

**OPTIMALISASI PROSES LIKUIFIKASI DAN SAKARIFIKASI TEPUNG UBI  
JALAR UNGU (*Ipomoea batatas* L.) PADA PRODUKSI GULA CAIR  
FUNGSIONAL MENGGUNAKAN KOMBINASI ENZIM XILANASE DAN  
MANANNASE**

*Optimization of Purple Sweet Potato Flour (*Ipomoea batatas* L.) Liquification and  
Saccharification Process in Functional Liquid Sugar Production Using Combinations  
of Xylanase and Mannanase Enzymes*

**Sunrixon Carmando Yuansah  
NIM. G31116301**



**PROGRAM STUDI ILMU DAN TEKNOLOGI PANGAN  
DEPARTEMEN TEKNOLOGI PERTANIAN  
FAKULTAS PERTANIAN  
UNIVERSITAS HASANUDDIN  
MAKASSAR  
2020**



Optimization Software:  
[www.balesio.com](http://www.balesio.com)

**OPTIMALISASI PROSES LIKUIFIKASI DAN SAKARIFIKASI TEPUNG UBI  
JALAR UNGU (*Ipomoea batatas* L.) PADA PRODUKSI GULA CAIR  
FUNGSIONAL MENGGUNAKAN KOMBINASI ENZIM XILANASE DAN  
MANANNASE**

**Sunrixon Carmando Yuansah  
NIM. G31116301**



**PROGRAM STUDI ILMU DAN TEKNOLOGI PANGAN  
DEPARTEMEN TEKNOLOGI PERTANIAN  
FAKULTAS PERTANIAN  
UNIVERSITAS HASANUDDIN  
MAKASSAR  
2020**






**Sunrixon Carmando Yuansah**

Skripsi,  
disusun sebagai salah satu syarat memperoleh  
gelar Sarjana Teknologi Pertanian

pada

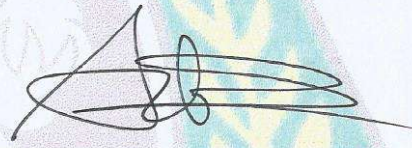
Program Studi Ilmu dan Teknologi Pangan  
Departemen Teknologi Pertanian  
Fakultas Pertanian  
Universitas Hasanuddin  
Makassar

Disetujui oleh:



**Prof. Dr. Ir. Amran Laga, MS**

Ketua



**Dr. Adiansyah Syarifuddin, S.TP., M.Si**

Anggota

Diketahui oleh:



**Prof. Dr. Ir. Meta Mahendradatta**

Ketua Departemen Teknologi Pertanian



**Dr. Februadi Bastian, S.TP., M.Si**

Ketua Program Studi  
Ilmu dan Teknologi Pangan



## ABSTRAK

SUNRIXON CARMANDO YUANSAH (NIM. G31116301). Optimalisasi Proses Likuifikasi dan Sakarifikasi Tepung Ubi Jalar Ungu (*Ipomoea batatas* L.) Pada Produksi Gula Cair Fungsional Menggunakan Kombinasi Enzim Xilanase dan Manannase. Dibimbing oleh AMRAN LAGA dan ADIANSYAH SYARIFUDDIN.

**Latar Belakang:** Proses produksi gula cair fungsional dari tepung ubi jalar ungu dapat dilakukan dapat dilakukan secara enzimatik, tetapi untuk memaksimalkan rendemen produksi perlu dilakukan penelitian tentang faktor pengaruh dalam proses likuifikasi dan sakarifikasi. **Tujuan:** Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh kombinasi variasi jenis enzim yang ditambahkan dan waktu likuifikasi dan sakarifikasi pada produksi gula cair fungsional dari tepung ubi jalar ungu. **Metode:** Proses produksi diawali dengan pembuatan tepung ubi jalar ungu kemudian dilanjutkan pada proses pembuatan gula cair dari tepung ubi jalar ungu. Pada proses pembuatan gula cair di tahapan proses likuifikasi ditambahkan beberapa perlakuan variasi kombinasi jenis enzim. Setelah itu, proses dilangsungkan selama 24 jam untuk nantinya masuk ke proses sakarifikasi selama 72 jam. Sampel diambil setiap 6 jam sekali pada setiap tahapan proses kemudian diuji total gula heksosa, total gula pentosa, gula pereduksi dan gula non-pereduksi. **Hasil:** Pada tahapan proses likuifikasi didapatkan bahwa perlakuan variasi kombinasi jenis enzim, waktu likuifikasi dan interaksinya tidak memiliki pengaruh yang signifikan pada semua parameter yang diuji, sedangkan pada proses sakarifikasi terdapat dua parameter yang memiliki nilai signifikan atau berpengaruh nyata pada waktu sakarifikasi yaitu total gula heksosa dan gula pereduksi. **Kesimpulan:** Penambahan kombinasi jenis enzim xilanase dan manannase dapat dilakukan secara terpisah dari proses likuifikasi dan sakarifikasi. Waktu likuifikasi dapat digunakan waktu yang lebih singkat. Waktu sakarifikasi terbaik untuk menghasilkan total gula heksosa tertinggi pada parameter total gula heksosa adalah pada jam ke-42 dengan hasil 106,78 g/L, sedangkan waktu sakarifikasi terbaik untuk mendapatkan kandungan gula pereduksi tertinggi adalah pada jam ke-60 dengan hasil 72,67 g/L.

**Kata kunci:** *gula, likuifikasi, sakarifikasi, ubi jalar ungu*





## ABSTRACT

SUNRIXON CARMANDO YUANSAH (NIM. G31116301). Optimization of Purple Sweet Potato Flour (*Ipomoea batatas* L.) Liquification and Saccharification Process in Functional Liquid Sugar Production Using Combinations of Xylanase and Mannanase Enzymes. Supervised by AMRAN LAGA and ADIANSYAH SYARIFUDDIN.

