

**PEMBUATAN BIOETANOL DARI PATI UBI JALAR MERAH  
(*Ipomea batatas L*) DENGAN TEKNIK SAKARIFIKASI dan  
FERMENTASI SIMULTAN (SFS) MENGGUNAKAN  
*Aspergillus niger* dan *Saccharomyces cereviceae***

**SKRIPSI**

*Untuk memenuhi sebagian persyaratan memperoleh gelar sarjana sains*



**RIKHA DESWIRA**

**NIM 84267**

**JURUSAN KIMIA  
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN  
ALAM  
UNIVERSITAS NEGERI PADANG**

**2011**

**HALAMAN PENGESAHAN LULUS UJIAN SKRIPSI**

**Dengan ini menyatakan bahwa :**

**Nama** : Rikha Deswira  
**NIM** : 84267  
**Program Studi** : Kimia  
**Jurusan** : Kimia  
**Fakultas** : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

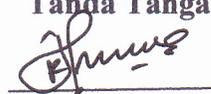
**Dengan judul skripsi**

**PEMBUATAN BIOETANOL DARI PATI UBI JALAR MERAH  
(*Ipomea batatas L*) DENGAN TEKNIK SAKARIFIKASI dan  
FERMENTASI SIMULTAN (SFS) MENGGUNAKAN  
*Aspergillus niger* dan *Saccharomyces cereviceae***

***Dinyatakan Lulus Setelah Dipertahankan Di Depan Penguji Tugas Akhir  
Program Studi Kimia Jurusan Kimia  
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam  
Universitas Negeri Padang***

**Padang, 8 Agustus 2011**

**TIM PENGUJI**

		Tanda Tangan
1. Ketua	: Dra. Iryani, M.S	: 
2. Sekretaris	: Dra. Yustini Maaruf, M.Si.	: 
3. Anggota	: Drs. Iswendi, M.S	: 
4. Anggota	: Dr. Usman Bakar, M. Ed. St	: 
5. Anggota	: Drs. H. Nazulis Z. M. Si	: 

## PERSETUJUAN SKRIPSI

**Judul** : Pembuatan Bioetanol dari Pati Ubi Jalar Merah  
(*Ipomea batatas L.*) Dengan Teknik Sakarifikasi dan  
Fermentasi Simultan (SFS) Menggunakan  
*Aspergillus niger* dan *Saccharomyces cereviceae*

**Nama** : Rikha Deswira

**NIM** : 84267

**Program Studi** : Kimia

**Jurusan** : Kimia

**Fakultas** : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Padang, 8 Agustus 2011

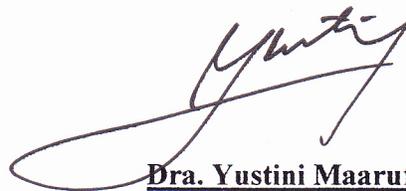
Disetujui oleh:

Dosen Pembimbing I



Dra. Iryani, M. S  
NIP.19620113 198603 2 001

Dosen Pembimbing II



Dra. Yustini Maaruf, M.Si  
NIP. 19500819 198010 2 001

## ABSTRAK

**Rikha Deswira. Pembuatan Bioetanol Dari Pati Ubi Jalar Merah (*Ipomea batatas L.*) Dengan Teknik Sakarifikasi dan Fermentasi Simultan (SFS) Menggunakan *Aspergillus niger* dan *Saccharomyces cereviceae***

Bioetanol merupakan etanol yang dihasilkan dari bahan alami terutama dari tumbuhan yang mengandung komponen gula seperti pati, selulosa, sukrosa dan lainnya dengan bantuan mikroorganisme. Bahan baku dari bioetanol salah satunya dapat diperoleh dari ubi jalar merah. Ubi jalar merah mengandung pati sehingga dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku dalam pembuatan bioetanol melalui proses fermentasi. Telah dilakukan penelitian tentang pembuatan bioetanol dari ubi jalar merah (*Ipomea batatas L.*) dengan teknik Sakarifikasi dan Fermentasi Simultan menggunakan *Aspergillus niger* dan *Saccharomyces cereviceae*. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan perbandingan jumlah inokulum *Aspergillus niger* dan *Saccharomyces cereviceae* serta lama fermentasi untuk menghasilkan bioetanol dengan volume dan konsentrasi tertinggi dari pati ubi jalar merah. Penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan 2 faktor. Faktor pertama adalah perbandingan jumlah inokulum dan yang terdiri dari 5 variasi yaitu 1:1; 1:2; 1:3; 2:1; dan 3:1 dan faktor kedua adalah lama fermentasi yang terdiri dari 6 variasi yaitu 26, 40, 52, 64, 68 dan 71 jam. Dari hasil penelitian yang telah dilakukan didapatkan konsentrasi bioetanol tertinggi diperoleh sebesar 5,0135 % dengan volume 17 ml pada jumlah perbandingan inokulum *Aspergillus niger* dan *Saccharomyces cereviceae* 1:2 dengan lama fermentasi 64 jam. Sedangkan untuk volume tertinggi didapat pada jumlah perbandingan inokulum *Aspergillus niger* dan *Saccharomyces cereviceae* 1:1 dengan lama fermentasi 64 jam dengan volume 17,5 ml.

Keywords : bioetanol, sakarifikasi, fermentasi, simultan

## KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadirat Allah SWT atas berkat rahmat dan karunia-Nya penulis telah dapat menyelesaikan skripsi ini dengan judul **”Pembuatan Bioetanol Dari Pati Ubi Jalar Merah (*Ipomea batatas L.*) Dengan Teknik sakarifikasi dan Fermentasi Simultan (SFS) Menggunakan *Aspergillus niger* dan *Saccharomyces cereviceae*”**. Skripsi ini dibuat sebagai sebagian syarat yang harus dipenuhi untuk mendapatkan gelar strata satu pada Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Padang.

Dalam penulisan skripsi ini, penulis banyak mendapat bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak. Untuk itu penulis mengucapkan terima kasih yang setulusnya kepada Bapak/Ibu

1. Ibu Dra. Iryani, M.S selaku pembimbing I
2. Ibu Dra.Yustini Ma’aruf, M.Si selaku penasehat akademik sekaligus pembimbing II
3. Bapak Drs. Iswendi M.S, Bapak Dr. sman Bakar, M. Ed. St dan Bapak H. Nazulis Z. M. Si selaku tim penguji
4. Bapak Drs. Zul Afkar, M.S selaku Ketua Jurusan Kimia FMIPA UNP
5. Bapak Drs. Nazir K.S M.Pd, M.Si selaku Ketua Prodi Kimia Jurusan Kimia FMIPA UNP
6. Bapak dan Ibu Staf Pengajar Jurusan Kimia FMIPA UNP
7. Bapak dan Ibu Staf Laboratorium Jurusan Kimia FMIPA UNP

8. Rekan-rekan mahasiswa yang turut membantu penulis dalam penyusunan skripsi ini.

Akhir kata, Penulis mengharapkan semoga skripsi ini bermanfaat bagi pembaca terutama mahasiswa jurusan kimia.

