri <i>Anoxybacillus flavithermus</i> dan kapang <i>Aspergillus awamori</i> KT-11	53
4	Diagram alir pemurnian enzim α -amilase dan glukoamilase	54
5	Diagram alir produksi sirup glukosa	56
6	Hasil ANOVA dan <i>solution</i> kombinasi optimasi terpilih	58
7	Dokumentasi penelitian	59



@Hak cipta milik IPB University

IPB University



Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.