**Background:** Functional liquid sugar production process from purple sweet potato flour can be carried out enzymatically, however, in order to maximize production yields, it is necessary to know the factors that affecting the liquification and saccharification processes. **Purpose:** The purpose of the study was to determine the effect of combinations of enzyme added and the time needed for liquification and saccharification process during the production of functional liquid sugar derived from purple sweet potato flour. **Method:** The production process begins with the purple sweet potato flour production to the liquid sugar production from purple sweet potato flour. In the liquification process, combinations types of enzymes were added. The process lasted for 24 hours and into the saccharification process for 72 hours. Samples were taken every 6 hours at each stage of the process and then tested for total hexose sugar, total pentose sugar, reducing sugar and non-reducing sugar. **Results:** In the liquification process, it was found that the treatment of combinations of enzymes, the time of liquification and their interactions did not have a significant effect on all parameters tested, whereas in the saccharification process there were two parameters that had significant values or significantly affected by the saccharification time, total hexose sugar and reducing sugars. **Conclusion:** The addition of combination of xylanase and manannase enzymes can be carried separately from the liquification and saccharification processes. The liquification time can be used shorter time. The best saccharification time to produce the highest total hexose sugar was at 42 hours with a result of 106.78 g / L, while the best saccharification time to achieve the highest reducing sugar content wasat 60 hour with result of 72.67 g / L.

**Keywords:** *liquification, purple sweet potato, saccharification, sugar*



## PERNYATAAN KEASLIAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa, skripsi berjudul “Optimalisasi Proses Likuifikasi dan Sakarifikasi Tepung Ubi Jalar Ungu (*Ipomoea batatas* L.) Pada Produksi Gula Cair Fungsional Menggunakan Kombinasi Enzim Xilanase dan Manannase” benar adalah karya saya dengan arahan tim pembimbing, belum pernah diajukan atau tidak sedang diajukan dalam bentuk apa pun kepada perguruan tinggi mana pun. Saya menyatakan bahwa, semua sumber informasi yang digunakan telah disebutkan di dalam teks dan dicantumkan dalam Daftar Pustaka.

Makassar, Agustus 2020



Sunrixon Carmando Yuansah  
NIM. G31116301



## KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Allah SWT yang telah memberikan rahmat kepada penulis sehingga dapat melewati segala tantangan dan masa-masa sulit di tahun 2020 yang mana kita kenal dengan tahun pandemi COVID-19. Tanpa pertolongan Allah SWT, penulis mungkin tidak dapat menyelesaikan penelitian dan sampai sejauh ini. Penulis percaya bahwa tahun yang berat ini akan segera berlalu dan penulis juga percaya bahwa dibalik badai pasti ada langit yang cerah. Banyak pelajaran yang dapat penulis ambil dari peristiwa ini. Alhamdulillah, setelah sekian lama mengalami kendala, atas izin Allah SWT, penulis akhirnya dapat menyelesaikan dan melewati seluruh kendala dalam penelitian serta menyelesaikan skripsi ini tepat pada waktunya.

Segala keberhasilan dan pencapaian yang telah penulis dapatkan tidak lepas dari izin dan pertolongan Allah SWT, bantuan dan dukungan dari berbagai pihak baik keluarga, kawan, dosen dan staff dari keluarga besar prodi Ilmu dan Teknologi Pangan Unhas. Ucapan terima kasih penulis berikan kepada:

1. **Allah SWT** yang telah memudahkan segala urusan penulis hingga dapat menyelesaikan penelitian dari awal hingga akhir.
2. Orang tua penulis ibu **Rostiati** dan bapak **Berri Yuansah** yang ada di kampung halaman yang telah memberikan dukungan materil dan non-materil kepada penulis selama berada 4 tahun di perantauan.
3. Dosen pembimbing I **Prof. Dr. Ir. Amran Laga, MS** dan dosen pembimbing II bapak **Dr. Adiansyah Syarifuddin, S.TP., M.Si** yang telah kami anggap sebagai orang tua di kampus memberikan banyak bimbingan dan pengarahan dalam pengerjaan tugas akhir ini dan memberi banyak dukungan kepada penulis baik materi dan non-materi dalam pengerjaan penelitian tugas akhir ini.
4. Dosen penguji bapak **Dr.rer.nat. Zainal, S.TP., M.FoodTech** dan bapak **Ir. Nandi K. Sukendar, M.App.Sc**
5. Panitia seminar proposal dan seminar hasil prodi ITP **Pak Dr. Muhammad Asfar, S.TP., M.Si** dan panitian ujian sarjana **Pak Ir. Andi Dirpan, S.TP., M.Si., PhD.** yang banyak membantu dalam pelaksanaan seminar kami.
6. Ibu Kepala Departemen Teknologi Pertanian **Prof. Dr. Ir. Meta Mahendradatta**, dan Pak Kepala Prodi Ilmu dan Teknologi Pangan **Dr. Februadi Bastian, S.TP., M.Si**
7. Tenaga kependidikan terutama laboran ITP ibu **Ir. Andi Nurhayati, M.Si** dan kak **Hasmiyani, S.Si** yang selama ini membimbing penulis dalam pengujian laboratorium hingga akhir dan sudah penulis anggap sebagai orang tua di laboratorium, serta sekretaris prodi ITP ibu **Harmia, S.Sos**, dan pustakawan ITP kak **Nana**.
8. **Kawan-kawan UPGC Teaching Industry** yang agak membantu secara langsung maupun tidak langsung. Termasuk di dalamnya **Aburipal Guslim, Sri Yuniar, S.TP, Ariani Rumitasari, S.TP, M. Rais Ram, Andi Nur Fajri Suloi, S.TP., Nurul Fitriani Syam, i, Humairah, Kerina Muli Sitepu, Asmayana Iwo, dan Nurdian Fitriana.** dan ITP 2016 yang tidak bisa kami sebutkan satu per satu. **S.P** yang sering membantu dalam kepengurusan administrasi ujian sarjana



11. Dukungan dari para senior **kak Dian Haryati, S.TP, kak Darmawan, S.TP, kak Laras Budyghifari, S.TP., kak Husnul Hatimah, S.TP., kak Nuril Hidayah, S.TP., kak La Ode Munazar, S.TP,** dan **kak Ashabul Firdaus, S.TP.**
12. **Asisten AMKP 2019** yang penuh drama kolosal dari mulai capet hilang dan seterusnya.
13. **Tim PKM ITP 2019** seperti om **Darmawan, S.TP., kak Laras Budighyfare, S.TP., kak Dian Haryati, S.TP., kak Lulu Nadhifa, S.TP., Humaeroh, Nurdian,** dan **Fajri** serta yang bantu doa maupun lihat-lihat saja dalam penelitian, juga tak terluput mahluk-mahluk yang menemani di laboratorium saat malam baik yang terlihat maupun tidak kasat mata.
14. **Para orang baik** yang sudah membantu secara langsung dalam perjalanan penelitian saya baik secara langsung maupun tidak langsung, yang tidak dapat kami sebutkan satu per satu.