Padang, Agustus 2011

Penulis

## DAFTAR ISI

	Halaman
<b>ABSTRAK</b> .....	i
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	ii
<b>DAFTAR ISI</b> .....	iv
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	vi
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	vii
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	ix
<b>BAB I PENDAHULUAN</b>	
A. Latar Belakang.....	1
B. Perumusan Masalah .....	4
C. Batasan Masalah .....	4
D. Pertanyaan penelitian.....	4
E. Tujuan Penelitian .....	5
F. Manfaat Penelitian .....	5
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b>	
A. Ubi Jalar Merah.....	6
B. <i>Aspergillus niger</i> .....	8
C. Hidrolisis Pati .....	13
D. <i>Saccharomyces cereviceae</i> .....	15
E. Fermentasi Alkohol.....	18
F. Sakarifikasi dan Fermentasi Simultan.....	23
G. Bioetanol.....	24
H. Destilasi.....	26
E. <i>High Perfomence Liquid Cromatograph (HPLC)</i> .....	26
<b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN</b>	
A. Jenis Penelitian.....	28
B. Variabel Penelitian.....	`28

C. Rancangan Penelitian .....	28
D. Objek Penelitian .....	29
E. Alat dan Bahan .....	29
F. Prosedur Kerja.....	30
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN</b>	
A. Deskripsi Data.....	43
B. Analisis Data .....	46
C. Pembahasan.....	51
<b>BAB V SIMPULAN DAN SARAN</b>	
A. Simpulan .....	59
B. Saran .....	59
<b>DAFTAR PUSTAKA.....</b>	<b>60</b>
<b>LAMPIRAN.....</b>	<b>64</b>

## DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Sifat Fisik Etanol.....	24
2. Rancangan Penelitian Pembuatan Bioetanol Pada Variasi Perbandingan Jumlah Inokulum <i>Aspergillus niger</i> : <i>Saccharomyces cereviciae</i> dan Lama Fermentasi .....	29
3. Absorbansi Larutan Standar Glukosa Pada Berbagai Konsentrasi Setelah Diregresi.....	47

## DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Ubi Jalar Merah.....	7
2. Konidiofor <i>Aspergillus niger</i> .....	9
3. <i>Aspergillus niger</i> .....	10
4. Kurva Pertumbuhan <i>Aspergillus niger</i> .....	12
5. Rantai Amilosa.....	14
6. Rantai Amilopektin .....	14
7. Koloni <i>Saccharomyces cerevisiae</i> .....	16
8. Kurva Pertumbuhan <i>Saccharomyces cerevisiae</i> .....	18
9. Proses Fermentasi Glukosa Menjadi Etanol Melalui Lintasan Embyen-Meyerhor-Parnas (EMP) .....	20
10. Kurva Hubungan Konsentrasi Dengan Absorbansi Standar Glukosa....	43
11. Kurva Hubungan Massa Jenis Dengan Konsentrasi Standar Etanol.....	45
12. Kurva perbandingan jumlah inokulum, massa jenis dan lama fermentasi.....	46
13. Absorbansi Larutan Standar Glukosa Setelah Regresi.....	47
14. Kurva Hubungan Lama Fermentasi Dengan Konsentrasi Glukosa Dan Konsentrasi Bioetanol Hasil Pemisahan Pada Perbandingan Jumlah Inokulum <i>Aspergillus niger</i> dan <i>S. cereviceae</i> 1:1.....	49
15. Kurva Hubungan Lama Fermentasi Dengan Konsentrasi Glukosa Dan Konsentrasi Bioetanol Hasil Pemisahan Pada Perbandingan Jumlah Inokulum <i>Aspergillus niger</i> dan <i>S. cereviceae</i> 1:2.....	49
16. Kurva Hubungan Lama Fermentasi Dengan Konsentrasi Glukosa Dan Konsentrasi Bioetanol Hasil Pemisahan Pada Perbandingan Jumlah Inokulum <i>Aspergillus niger</i> dan <i>S. cereviceae</i> 1:3.....	50
17. Kurva Hubungan Lama Fermentasi Dengan Konsentrasi Glukosa Dan Konsentrasi Bioetanol Hasil Pemisahan Pada Perbandingan Jumlah Inokulum <i>Aspergillus niger</i> dan <i>S. cereviceae</i> 2:1.....	50

18. Kurva Hubungan Lama Fermentasi Dengan Konsentrasi Glukosa Dan Konsentrasi Bioetanol Hasil Pemisahan Pada Perbandingan Jumlah Inokulum <i>Aspergillus niger</i> dan <i>S. cereviceae</i> 3:1.....	51
19. Kromatogram Bioetanol Pada Kondisi Optimum.....	58

## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Halaman
1. Penentuan Panjang Gelombang Maksimum Larutan Standar Glukosa ...	64
2. Pengukuran Absorbansi Larutan Standar Glukosa .....	65
3. Pembuatan Media Pembiakan <i>Aspergillus niger</i> .....	66
4. Pembuatan Inokulum <i>Aspergillus niger</i> .....	67
5. Pembuatan Media Pembiakan <i>Saccharomyces cerevisiae</i> .....	68
6. Pembuatan Inokulum <i>Saccharomyces cerevisiae</i> .....	69
7. Preparasi Sampel.....	70
8. Pembuatan bioetanol dengan teknik sakarifikasi dan Fermentasi Simultan .....	71
9. Tes Kualitatif Glukosa.....	72
10. Penentuan Konsentrasi Glukosa Hasil Fermentasi .....	73
12. Penentuan Massa Jenis Larutan Standar Etanol.....	74
13. Penentuan Massa Jenis Etanol pada Sampel .....	75
14. Absorbansi Larutan Standar Glukosa Pada Berbagai Konsentrasi.....	76
15. absorbansi glukosa hasil fermentasi pada variasi perbandingan jumlah inokulum dan lama fermentasi.....	77
16. Konsentrasi glukosa hasil fermentasi pada variasi perbandingan jumlah inokulum dan lama fermentasi.....	78
17. Volume Bioetanol Hasil Pemisahan.....	79
18. Massa Jenis Larutan Standar Etanol Pada Berbagai Konsentrasi.....	80
19. Massa Jenis Bioetanol Hasil Pemisahan.....	81
20. Persamaan Regresi Kurva Kalibrasi Standar Glukosa.....	82
21. Persamaan Regresi Kurva Kalibrasi Standar Etanol.....	85
22. Massa Jenis Larutan Standar Etanol.....	87
23. Konsentrasi Bioetanol Hasil Pemisahan Seluruh Perlakuan.....	88

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **A. Latar Belakang**

Bioetanol merupakan etanol yang dihasilkan dari bahan alami terutama dari tumbuhan yang mengandung komponen gula, pati atau selulosa dengan bantuan mikroorganisme. Secara umum bioetanol dapat digunakan sebagai campuran minuman keras, sebagai pelarut dalam bidang farmasi, campuran bahan bakar untuk kendaraan (Nurdyastuti, 2008). Bahan baku dari bioetanol dapat diperoleh melalui umbi-umbian, seperti; ubi kayu, kentang, talas, ubi jalar, sekam padi, jerami, tebu, sorgum, jagung, ganyong dan lain lain.

Indonesia sebagai negara penghasil ubi jalar terbesar kedua di dunia setelah RRC memiliki potensi besar dalam pengembangan industri pengolahan berbasis ubi jalar (Ambarsari dkk, 2009). Tanaman ubi jalar merupakan salah satu komoditas andalan perkebunan yang peranannya cukup penting bagi perekonomian nasional. Salah satu daerah penghasil ubi jalar adalah Sumatera Barat. Ubi jalar ini memiliki 3 varietas yakni ubi jalar ungu, ubi jalar merah dan ubi jalar putih. Selama ini pemanfaatan ubi jalar masih terbatas sebagai bahan pangan. Seperti dodol, keripik, dan nata.

Komposisi kimia ubi jalar antara lain protein, lemak, karbohidrat, serat, abu, kalsium, fosfor, zat besi, karoten, vitamin B1, B2, C, dan asam nikotinat. Dari ketiga varietas ubi jalar di atas, ubi jalar putihlah yang memiliki kandungan karbohidrat

tertinggi yakni sekitar 28,79 %, disusul kemudian oleh ubi jalar merah 27,9 %, sedangkan ubi jalar ungu hanya mengandung karbohidrat sekitar 12,64 % (Direktorat Gizi Depkes RI, 1981).