Penulis berharap agar karya ilmiah ini dapat dimanfaatkan oleh berbagai pihak untuk pengembangan ilmu pengetahuan mendatang. Penulis juga sadar masih banyak kekurangan dalam penelitian dan penulisan skripsi ini. Oleh sebab itu, kritik dan saran yang membangun sangat diharapkan.

Makassar, Juli 2020

*Sunrixon Carmando Yuansah*





## RIWAYAT HIDUP



Sunrixon Carmando Yuansah yang biasa dipanggil Rixon, lahir di Palembang pada tanggal 30 Desember 1998. Merupakan Anak Sulung dari Pasangan Berri Yuansah dan Rostiati.

Pendidikan formal yang telah ditempuh adalah :

1. SD HARAPAN, Sungailiat, Kepulauan Bangka Belitung
2. SMP HARAPAN, Sungailiat, Kepulauan Bangka Belitung
3. SMA NEGERI 1 Sungailiat, Kepulauan Bangka Belitung

Pada tahun 2016, penulis diterima di Universitas Hasanuddin melalui jalur Seleksi Bersama Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SBMPTN) dan tercatat sebagai Mahasiswa Program Studi Ilmu dan Teknologi Pangan, Departemen Teknologi Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Hasanuddin, Makassar. Selama menempuh pendidikan di jenjang S1, penulis aktif dalam bidang akademik dan non-akademik. Selama menempuh studi di prodi ITP Unhas, penulis pernah mendapat beberapa gelar kehormatan seperti Duta Pendidikan Anti Korupsi Kepulauan Bangka Belitung Tahun 2017, Juara Harapan II IKAB *National Scientific and Writing Competiton* (INSIGHT) 2017, Juara Harapan II Japfa Foundation Indonesia Bergizi (INZI *Creative Project*) 2017, Juara II *Agroechotechnology Scientific Enthusiast Competition* (ASEC) Universitas Udayana Tahun 2018, dan Juara III *Chemical Engineering Paper Competition* (CHEERS) Tahun 2018. Penulis juga pernah menerima hibah pendanaan Program Kreativitas Mahasiswa (PKM) bidang penelitian eksakta pada tahun 2019 dengan judul (Produksi Gula Sehat Dari Jerami Padi dengan Menggunakan Isolat Enzim Termostabil), dan menjadi peserta Pekan Ilmiah Mahasiswa Nasional (PIMNAS) 32 Non PKM Bidang Pameran Inovasi dan PIMNAS *Investment Summit* di Universitas Udayana Bali Tahun 2019. Beberapa judul publikasi yang pernah penulis buat adalah “Potensi Pembuatan Gula Non-Digestible Dari Selulosa Dan Hemiselulosa Menggunakan Hidrolisis Enzimatis” dan “Pengaruh Pretreatment Jerami Padi Pada Produksi Enzim Termostabil Menggunakan Isolat Bakteri Termofilik”.

Penulis pernah menjadi koordinator asisten laboratorium untuk praktikum Aplikasi Mikrobiologi Keamanan Pangan 2019 dan asisten laboratorium Kimia Analitik 2018. Pada tahun 2020, penulis pernah mengikuti program magang selama satu bulan di Laboratorium Mikrobiologi, Balai Besar Pengawas Obat dan Makanan (BBPOM) di Makassar. Penulis juga pernah aktif di organisasi FDPASN (Forum Duta Pendidikan Anti-Korupsi Nasional) sebagai Badan Pengurus Harian (BPH) Koordinator Departemen Media dan Informasi tahun 2017 serta UKM-F LDF Surau Firdaus Tahun 2016-2019 sebagai anggota Departemen Dakwah Tahun 2017 dan Departemen Pengembangan Media dan Informasi (DPMI) Tahun 2018-2019.



# DAFTAR ISI

	Halaman
ABSTRAK .....	iii
PERNYATAAN KEASLIAN .....	v
KATA PENGANTAR.....	vi
RIWAYAT HIDUP.....	viii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR GAMBAR .....	xi
DAFTAR LAMPIRAN .....	xii
1.PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Tujuan Penelitian .....	2
1.3 Manfaat Penelitian.....	2
2.TINJAUAN PUSTAKA.....	3
2.1 Ubi Jalar Ungu ( <i>Ipomoea batatas</i> L.) .....	3
2.2 Serat Pangan pada Ubi Jalar Ungu .....	3
2.3 Antosianin.....	4
2.4 Enzim Alfa-Amilase .....	5
2.5 Enzim Manannase.....	5
2.6 Enzim Xilanase.....	6
2.7 Enzim Amiloglukosidase.....	6
2.8 Gula Cair Fungsional.....	6
3.METODE .....	9
3.1 Waktu dan Tempat.....	9
Bahan .....	9
Penelitian .....	9
tan Tepung Ubi Jalar Ungu .....	9



3.3.2	Pembuatan Gula Cair Fungsional dari Tepung Ubi Jalar Ungu Secara Enzimatis..	9
3.4	Desain Penelitian .....	11
3.5	Parameter Pengujian .....	11
3.5.1	Analisa Total Gula Metode Fenol-Asam Sulfat .....	11
3.5.2	Analisa Gula Pereduksi Metode DNS .....	12
3.5.3	Nilai Dekstrosa Ekuivalen .....	12
3.5.4	Gula Non Pereduksi .....	12
3.6	Analisis Data.....	12
4.	HASIL DAN PEMBAHASAN .....	13
4.1	Penelitian Pengaruh Variasi Kombinasi Jenis Enzim dan Waktu Likuifikasi.....	13
4.1.1	Total Gula Heksosa Pada Proses Likuifikasi .....	13
4.1.2	Total Gula Pentosa Pada Proses Likuifikasi .....	14
4.1.3	Dekstrosa Ekuivalen Pada Proses Likuifikasi .....	15
4.1.4	Gula Non-Pereduksi Pada Proses Likuifikasi.....	16
4.2	Penelitian Pengaruh Variasi Kombinasi Jenis Enzim dan Waktu Sakarifikasi .....	18
4.2.1	Total Gula Heksosa Pada Proses Sakarifikasi .....	18
4.2.2	Total Gula Pentosa Pada Proses Sakarifikasi .....	19
4.2.3	Gula Pereduksi Pada Proses Sakarifikasi.....	20
4.2.4	Gula Non-Pereduksi Pada Proses Sakarifikasi .....	21
5.	PENUTUP .....	23
5.1	Kesimpulan .....	23
5.2	Saran .....	23
	DAFTAR PUSTAKA .....	24
	LAMPIRAN .....	27





## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Struktur Dasar Antosianin .....	4
Gambar 2. Struktur Kimia Antosianin pada Ubi Jalar Ungu .....	4
Gambar 3. Mekanisme Kerja Enzim Kelompok Amilase Pada Reaksi Hidrolisis Substrat Pati .....	5
Gambar 4. Reaksi Hidrolisis Komponen Xilan Menjadi Xilosa Menggunakan Enzim Xilanase .....	7
Gambar 5. Reaksi Hidrolisis Mannan Menjadi Mannooligosakarida dan Manan dengan Menggunakan Enzim Mannanase .....	7
Gambar 6. Reaksi Hidrolisis Mannan Menjadi Manosa dengan Menggunakan Enzim Mannanase.....	8
Gambar 7. Diagram Alir Proses Pembuatan Tepung Ubi Jalar Ungu.....	10
Gambar 8. Diagram Alir Proses Produksi Gula Cair Fungsional dari Tepung Ubi Jalar Ungu .....	10
Gambar 9. Hubungan Interaksi Perlakuan Variasi Kombinasi Jenis Enzim dan Waktu Likuifikasi Terhadap Konsentrasi Gula Heksosa (g/L).....	14
Gambar 10. Hubungan Interaksi Perlakuan Variasi Kombinasi Jenis Enzim dan Waktu Likuifikasi Terhadap Konsentrasi Gula Pentosa (g/L).....	15
Gambar 11. Hubungan Interaksi Perlakuan Variasi Kombinasi Jenis Enzim dan Waktu Likuifikasi Terhadap Persentase Dekstrosa Ekuivalen (%) .....	16
Gambar 12. Hubungan Interaksi Perlakuan Variasi Kombinasi Jenis Enzim dan Waktu Likuifikasi Terhadap Konsentrasi Gula Non-Pereduksi (g/L) .....	17
Gambar 13. Hubungan Waktu Sakarifikasi Terhadap Total Gula Heksosa (g/L). Huruf-Huruf yang Mengikuti Angka Menunjukkan Perlakuan yang Berbeda Nyata ( $P < 0,05$ ) .....	19
Gambar 14. Hubungan Interaksi Perlakuan Variasi Kombinasi Jenis Enzim dan Waktu Sakarifikasi Terhadap Konsentrasi Gula Pentosa (g/L) .....	20
Gambar 15. Hubungan Waktu Sakarifikasi Terhadap Gula Pereduksi (g/L). Huruf-Huruf yang Mengikuti Angka Menunjukkan Perlakuan yang Sangat Berbeda Nyata ( $P < 0,01$ ).....	21
Gambar 16. Hubungan Interaksi Perlakuan Variasi Kombinasi Jenis Enzim dan Waktu Sakarifikasi Terhadap Konsentrasi Gula Non-Pereduksi (g/L).....	22



## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Hasil Pengujian Total Gula Heksosa Selama Proses Likuiifikasi .....	27
Lampiran 2. Hasil Pengujian Total Gula Pentosa Selama Proses Likuiifikasi.....	28
Lampiran 3. Hasil Pengujian Total Dekstrosa Ekuivalen Selama Proses Likuiifikasi.....	29
Lampiran 4. Hasil Pengujian Gula Non-Pereduksi Selama Proses Likuiifikasi .....	31
Lampiran 5. Hasil Pengujian Total Gula Heksosa Selama Proses Sakarifikasi.....	32
Lampiran 6. Hasil Pengujian Total Gula Pentosa Selama Proses Sakarifikasi .....	35
Lampiran 7. Hasil Pengujian Gula Pereduksi Selama Proses Sakarifikasi .....	38
Lampiran 8. Hasil Pengujian Gula Non-Pereduksi Selama Proses Sakarifikasi.....	41
Lampiran 9. Dokumentasi Kegiatan Penelitian.....	43



# 1. PENDAHULUAN

## 1.1 Latar Belakang

Ubi jalar ungu (*Ipomoea batatas* L.) merupakan salah satu pangan sumber karbohidrat di Indonesia. Ubi jalar ungu merupakan varietas yang spesial karena memiliki kandungan antosianin yang lebih tinggi daripada varietas ubi jalar lainnya (Ray dan Tomlins, 2009; Ray *et al.*, 2012). Kandungan antosianin ubi jalar ungu mencapai 123,92 mg/100g (Ginting *et al.*, 2015). Ubi jalar ungu juga memiliki kandungan pati, gula reduksi, lemak, protein dan serat pangan masing-masing mencapai 22,64%, 0,3%, 0,94%, 0,77% dan 3% berdasarkan basis basah (Ginting *et al.*, 2011). Produksi ubi jalar ungu di Indonesia mencapai 2.261.124 ton dengan produktivitas 160,53 kuintal/hektar pada tahun 2015 (BPS, 2015). Diversifikasi pangan berbasis ubi jalar ungu sendiri masih cukup jarang. Komponen serat pangan tidak larut seperti selulosa dan hemiselulosa, komponen serat pangan larut seperti pektin serta oligosakarida rantai pendek seperti rafinosa, stakiosa dan verbakosa memiliki potensi pengembangan yang sangat besar sebagai gula prebiotik. Salah satu diversifikasi pangan yang dapat dilakukan dengan mengolahnya menjadi gula cair fungsional.

Pembuatan gula cair fungsional dari bahan baku berbasis karbohidrat dapat dilakukan dengan hidrolisis asam dan hidrolisis enzimatik. Hidrolisis asam umumnya mempunyai biaya produksi lebih murah daripada hidrolisis enzimatik, akan tetapi reaksi enzimatik memiliki keuntungan yaitu ramah lingkungan dan berkerja secara spesifik sehingga tidak menghasilkan produk lain seperti hidrosimetil furfural (HMF) pada hidrolisis asam. Shapla *et al.* (2018) menyatakan bahwa HMF terbentuk ketika adanya degradasi heksosa dalam keadaan asam dan suhu tinggi, dimana konsumsi senyawa HMF dalam jumlah besar memiliki efek buruk terhadap kesehatan karena bersifat genotoksik, mutagenik, karsinogenik (prekursor kanker), organotoksik, merusak DNA dan menghambat kerja enzim.