Pembuatan bioetanol dari bahan yang mengandung pati dapat dilakukan dengan 2 tahap. Tahap pertama adalah hidrolisis pati menjadi glukosa dan tahap kedua adalah fermentasi glukosa menjadi etanol. Kedua tahap ini menggunakan enzim sebagai katalis. Enzim yang umumnya digunakan untuk hidrolisis pati adalah amilase. Enzim amilase ini dapat diperoleh dari tanaman, hewan, dan mikroorganisme. Mikroorganisme dapat dijadikan sebagai sumber enzim yang baik karena menguntungkan secara ekonomis dan mikroorganisme memiliki siklus hidup yang relatif lebih pendek sehingga produktivitasnya dapat ditingkatkan. Salah satu mikroorganisme penghasil enzim amilase adalah *Aspergillus niger*. (Asegaf, 2009).

Pada tahap fermentasi biasanya menggunakan enzim zimase. Salah satu mikroorganisme yang dapat menghasilkan enzim ini yaitu *Saccharomyces cerevisiae*. Fermentasi dipengaruhi oleh beberapa faktor antara lain: suhu, pH, jumlah inokulum dan lama fermentasi .

Hidrolisis pati dan fermentasi ini dapat dilakukan secara serentak yang dikenal dengan teknik sakarifikasi dan fermentasi simultan/SFS. Keuntungan dari proses ini adalah polisakarida yang terhidrolisis menjadi monosakarida tidak terakumulasi dalam larutan karena monosakarida langsung difermentasi menjadi etanol. Selain itu akan mengurangi biaya peralatan dan menyebabkan media tidak mudah terkontaminasi dengan media lain (Samsuri dkk, 2007).

Penelitian mengenai pembuatan bioetanol dari ubi jalar putih telah pernah dilakukan oleh peneliti sebelumnya Susanti dkk (2008) membuat bioetanol dari ubi jalar putih dengan teknik SFS (Sakarifikasi dan Fermentasi Simultan) menggunakan perbandingan *Aspergillus niger* dan *Saccharomyces cereviceae* sebesar 2 : 1 dan 56 jam serta pH yang digunakan adalah 4,5. Bioetanol yang dihasilkan dari ubi jalar putih dengan teknik SFS adalah sebesar 85 mL/Kg. Izzati dkk (2010) membuat bioetanol dengan proses HFT (Hidrolisis Fermentasi Terpisah). Tahap pertama ubi jalar dihidrolisis menjadi glukosa secara enzimatik dengan enzim amilase dari *Aspergillus niger* menjadi glukosa. Kemudian dilanjutkan fermentasi glukosa menjadi bioetanol menggunakan *Saccharomyces cereviceae*. Hidrolisis optimum terjadi pada penambahan 50 mL inokulum *Aspergillus niger* dan waktu inkubasi 2 jam sedangkan fermentasi optimum diperoleh pada waktu inkubasi 3 hari dan penambahan *Saccharomyces cereviceae* 4 mL. Bioetanol yang diperoleh sekitar 136 mL/Kg ubi jalar. Dari literatur yang penulis dapatkan dan telusuri belum ada penelitian mengenai pembuatan bioetanol dari ubi jalar merah.

Berdasarkan uraian di atas, maka penulis tertarik untuk melakukan penelitian dengan judul ***“Pembuatan Bioetanol Dari Pati Ubi Jalar Merah (*Ipomea batatas* L.) Dengan Teknik Sakarifikasi dan Fermentasi Simultan (SFS) Menggunakan *Aspergillus niger* dan *Saccharomyces cereviceae* ”***

## **B. Perumusan Masalah**

Berdasarkan latar belakang di atas, maka rumusan masalah dalam penelitian ini adalah bagaimanakah kondisi optimum pembuatan bioetanol dari ubi jalar merah dengan teknik sakarifikasi dan fermentasi simultan (SFS) agar dihasilkan bioetanol dengan volume dan konsentrasi tertinggi.

## **C. Pembatasan Masalah**

Dalam penelitian ini, masalah dibatasi seperti berikut ini.

1. Perbandingan jumlah inokulum *Aspergillus niger* dan *Saccharomyces cereviceae* adalah 1 : 1; 1 : 2; 1 : 3; 2 : 1; dan 3 : 1
2. Lama fermentasi yang dilakukan pada penelitian ini adalah 26, 40, 52, 64, 68 dan 71 jam.
3. pH fermentasi yang digunakan adalah 4,5.
4. Penentuan konsentrasi etanol dengan menghitung massa jenis dari masing-masing konsentrasi sampel

## **D. Pertanyaan Penelitian**

Pertanyaan pada penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Berapakah perbandingan jumlah inokulum *Aspergillus niger* dan *Saccharomyces cereviceae* yang ditambahkan pada proses fermentasi?
2. Berapakah lama fermentasi yang dilakukan untuk menghasilkan bioetanol dengan volume dan konsentrasi tertinggi?

### **E. Tujuan Penelitian**

Adapun tujuan penelitian ini adalah menentukan perbandingan jumlah inokulum *Aspergillus niger* dan *Saccharomyces cereviceae* serta lama fermentasi untuk menghasilkan bioetanol dengan volume dan konsentrasi tertinggi dari pati ubi jalar merah.

### **F. Manfaat Penelitian**

Manfaat dari penelitian ini, seperti tertera \di bawah ini.

1. Memberikan informasi kepada peneliti-peneliti yang terkait dengan bidang ini mengenai perbandingan jumlah inokulum *Aspergillus niger* dan *Saccharomyces cereviceae* serta lama fermentasi untuk menghasilkan bioetanol dengan volume dan konsentrasi tertinggi dari pati ubi jalar merah.
2. Memberi referensi tentang pembuatan bioetanol dengan teknik sakarifikasi dan fermentasi simultan menggunakan biakan *Aspergillus niger* dan *Saccharomyces cereviceae* dari pati ubi jalar merah.

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **A. Tanaman Ubi Jalar Merah**

Ubi jalar atau ketela rambat atau “*sweet potato*” diduga berasal dari benua Amerika. Para ahli botani dan pertanian memperkirakan daerah asal tanaman ubi jalar adalah Selandia Baru, Polinesia, dan Amerika bagian tengah. Ubi jalar menyebar ke seluruh dunia terutama negara-negara beriklim tropika pada abad ke-16. Orang-orang Spanyol dianggap berjasa menyebarkan ubijalar ke kawasan Asia terutama Filipina, Jepang dan Indonesia (Ristek, 2007). Sistematika (taksonomi) tumbuhan, tanaman ubi jalar diklasifikasikan sebagai berikut (Nurainas, 2011).

Kingdom : Plantae  
Divisi : Spermatophyta  
Subdivisi : Angiospermae  
Kelas : Dicotyledonae  
Ordo : Convolvulales  
Famili : Convolvulaceae  
Genus : Ipomoea  
Spesies : *Ipomoea batatas* L.