Nilai fungsional gula cair dari tepung ubi jalar ungu didapatkan dari hidrolisis komponen serat tak larut seperti hemiselulosa menjadi komponen oligosakarida rantai sedang yang bersifat lebih larut dengan menggunakan kombinasi enzim xilanase dan mannanase. Komponen oligosakarida rantai sedang ini lebih tahan terhadap hidrolisis asam lambung dan tidak akan dapat dihidrolisis oleh enzim pencernaan tubuh manusia karena tersusun dari ikatan gula  $\beta$  sehingga komponen ini akan berperan sebagai prebiotik bagi mikrobiota usus (Yuansah, 2019). Ketika dalam bentuk monosakarida, gula yang dihasilkan dari hidrolisis hemiselulosa berupa gula xilosa dan manosa yang telah terbukti pada penelitian *in vitro* dan *in vivo* dapat menghambat beberapa jenis enzim pencernaan, memperbaiki respon insulin dan menurunkan kadar gula darah (Kim *et al.*, 2016; Shi dan Yin, 2017). Selain itu, penelitian Nurdjanah *et al.* (2019), membuktikan bahwa ekstrak kasar antosianin dari ubi jalar ungu memiliki aktifitas untuk menghambat enzim  $\alpha$ -glukosidase dan menormalkan kadar gula darah penderita diabetes.

Kendala yang umumnya terjadi pada produksi gula secara enzimatik adalah enzim tidak dapat mengkatalisis reaksi pemotongan gula secara optimal sehingga rendemen yang dihasilkan akan ini dapat disebabkan karena jenis enzim dan kondisi likuifikasi tidak sesuai dan berakibat enzim berada pada keadaan suboptimal. Hal ini perlunya dikembangkan proses produksi untuk mengoptimalkan rendemen dari hidrolisis bahan baku karbohidrat secara enzimatik.





## 1.2 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Untuk mengetahui pengaruh variasi kombinasi jenis enzim xilanase dan mannanase serta waktu pada proses likuifikasi tepung ubi jalar ungu untuk produksi gula cair fungsional.
2. Untuk mengetahui pengaruh variasi kombinasi jenis enzim xilanase dan mannanase serta waktu pada proses sakarifikasi tepung ubi jalar ungu untuk produksi gula cair fungsional.

## 1.3 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Menghasilkan gula sehat dari tepung ubi jalar ungu yang berperan sebagai prebiotik
2. Memberikan informasi tentang kombinasi jenis enzim dan waktu likuifikasi - sakarifikasi terbaik dalam produksi gula cair fungsional dari tepung ubi jalar ungu.



## 2. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Ubi Jalar Ungu (*Ipomoea batatas* L.)

Ubi jalar ungu merupakan salah satu varietas ubi jalar selain ubi jalar putih, kuning dan merah. Warna ungu pada ubi ini disebabkan karena adanya pigmen antosianin. Kandungan antosianin pada ubi jalar ungu dapat mencapai 1,86-123,92 mg/100g tergantung varietas (Ginting *et al.*, 2015). Kandungan dari ubi jalar ungu yaitu gula pereduksi, lemak, protein dan serat masing-masing mencapai 22,64%, 0,3%, 0,94%, 0,77% dan 3% (Ginting *et al.*, 2011). Beberapa jenis kultivar juga dapat memiliki kandungan pati, serat pangan dan protein rata-rata secara berurutan 51,98%, 21,41%, dan 4,55% berdasarkan berat kering (Mei *et al.*, 2010). Selain itu, ubi jalar ungu juga memiliki kandungan oligosakarida seperti rafinosa 0,09% dan maltoheksosa 0,04% (Susanti *et al.*, 2012). Produksi ubi jalar ungu di Indonesia mencapai 2.261.124 ton dengan produktivitas 160,53 kuintal per hektar pada tahun 2015 (BPS, 2015). Berdasarkan ITIS Standard, taksonomi dari ubi jalar ungu (*Ipomoea batatas* L.) adalah sebagai berikut.

Kingdom : Plantae  
 Divisi : Tracheophyta  
 Kelas : Magnoliopsida  
 Ordo : Solanales  
 Family : Convolvulaceae  
 Genus : Ipomoea  
 Spesies : *Ipomoea batatas* L.

### 2.2 Serat Pangan pada Ubi Jalar Ungu

Serat pangan dapat didefinisikan dengan komponen karbohidrat yang tidak dapat dihidrolisis oleh enzim yang ada pada pencernaan tubuh manusia. Menurut *American Association of Cereal Chemist* (AACC), serat pangan didefinisikan sebagai bagian dari tumbuhan atau karbohidrat analog yang resisten terhadap penyerapan dan pencernaan usus halus manusia dengan fermentasi total atau parsial di usus besar. Dhingra *et al.*, (2012) mendefinisikan serat pangan sebagai komponen tumbuhan yang tidak dapat dicerna termasuk di dalamnya komponen selulosa, polisakarida non-selulosa (hemiselulosa, pektin, gum, getah dan non karbohidrat komponen seperti lignin). Makanan yang tinggi serat memiliki efek positif bagi kesehatan selama jumlah konsumsinya sesuai dengan yang dianjurkan untuk beberapa jenis penyakit seperti penyakit gastrointestinal, kardiovaskular, obesitas dan pencegahan diabetes (Anderson *et al.*, 2009; Dhingra *et al.*, 2012).

Serat pangan dapat diklasifikasikan ke 2 kelompok berdasarkan kelarutannya yaitu serat larut seperti pektin, gum, dan beta-glukan serta serat tak larut seperti selulosa, lignin dan hemiselulosa (Mei *et al.*, 2010). Kandungan serat seperti selulosa, lignin, pektin dan hemiselulosa rata-rata dari beberapa jenis varietas ubi jalar berturut-turut dapat mencapai 31,19

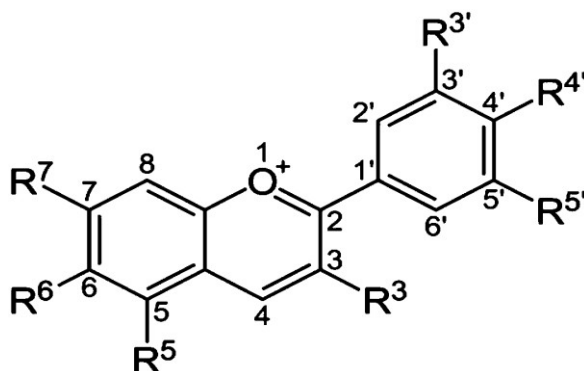
15,65 gram dan 11,38 gram tiap 100 gram bahan dalam berat kering. Gula rata-rata yang menyusun komponen hemiselulosa dan pektin dari varietas ubi jalar ungu adalah arabinosa, xilosa, rhamnosa, dan manosa berturut-turut 10,39, 3,68, 3,33, dan 3,33%. Beberapa literatur menyatakan kandungan serat dari ubi jalar ungu berkisar antara 10-30% berdasarkan berat basah sedangkan komponen selulosa, hemiselulosa dan pektin



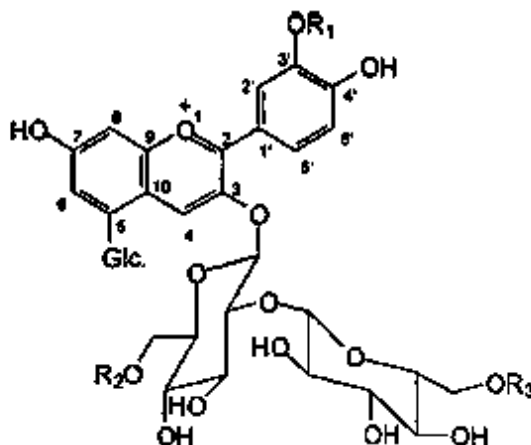
berturut-turut dapat 2,7%, 3,6% dan 0,47% berdasarkan berat kering (Mei *et al.*, 2010; Truong *et al.*, 2018).

### 2.3 Antosianin

Antosianin adalah salah satu kelas besar flavonoid yang merupakan pigmen alami larut air. Struktur dasar antosianin disebut dengan antosianidin dimana pigmen ini muncul sebagai warna merah, biru dan ungu pada bunga, buah dan sayur (Valls *et al.*, 2009). Antosianin terdiri atas komponen aglikon (antosianidin) dan glikon. Tipe antosianidin yang paling banyak ditemui pada tumbuhan adalah *cyanidin*, *delphinidin*, *pelargonidin*, *peonidin*, *petunidin*, dan *malvidin*. Stabilitas antosianin dapat dipengaruhi oleh modifikasi struktural dengan gugus hidroksil, metoksil, asil serta lingkungan pH, pelarut dan kondisi perlakuan awal pengolahan (Fan *et al.*, 2008). Jenis pigmen antosianin, ko-pigmen, cahaya, suhu, ion logam, enzim fenol oksidase dan polifenol oksidase, oksigen dan antioksidan juga akan mempengaruhi stabilitas dari antosianin (Turturică *et al.*, 2015; Khoo *et al.*, 2017). Antosianin dapat mengalami pengaruh perubahan warna sesuai dengan pH. Antosianin pada pH 1 dalam bentuk kation flavilium yang berwarna merah atau ungu, ketika pada pH 2-4 berubah menjadi basa quinoidal biru, pH 5 berubah menjadi karbinol pseudobasa tidak berwarna dan pH 6 berubah menjadi chalcone kuning (Moldovan *et al.*, 2012). Ekstraksi antosianin dapat dilakukan dengan beberapa pelarut polar seperti metanol dan etanol. Salah satu studi ekstraksi antosianin menggunakan pelarut yaitu dengan metanol 80% yang efisien untuk mengesktraksi antosianin dari ubi ungu mentah dan 60% untuk ubi ungu yang telah direbus (Burgos *et al.*, 2013; Farahmandazad, 2015).



Gambar 1. Struktur Dasar Antosianin (Khoo *et al.*, 2017)



Struktur Kimia Antosianin pada Ubi Jalar Ungu (Kano *et al.*, 2005)

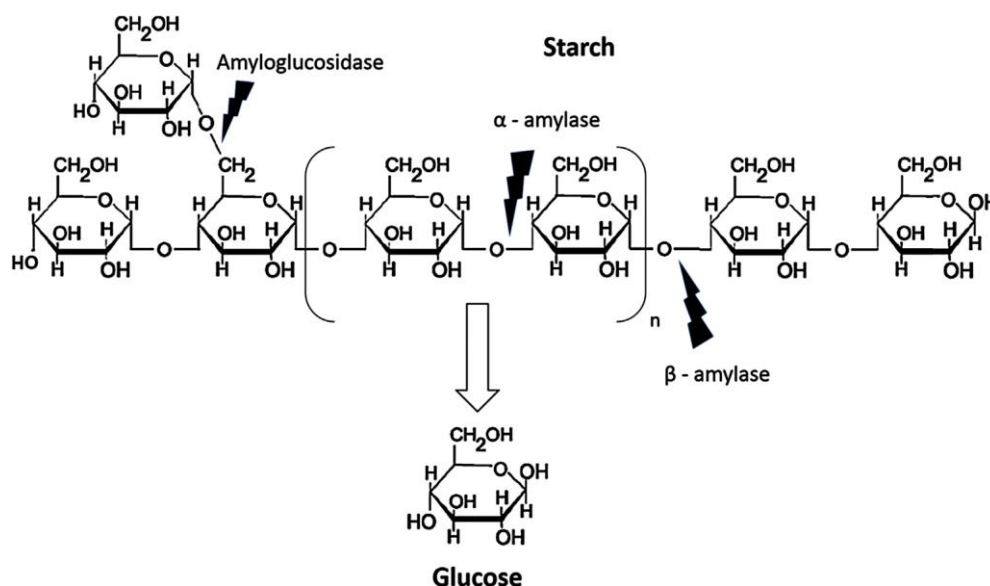




Antosianin dari ekstrak tepung ubi jalar ungu memiliki efek dalam penghambatan enzim alfa-glukosidase sampai 65,59% (Nurdjanah *et al.*, 2019). Potensi antioksidan dari antosianin bergantung pada struktur kimianya dimana beberapa yang akan mempengaruhi adalah jumlah gugus hidroksil, ion oksonium pada cincin karbon, pola hidroksilasi, metilasi, aslasi dan glikolasi (Turturică *et al.*, 2015; Yang *et al.*, 2011). Kemampuan antioksidan dari antosianin ini didapatkan karena antosianin dapat menyumbangkan atom hidrogen terhadap radikal yang sangat reaktif (Fan *et al.*, 2008).