Ubi jalar adalah tanaman yang tumbuh baik di daerah beriklim panas dan lembab, dengan suhu optimum 27°C dan lama penyinaran 11-12 jam per hari. Tanaman ini dapat tumbuh sampai ketinggian 1.000 meter dari permukaan laut. Ubi jalar tidak membutuhkan tanah subur untuk media tumbuhnya. Berdasarkan warna umbinya ubi jalar dibagi atas; ubi jalar berkulit putih, merah dan ungu. Kandungan kimia ubi jalar antara lain; lemak, karbohidrat, serat, kalsium, fosfor, zat besi, karoten, vitamin B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub>, C dan asam nikotinat (Simbolon, 2008). Dari ketiga varietas ubi jalar di atas, ubi jalar

putihlah yang memiliki kandungan karbohidrat tertinggi yakni sekitar 28,79 %, disusul kemudian oleh ubi jalar merah 27,9 %, sedangkan ubi jalar ungu hanya mengandung karbohidrat sekitar 12,64 % (Direktorat Gizi Depkes RI, 1981). Ubi jalar merah dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Ubi jalar merah  
Sumber: <http://www.google.co.id/ubijalarmerah>

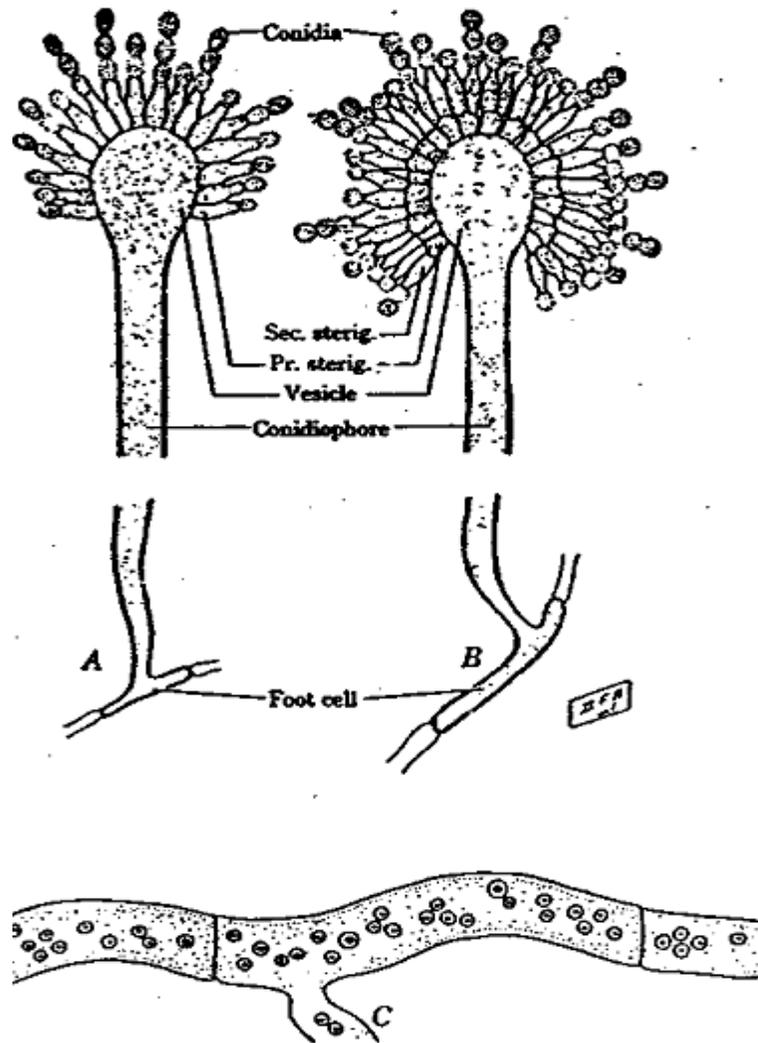
Ubi jalar merah merupakan umbi-umbian yang mengandung senyawa antioksidan paling lengkap. Ubi jalar merah sangat kaya akan pro vitamin A atau retinol. Kandungan vitamin A dalam ubi jalar merah setingkat lebih tinggi dibandingkan pada bayam dan kangkung. Ubi jalar merah memiliki keistimewaan yakni kandungan seratnya yang sangat tinggi dan dapat mencegah kanker saluran pencernaan serta mengikat karsinogen penyebab kanker di dalam tubuh. Selain vitamin A, ubi jalar merah juga mengandung vitamin B6 (piridoksin), vitamin C, dan vitamin E. Keempat vitamin ini berperan penting dalam menjaga kekebalan tubuh. (Sumantri, 2007).

Ubi jalar merah memiliki warna daging buah yang bewarna kuning sampai jingga. Tanaman ini memiliki tekstur yang lebih lembut dibandingkan ubi jalar putih (Simbolon, 2008).

### **B. *Aspergillus niger***

*Aspergillus niger* merupakan salah satu jenis jamur *Ascomycetes*. Jamur ini membentuk satu atau lebih spora. Biasanya delapan spora seksual didalam sel yang disebut dengan askus (spora yang berupa kantung). *Aspergillus* mempunyai miselium yang terdiri dari septa hyfa yang bercabang. Ada yang berwarna dan ada yang tidak. Miselium ini sebagian berada dalam substrat dan sebagian lagi di atas substrat. Dari sel akar yang terbenam di dalam substrat akan keluar hifa yang tumbuh subur, disebut konidiofor.

Konidiofor ini berdiri tegak pada tangkai lunak berlubang atau kasar. Ujung tangkai konidiofor membesar membentuk rongga yang disebut visikel. Visikel mempunyai bentuk yang bermacam-macam, antara lain bulat setengah, bulat lonjong dan bentuk lain. Sebagian atau seluruh permukaan visikel ditutupi oleh sterigmata yang berbentuk batang-batang pendek. Sterigmata terdiri dari dua lapisan yaitu sterigmata primer bila berdekatan dengan visikel dan sterigmata sekunder bila berada pada bagian terluar. Sterigmata ini yang menghasilkan konidia. Konidia berbentuk bola, bersel satu dan dinding luarnya kasar, warnanya bermacam-macam ada yang hijau coklat dan hitam (Volk dan Margaret, 1988). Konidiofor dari *Aspergillus niger* dapat dilihat pada Gambar 2. *Ascomycetes* biasanya diisolasi dari tanah, sisa tumbuhan, dan udara di dalam ruangan.



Gambar 2. A. Konidiofor dengan satu baris sterigmata B. Konidiofor dengan dua baris sterigmata C. Hifa yang mengandung banyak inti  
Sumber: Suriawiria, 1997

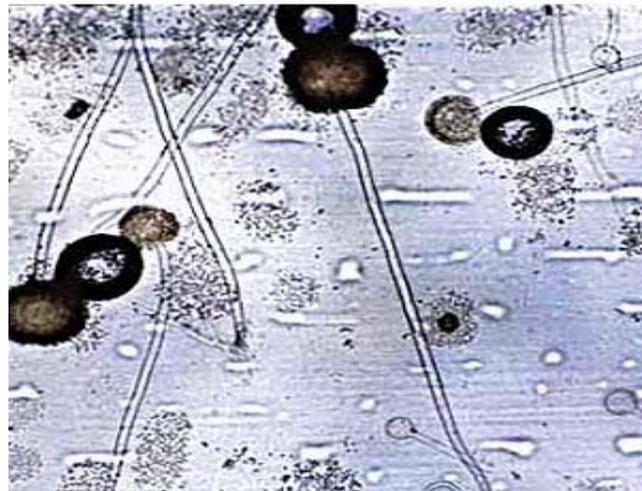
*Aspergillus niger* memiliki koloni yang berwarna putih pada *Agar Dekstroza Kentang* (PDA) 25 °C dan berubah menjadi hitam saat membentuk konidia. Kepala

konidia dari *A. niger* berwarna hitam, bulat, cenderung memisah menjadi bagian-bagian yang lebih longgar seiring dengan bertambahnya umur.

Bentuk *Aspergillus niger* dapat dilihat pada Gambar 3.

Sistematika (taksonomi), mikroorganisme *Aspergillus niger* menurut Assegaf diklasifikasikan sebagai berikut ini.

Divisi : Fungi imperfecti  
Sub kelas : Hyphomycetes  
Ordo : Moniliales  
Famili : Monoleaceae  
Genus : *Aspergillus*  
Spesies : *Niger*



Gambar 3. *Aspergillus niger*

Sumber : <http://permimalang.wordpress.com/2007/12/12/aspergillus-niger/>

*Aspergillus niger* menghasilkan enzim N-acetylglucosamine, mannose, galactose dan juga menghasilkan enzim alfa-amilase, glukoamilase, selulase,  $\beta$ -D-galaktosidase (laktase), gluco-oksidase, phitase, katalase (Sandi, 2004).

*Aspergillus niger* berhubungan langsung dengan zat-zat makanan dalam substrat pada proses pertumbuhannya. Molekul sederhana seperti gula dan komponen lain yang larut disekeliling hifa dapat langsung diserap. Sedangkan molekul yang lebih kompleks seperti selulosa, pati dan protein harus dipecah dahulu sebelum diserap ke dalam selnya. *Aspergillus niger* bersifat aerobik sehingga dalam pertumbuhannya memerlukan oksigen dalam jumlah yang cukup banyak. *Aspergillus niger* tumbuh optimum pada pH 4-5 dan suhu 37<sup>0</sup> C. (Sandi, 2004).

Perkembangan jumlah sel mikroba pada umumnya dapat digambarkan dalam bentuk kurva pertumbuhan. Kurva pertumbuhan jasad hidup, khususnya mikroba, merupakan gambaran fase pertumbuhan secara bertahap sejak awal hingga berhenti mengadakan aktifitas. Kurva ini terbagi ke dalam beberapa fase pertumbuhan (Suriawiria, 1995:80) seperti rincian dibawah ini.

a. Fase lag

Pada fase ini pertumbuhan jumlah mikroorganisme tidak secara nyata terlihat. fase ini dapat juga dinamakan sebagai fase adaptasi ataupun fase pengaturan jasad untuk suatu aktifitas di dalam lingkungan yang mungkin baru. Sehingga grafik selama fase ini umumnya mendatar.

b. Fase eksponensial

Setelah setiap mikroorganisme menyesuaikan diri dengan lingkungan baru (selama fase lag), jumlah mikroba mulai meningkat sehingga kurva meningkat dengan tajam.

c. Fase pengurangan pertumbuhan

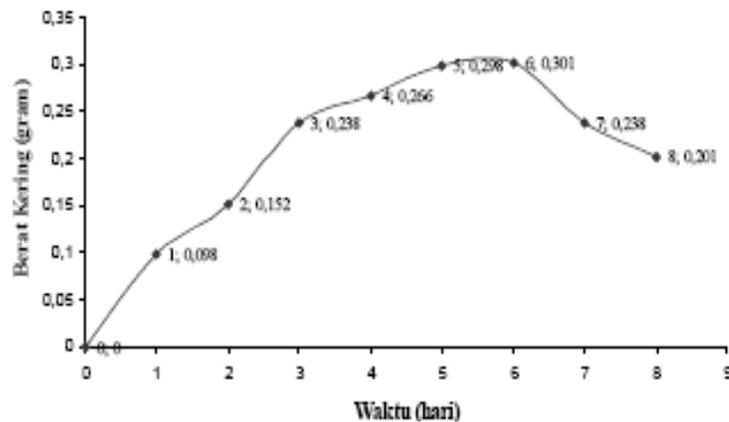
Fase ini berupa keadaan puncak dari fase logaritmik sebelum mencapai fase stasioner, dimana penambahan jumlah mikroorganisme mulai berkurang atau menurun yang disebabkan oleh banyak faktor, antara lain berkurangnya sumber nutrient di dalam media, tercapainya jumlah kejenuhan pertumbuhan jasad dan sebagainya.

d. Fase stasioner

Pada fase stasioner ini terjadi pengurangan sumber nutrient, maka sampailah puncak aktifitas pertumbuhan kepada titik yang tidak bisa dilampaui lagi. Sehingga selama fase ini, gambaran grafik akan mendatar.

e. Fase kematian

Fase kematian merupakan akhir dari suatu kurva di mana jumlah mikroorganisme secara tajam akan menurun sehingga grafik tampaknya akan kembali ke titik awal lag. Kurva pertumbuhan *Aspergillus niger* dapat dilihat pada Gambar 4.



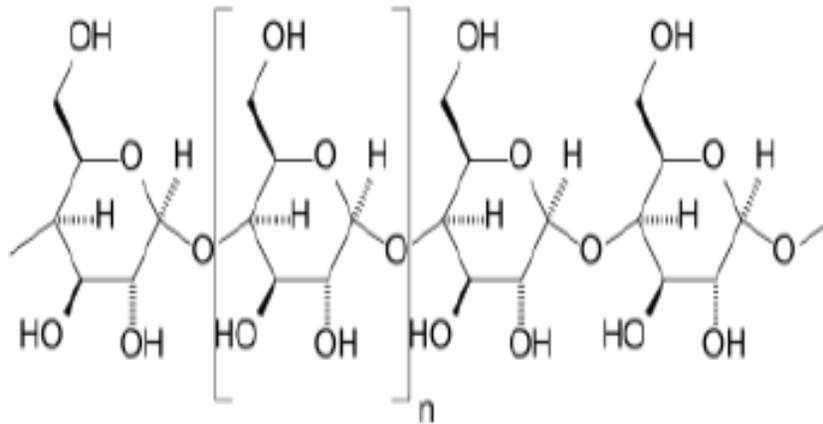
Gambar 4. Kurva pertumbuhan *Aspergillus niger*  
Sumber : Susanti, 2009

*Aspergillus niger* banyak digunakan di industri dalam proses produksi asam sitrat. Sedangkan pada laboratorium, digunakan untuk mempelajari metabolisme pada jamur dan kegiatan enzimatisnya.

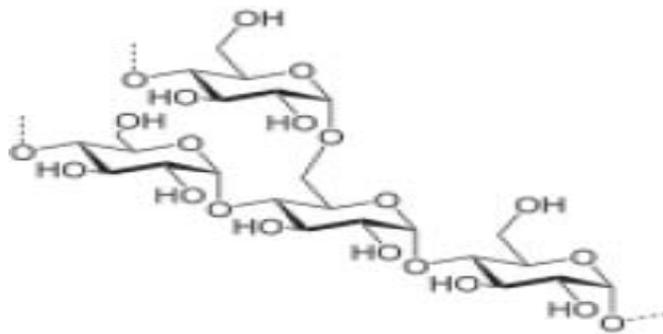
### **C. Hidrolisis Pati**

Pati adalah salah satu jenis polisakarida yang unit penyusunnya adalah D-glukosa. Pati disimpan oleh tanaman sebagai cadangan makanan di dalam biji buah maupun di dalam umbi batang dan umbi akar. Pati merupakan polimer dari glukosa atau maltosa. Unit terkecil dari rantai pati adalah glukosa yang merupakan hasil fotosintesis di dalam bagian tubuh tumbuh-tumbuhan yang mengandung klorofil. Pati tersusun atas ikatan  $\alpha$  D-glikosida. Glukosa pada pati dan selulosa hanya berbeda dalam bentuk ikatannya,  $\alpha$  dan  $\beta$ , namun sifat-sifat kimia keduanya sangat jauh berbeda (Trifosa, 2007).

Pati tersusun atas dua macam fraksi yaitu amilosa dan amilopektin (struktur bangun dapat dilihat pada Gambar 5 dan 6), dalam komposisi yang berbeda-beda. Dua fraksi ini dapat dipisahkan dengan air panas. Fraksi terlarut disebut amilosa dan fraksi tidak larut disebut amilopektin. Secara struktur amilosa mempunyai struktur lurus, sedang amilopektin bercabang. ( Rahmayanti, 2010 ).