## 2.4 Enzim Alfa-Amilase

Enzim  $\alpha$ -Amilase (EC 3.2.1.1) atau  $\alpha$ -1,4-glukan-glukanohidrolase merupakan enzim ekstraseluler yang mengkatalisis hidrolisa ikatan  $\alpha$ -1,4-glikosidik internal pati menjadi produk turunan dengan berat molekul rendah seperti glukosa, maltose dan maltotriosa (de Souza dan Magalhães, 2010; Saini *et al.*, 2017). Enzim  $\alpha$ -amilase yang diproduksi secara komersial umumnya merupakan enzim yang dihasilkan dari mikroba seperti bakteri, kapang dan khamir. Kondisi optimum enzim  $\alpha$ -amilase bakteri sangat beragam dengan rentang suhu 30-135°C dan pH optimum berkisar antara pH 5-10 (de Souza dan Magalhães, 2010).



Gambar 3. Mekanisme Kerja Enzim Kelompok Amilase Pada Reaksi Hidrolisis Substrat Pati (Godoy *et al.* 2018)

## 2.5 Enzim Manannase

Enzim  $\beta$ -mannanase atau 1,4- $\beta$ -D-mannan mannanohidrolase (EC 3.2.1.78) merupakan salah satu enzim hidrolase yang berkerja secara *endoacting*, dimana enzim ini memotong ikatan glikosidik internal pada rantai utama mannan dan menghasilkan rantai pendek  $\beta$ -1,4-manno-oligosakarida (Chauhan *et al.*, 2012). Kondisi optimum dari enzim mannanase secara umum yaitu berada pada pH 5,0-9,6 atau cenderung pada pH netral untuk mannanase mikrobial sedangkan pH 3,5-6 atau cenderung asam untuk mannanase fungal. Mannanase mikrobial optimum yang beragam berkisar dari 37°C-70°C sedangkan mannanase fungal optimum berkisar dari 40°C-65°C (Ma *et al.*, 2004; Kote *et al.*, 2009; Chauhan *et al.*, 2012).



## 2.6 Enzim Xilanase

Enzim xilanase atau endo-1,4- $\beta$ -xilanase (EC 3.2.1.8) merupakan salah satu bagian enzim hidrolase yang mengkatalisis pemotongan acak ikatan  $\beta$ -1,4-D-xilosidik pada xilan (Saka dan Bae, 2016). Enzim xilanase secara komersial telah digunakan dalam industri pulp dan kertas, pangan, minuman, tekstil dan pakan. Enzim xilanase komersial biasanya diproduksi dari *Trichoderma*, *Penicillium*, *Aureobasidium*, *Aspergillus*, *Bacillus*, dan *Talaromyces* sp. (Liab *et al.*, 2000). Aktivitas enzim xilanase pada media cair dan semi padat masing-masing 480,1 U/ml dan 185,2 U/g. Kondisi optimum enzim xilanase dari kapang *Tricoderma harzanium* untuk mencapai aktivitas tertinggi adalah pada pH 5, suhu 60°C, dengan waktu reaksi 50 menit dan jumlah konsentrasi substrat xilan 1% (Isil dan Nilufer, 2005). Sedangkan, xilanase dari bakteri *Bacillus arseniciselenatis* DSM 15340 stabilitas enzim xilanase berada pada pH 6,0-10,0 dan suhu 30-40°C (Kamble dan Jadhav, 2012) dan xilanase berkerja optimum pada kondisi pH 8,0, suhu 40°C dan waktu inkubasi optimum selama 30 menit (Ardiansyah *et al.*, 2014).

## 2.7 Enzim Amiloglukosidase

Enzim amiloglukosidase (glukoamilase) atau  $\alpha$ -1,4 glukon glukohidrolase (EC 3.2.1.3) merupakan salah satu eksoenzim yang digunakan dalam sakarifikasi pati dalam industri. Enzim ini mengkatalisasi reaksi pemotongan ikatan  $\alpha$ -1,4 dan  $\alpha$ -1,6 pada pati untuk menghasilkan glukosa. Kondisi optimum dari aktivitas enzim AMG adalah pH 5.0 dan suhu 70°C, dimana enzim ini memiliki aktivitas enzim yaitu 3428 U / menit / ml (Rani *et al.*, 2000). Enzim amiloglukosidase umumnya diproduksi dari *Aspergillus niger* dalam industri. Enzim AMG dan  $\alpha$ -amilase sering digunakan bersamaan dalam industri jus buah untuk menghasilkan efek sinergi, dimana  $\alpha$ -amilase akan memotong ikatan  $\alpha$ -1,4 secara acak pada substrat pati untuk menghasilkan dekstrin. Dekstrin ini nantinya digunakan AMG sebagai substrat untuk menghasilkan glukosa (Aehle *et al.*, 2007).

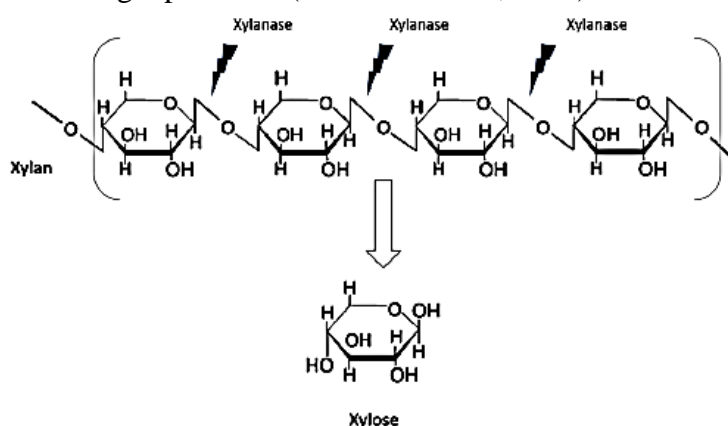
## 2.8 Gula Cair Fungsional

Serat tidak larut dari tepung ubi jalar ungu seperti hemiselulosa dikatalisis pemotongan rantainya menggunakan enzim xilanase dan manannase untuk menghasilkan gula cair fungsional. Hemiselulosa merupakan karbohidrat atau heteropolisakarida yang tersusun dari berbagai jenis monomer gula seperti L- arabinosa, D-galaktosa, D-glukosa, D- mannosa, dan D-xilosa serta beberapa penyusun non-karbohidrat seperti asetat, glukoronat dan asam ferulik. Berdasarkan residu gulanya, hemiselulosa terbagi atas beberapa golongan seperti xilan, mannan, glukon, glukuronoxilan, arabinoxilan, glukomannan, galaktomannan, galaktoglukomannan, xiloglukan dan  $\beta$ - glukon (Yuansah, 2019; Fengel dan Wegener, 1984). Ketika enzim xilanase (endo-1,4- $\beta$ -xilanase (EC 3.2.1.8)) dan manannase (1,4- $\beta$ -D-mannan mannanohidrolase (EC 3.2.1.78)) ditambahkan pada substrat tepung ubi jalar ungu, enzim xilanase akan memotong secara acak ikatan  $\beta$ -1,4-D-xilosidik dari dalam rantai xilan hemiselulosa menghasilkan xilan yang lebih pendek, D-xilosa dan xilooligosakarida (XOS) (Godoy *et al.*, 2018; Yuansah, 2019). Sedangkan, enzim manannase akan memotong secara acak ikatan  $\beta$ -D-manosidik pada mannan menghasilkan mannan yang lebih pendek, D-manosa dan manooligosakarida (MOS) (Yuansah *et al.*, 2019).

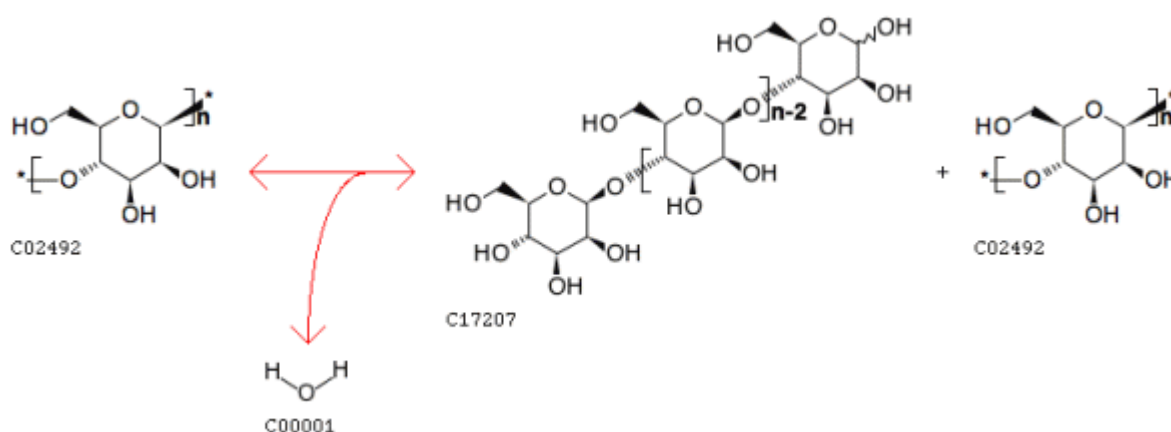
Kim *et al.* (2016) menunjukkan bahwa D-xilosa memberikan efek kesehatan dengan menurunkan kadar gula darah secara signifikan pada mencit hingga 31,3%. Hal ini yang menunjukkan bahwa D-xilosa memiliki manfaat potensi terapi dalam mengatur kadar gula darah



pada penderita diabetes. Sedangkan, gula D-mannosa meningkatkan toleransi imun dan mencegah penyakit manusia yang berasosiasi dengan autoimun dan alergi (Shi dan Yin, 2017). Gula-gula turunan hemiselulosa dalam bentuk disakarida dan oligosakarida seperti glukomanan, xilobiosa, xilooligosakarida (XOS), manooligosakarida (MOS), arabinoxilan (AX), arabinxilooligosakarida (AXOS) dan oligosakarida lainnya memiliki efek sebagai prebiotik. Arabinoxilan (AX) diubah oleh bakteri golongan *Roseburia* dan *Bacteriodes* menjadi arabinxilooligosakarida (AXOS) dan xilooligosakarida (XOS) yang nantinya di dimanfaatkan oleh *Bifidobacterium* dalam usus besar untuk menghasilkan asam lemak rantai pendek. Penelitian pada hewan dan manusia menunjukkan XOS dan AXOS memiliki keunggulan prebiotic termasuk resistensi terhadap hidrolisis dan penyerapan gastrointestinal, fermentasi oleh mikrobiota usus, dan stimulasi *Bifidobacterium* spp. usus besar. Efek prebiotic ini disertai dengan penormalan feses dan beberapa penelitian menunjukkan bahwa AXOS memiliki sifat antioksidan selain dari sebagai prebiotik (Broekaert *et al.*, 2011).

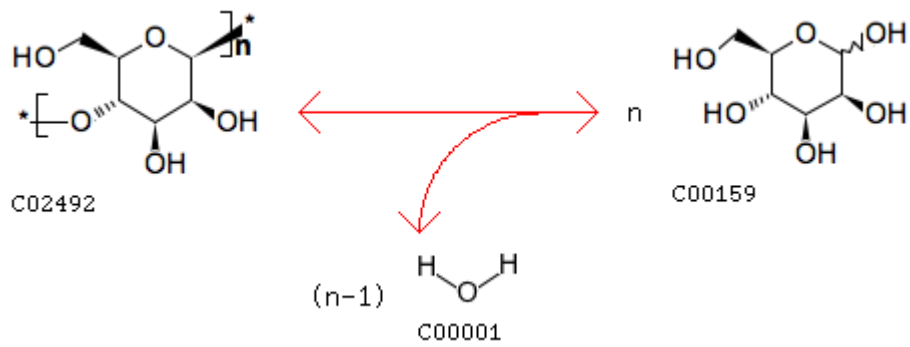


Gambar 4. Reaksi Hidrolisis Komponen Xilan Menjadi Xilosa Menggunakan Enzim Xilanase (Godoy *et al.*, 2018)



Gambar 5. Reaksi Hidrolisis Mannan Menjadi Mannooligosakarida dan Manan dengan Menggunakan Enzim Mannanase (Reese dan Shibata, 1965)





Gambar 6. Reaksi Hidrolisis Mannan Menjadi Manosa dengan Menggunakan Enzim Mannanase (Reese dan Shibata, 1965)