Gambar 5. Rantai amilosa  
Sumber : Rahmayanti, 2010



Gambar 6. Rantai amilopektin  
Sumber : Rahmayanti, 2010

Prinsip dari hidrolisis pati pada dasarnya adalah pemutusan rantai polimer pati menjadi unit-unit glukosa ( $C_6H_{12}O_6$ ). Pemutusan rantai polimer tersebut dapat dilakukan dengan berbagai metode, misalnya secara enzimatik, kimiawi ataupun kombinasi keduanya. Hidrolisis secara enzimatik memiliki perbedaan mendasar dibandingkan hidrolisis secara kimiawi dalam hal spesifitas pemutusan rantai polimer pati. Hidrolisis secara kimiawi akan memutus rantai polimer secara acak. Hasil pemotongannya adalah

campuran dekstrin, maltosa dan glukosa. Sedangkan hidrolisis enzimatis akan memutus rantai polimer secara spesifik pada percabangan tertentu yaitu pada ikatan  $\alpha$ -1,4 glukosida ( Musanif, 2009 ).

Menurut Rahmayanti (2010) proses hidrolisis enzimatis dipengaruhi oleh beberapa faktor, yaitu: konsentrasi enzim, ukuran partikel substrat, suhu, pH, waktu hidrolisis, perbandingan cairan terhadap bahan baku (volume substrat), dan pengadukan. Enzim yang dapat digunakan adalah  $\alpha$ -amilase,  $\beta$ -amilase, amiloglukosidase, glukosa isomerase, pullulanase, dan isoamilase. Enzim  $\alpha$ -amylase akan memotong ikatan amilosa dengan cepat pada pati kental yang telah mengalami gelatinisasi.

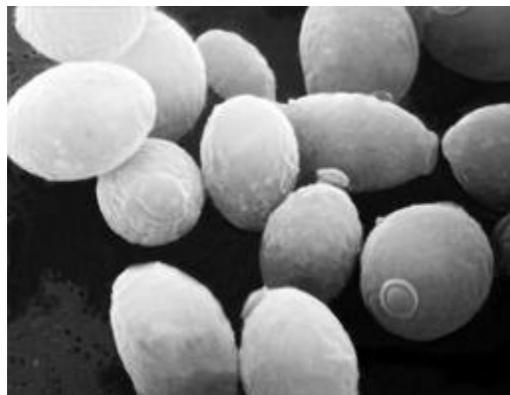
#### **D. *Saccharomyces cereviceae***

*Saccharomyces cereviceae* merupakan organisme uniseluler yang bersifat makhluk mikroskopis dan disebut sebagai jasad sakarolitik, yaitu menggunakan gula sebagai sumber karbon untuk metabolisme. *Saccharomyces cereviceae* mampu menggunakan sejumlah gula, diantaranya sukrosa, glukosa, fruktosa, galaktosa, mannanosa, maltosa dan maltotriosa. *Saccharomyces cereviceae* merupakan mikroba yang paling banyak digunakan pada fermentasi alkohol karena dapat berproduksi tinggi, tahan terhadap kadar alkohol yang tinggi, tahan terhadap kadar gula yang tinggi dan tetap aktif melakukan aktivitasnya pada suhu 4 – 32°C (Assegaf, 2009)

Taksonomi *Saccharomyces cerevisiae* adalah sebagai berikut (Assegaf, 2009).

Kelas: Hemiascomycetes,  
Ordo: Endomycetales,  
Family: Saccharomycetaceae,  
Sub family: Saccharoicoideae,  
Genus: *Saccharomyces*  
Species: *Saccharomyces cereviceae*

Koloni dari *Saccharomyces cereviceae* dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 7. Koloni *Saccharomyces cerevisiae*

Sumber: Lorenzo Saliceti-Piazza, Ph.D., P.E., UPR-Mayagüez, 2009

*Saccharomyces cereviceae* merupakan khamir yang banyak digunakan dalam industri fermentasi alkohol. Khamir ini dalam bioteknologi konvensional digunakan untuk memproduksi beberapa pangan tradisional seperti : bir, anggur, wiski, sake, protein-protein heterolog misalnya vaksin hepatitis B yang telah ada dipasaran, serum albumin dan glisin betain (Rahmawati, 2004).

Faktor yang mempengaruhi pertumbuhan jamur dan ragi dijelaskan dibawah ini.(Hidayat N., dkk. 2006).

1. Nutrisi

Dalam kegiatannya, ragi memerlukan penambahan nutrisi untuk pertumbuhan dan perkembangbiakan, yaitu: Unsur C dari senyawa karbohidrat, Unsur N dan P dari senyawa protein, Mineral, Vitamin

2. Keasaman (pH)

Untuk fermentasi alkohol, ragi memerlukan media dengan suasana asam yaitu antara 4,8 – 6,0. Pengaturan pH dapat dilakukan dengan penambahan asam sulfat encer bila substrat fermentasinya bersifat alkalis dan penambahan natrium bikarbonat jika substratnya terlalu asam.

3. Suhu

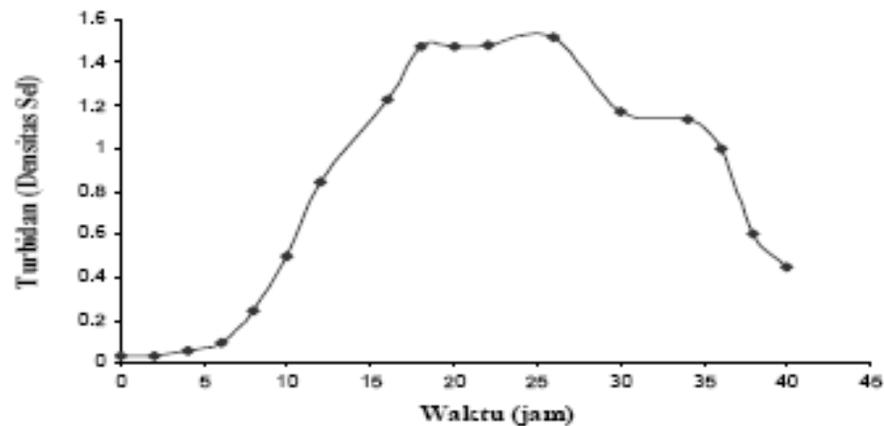
Suhu optimum untuk fermentasi pada umumnya adalah pada suhu 25 – 30°C.

4. Oksigen

Fermentasi etanol berlangsung anaerobik, dalam kondisi tanpa oksigen tersebut ragi akan menggunakan glukosa sebagai sumber energinya dan membentuk etanol dan karbon dioksida sebagai metabolitnya.

*Saccharomyces cereviceae* mengalami fase pertumbuhan yaitu fase lag, fase eksponensial, fase stasioner, dan fase kematian.

Kurva pertumbuhan *Saccharomyces cereviceae* dapat dilihat pada Gambar 8.



Gambar 8. Kurva Pertumbuhan *Saccharomyces cereviceae*  
Sumber: Susanti, 2009

### E. Fermentasi Alkohol

Fermentasi alkohol merupakan proses pembuatan alkohol dengan memanfaatkan aktivitas ragi dan menghasilkan sejumlah energi. Proses fermentasi adalah anaerob, yaitu mengubah glukosa menjadi alkohol.

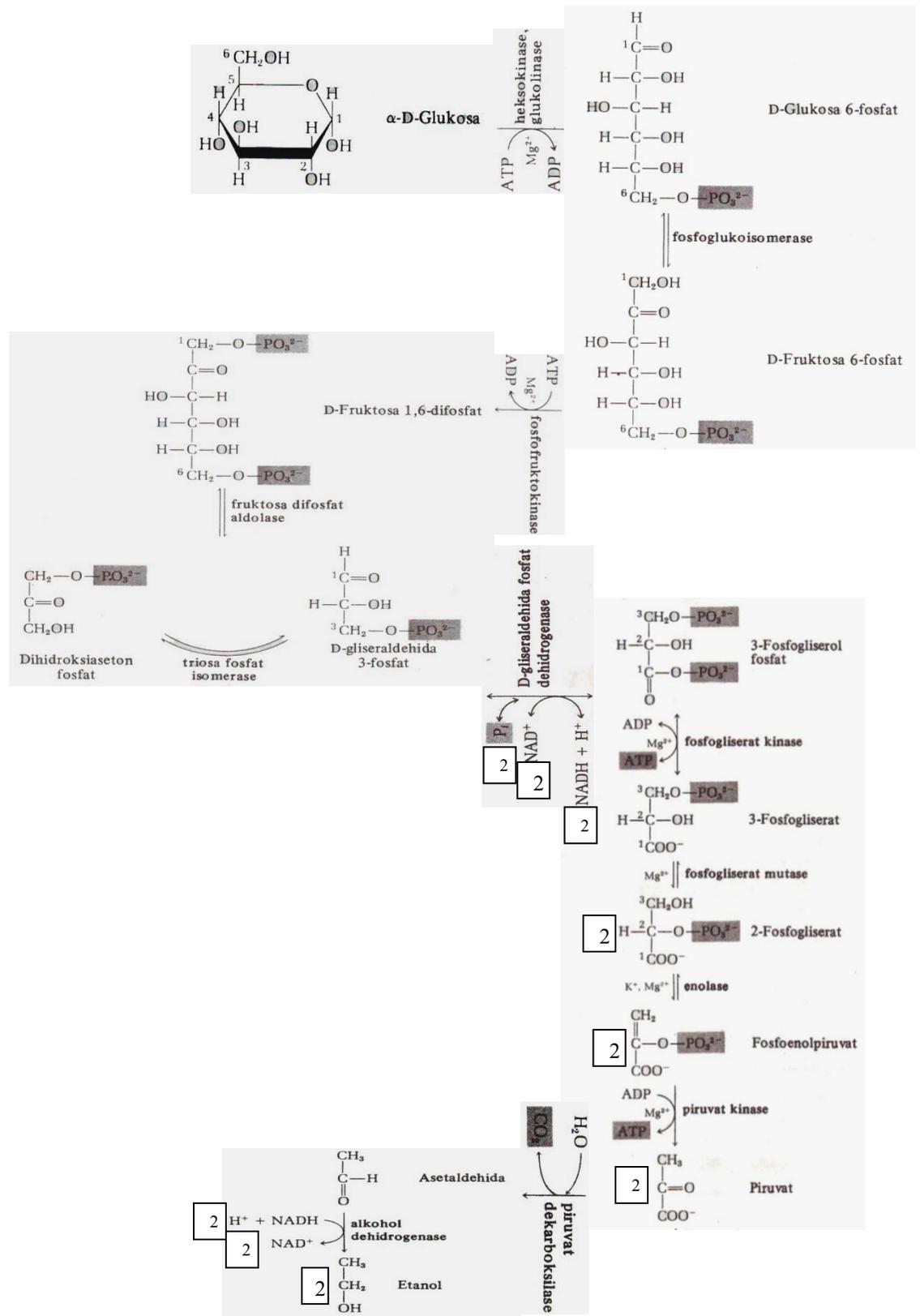
Proses pemecahan glukosa dengan bantuan ragi termasuk salah satu proses enzimatik karena ragi ini menghasilkan enzyme dan secara sederhana dapat dirumuskan sebagai berikut.



(Halim, 2009)

Prinsip dasar fermentasi adalah mengaktifkan kegiatan mikroba tertentu dengan tujuan mengubah sifat bahan agar dihasilkan suatu yang bermanfaat. Perubahan tersebut karena dalam proses fermentasi jumlah mikroba diperbanyak dan diaktifkan metabolismenya didalam bahan tersebut dalam batas tertentu (Assegaf,

2009). Mekanisme pembentukan alcohol dari glukosa melalui tahap Jalur Embden Meyerhof Partnas (EMP) dapat dilihat pada Gambar 9.



Gambar 9. Proses fermentasi glukosa menjadi etanol melalui Lintasan EmbdenMeyerhorf-Parnas (EMP).  
 Sumber: Lehninger (1991: 80)

Faktor-faktor yang mempengaruhi industri fermentasi seperti tertera dibawah ini.

Hidayat (2007:2-3)

#### 1. Mikroba

Mikroba dalam industri fermentasi merupakan faktor utama, sehingga harus memenuhi syarat-syarat sebagai berikut.

##### a. Murni

Dalam proses tertentu harus menggunakan biakan murni (dari satu strain tertentu) yang telah diketahui sifatnya. Untuk menjaga agar biakan tetap murni dalam proses maka kondisi lingkungan harus dijaga tetap steril. Penggunaan kultur tunggal mempunyai resiko yang tinggi karena kondisi harus optimum. Untuk mengurangi kegagalan dapat digunakan biakan campuran. Keuntungan penggunaan biakan campuran adalah mengurangi resiko apabila mikroba yang lain tidak aktif melakukan fermentasi

##### b. Unggul

Pada kondisi fermentasi yang diberikan, mikroba harus mampu menghasilkan perubahan-perubahan yang dikehendaki secara cepat dan hasil yang besar. Sifat unggul yang ada harus dapat dipertahankan. Hal ini berkaitan dengan kondisi proses yang diharapkan. Proses rekayasa genetic dapat dilakukan untuk memperbaiki sifat jasad dengan maksud mempertinggi produk yang diharapkan dan mengurangi produk-produk sampingan.

c. Stabil

Pada kondisi yang diberikan, mikroba harus mempunyai sifat-sifat yang tetap, tidak mengalami perubahan karena mutasi atau lingkungan.

d. Bukan Patogen

Mikroba yang digunakan adalah bukan patogen bagi manusia maupun hewan, kecuali untuk produksi bahan kimia tertentu. Jika digunakan mikroba patogen harus dijaga, agar tidak menimbulkan akibat samping pada lingkungan.

2. Bahan baku

Bahan baku untuk proses ini sangat bervariasi, dapat berasal dari hasil pertanian, perkebunan maupun limbah industri. Bahan dasar yang umum digunakan adalah sebagai berikut.

- a. Bahan-bahan yang mengandung gula atau disebut juga substansi sakharin yang rasanya manis, misalnya gula tebu, gula bit, molase (tetes), macam-macam sari buah-buahan dan lain-lain.
- b. Bahan yang mengandung pati misalnya: padi-padian, jagung, gandum, kentang sorgum, malt, barley, ubi kayu dan lain-lain.
- c. Bahan-bahan yang mengandung selulosa, misalnya: kayu, cairan buangan pabrik pulp dan kertas (waste sulfite liquor).

3. pH ( keasaman )

Untuk fermentasi alkohol, *Saccharomyces cerevisiae* memerlukan media dalam suasana asam, yaitu antara pH 4,0 – 5,

#### 4. Suhu

Suhu optimum pada waktu fermentasi untuk pengembangbiakan adalah 28 – 30 °C. Untuk mencegah agar suhu fermentasi tidak naik, perlu pendinginan supaya suhu dipertahankan tetap 28 – 30 °C.

#### 5. Lama fermentasi

Lamanya fermentasi berpengaruh terhadap kadar alkohol yang terbentuk, hal ini disebabkan oleh aktifitas dari enzim.

### **F. Sakarifikasi dan Fermentasi Simultan/SFS**

Sakarifikasi dan fermentasi simultan/SFS adalah sebuah teknik hidrolisis pati dan fermentasi yang terjadi dalam satu reaktor atau terjadi serentak. SFS pertama kali dikenalkan oleh Takagi et al (1977). Ia melakukan kombinasi antara hidrolisis menggunakan enzim selulase dan ragi *S. cereviceae* untuk fermentasi gula menjadi etanol secara simultan (Samsuri dkk, 2007).

Sakarifikasi dan fermentasi simultan/SFS dapat memperbaiki kinetika fermentasi dan biaya produksi serta meningkatkan efisiensi konversi glukosa menjadi etanol 25% lebih baik dibandingkan apabila sakarifikasi dan fermentasi dilangsungkan pada reaktor yang terpisah. Hal ini karena SFS dapat menekan penghambatan terhadap  $\beta$ -glukosidase akibat akumulasi glukosa hasil hidrolisis (Koesnandar, 2001:15). Selain itu, adanya etanol menyebabkan medium menjadi sulit untuk ditumbuhi mikroorganisme lain yang tidak diinginkan (Freira et al, 2010).

## G. Bioetanol

Bioetanol diartikan sebagai senyawa etanol yang diproduksi dari bahan alam yang mengandung pati, seperti ubi kayu, ubi jalar, jagung, dan sagu melalui proses fermentasi (Nurdiastuti, 2008). Etanol atau etil alkohol ( $C_2H_5OH$ ), merupakan cairan yang tidak berwarna, larut dalam air, eter, aseton, benzena, dan semua pelarut organik, serta memiliki bau khas alkohol. Sifat-sifat kimia dan fisik etanol sangat tergantung pada gugus hidroksil. Pada tekanan  $> 0,114$  bar (11,5 kPa) etanol dan air dapat membentuk larutan azeotrop (larutan yang mendidih seperti campuran murni; komposisi uap dan cairan sama) (Halim dkk, 2009). Sifat sifat fisika dari etanol dapat dilihat pada Tabel 1.

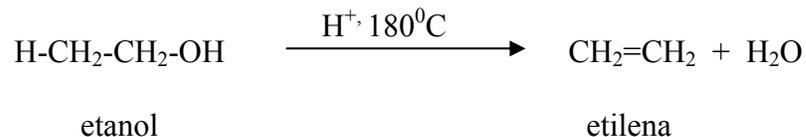
Tabel 1. Sifat Fisik Etanol

Komponen	Uraian
Massa molekul relatif	46,07
Titik beku	-114,1°C
Titik didih normal	78,32°C
Dentitas pada pada suhu 20°C	0,7893 g/ml
Kelarutan dalam air pada suhu 20°C	sangat larut
Viskositas pada suhu 20°C	1,17 cP
Kalor spesifik pada suhu 20°C	0,579 kal/g°C
Kalor pembakaran pada suhu 25°C	7092,1 kal/g
Kalor penguapan pada suhu 78,32°C	200,6 kal/g

Sumber : Rizani, 2000

Sifat kimia dari etanol dapat bereaksi dengan HBr dan HI yang menghasilkan alkil bromida dan alkil iodida. Disamping itu etanol juga dapat mengalami dehidrasi dengan cara pemanasan dengan asam kuat. Misalnya dipanaskan pada suhu 180<sup>0</sup>C dengan menggunakan katalis asam (HCl pekat) yang menghasilkan etilena (Hart, 1990: 168).

Berikut ini adalah reaksi dehidrasi alkohol menjadi etilena yang dapat dilihat pada reaksi di bawah ini (Hart, 1990: 168).



Bioetanol banyak digunakan sebagai pelarut, germisida, campuran minuman, bahan anti beku, campuran bahan bakar, dan senyawa antara untuk sintesis senyawa-senyawa organik lainnya. Bioetanol sebagai pelarut banyak digunakan dalam industri farmasi, kosmetika, dan resin maupun laboratorium. Bioetanol dapat dicampur dengan bensin dalam kuantitas yang bervariasi untuk mengurangi konsumsi bahan bakar minyak bumi, dan juga untuk mengurangi polusi udara (Halim Dkk, 2009). Bahan baku pembuatan bioetanol ini dibagi menjadi tiga kelompok seperti bahan-bahan di bawah ini.

1. Bahan yang mengandung sukrosa

Bahan - bahan yang termasuk dalam kelompok ini antara lain nira, tebu, nira sargum manis, nira kelapa, nira aren, dan sari buah mete.

2. Bahan yang mengandung pati

Bahan - bahan yang termasuk kelompok ini adalah tepung – tepung ubi ganyong, sorgum biji, jagung, cantel, sagu, ubi kayu, ubi jalar, dan lain - lain.

3. Bahan yang mengandung selulosa

Bahan tanaman yang mengandung selulosa (serat), antara lain kayu, jerami, batang pisang, dan lain-lain.

(Assegaf, 2009)

## **H. Destilasi**

Dasar pemisahan pada destilasi adalah perbedaan titik didih cairan pada tekanan tertentu. Pemisahan dengan destilasi melibatkan penguapan dari suatu campuran cairan yang diikuti dengan penampungan material yang menguap dengan cara pendinginan dan pengembunan.

Prinsip dari destilasi ini adalah jika campuran etanol dan air dipanaskan maka akan lebih banyak molekul etanol menguap dari pada air karena etanol mempunyai titik didih yang lebih kecil ( $78^{\circ}\text{C}$ ), sedangkan air mempunyai titik didih mencapai  $100^{\circ}$

## **I. High Performance Liquid Chromatography (HPLC)**

*High Performance Liquid Chromatography* (HPLC) atau biasa juga disebut Kromatografi Cair Kinerja Tinggi (KCKT) mulai dikembangkan pada akhir tahun 1960-an dan awal tahun 1970-an. HPLC termasuk metode analisis terbaru yaitu suatu teknik kromatografi dengan fase gerak cairan dan fase diamnya cairan atau padat. HPLC memiliki banyak kelebihan dibanding teknik kromatografi yang lain,

diantaranya mampu memisahkan molekul dalam campuran, mudah melaksanakannya, kecepatan analisis dan kepekaan tinggi, dapat dihindari terjadinya dekomposisi bahan yang dianalisis, resolusi yang baik, dapat digunakan bermacam-macam detektor (menurut kebutuhan), kolom dapat digunakan kembali, serta dapat dilakukan *sampel recovery*. HPLC merupakan metode yang dapat digunakan baik untuk analisis kualitatif maupun kuantitatif.

Kromatografi fase terbalik adalah teknik paling banyak digunakan dalam HPLC. Teknik ini dapat diterapkan untuk analit yang kebanyakan non polar dan senyawa-senyawa ionik dan terionkan (*zwitter ion*). Fase diam yang paling sering digunakan dalam kromatografi fase terbalik adalah fase diam yang bersifat hidrofobik di alam.

Oktadesil silika (ODS atau C18) merupakan fase diam yang paling banyak digunakan karena mampu memisahkan senyawa-senyawa dengan kepolaran rendah, sedang, maupun tinggi. Fase gerak yang paling sering digunakan untuk pemisahan dengan fase terbalik adalah campuran larutan buffer dengan metanol atau campuran air dengan asetonitril.

Detektor UV-Vis merupakan detektor yang paling banyak digunakan. Detektor spektrofotometri UV-Vis merupakan detektor dengan sensitivitas tinggi karena dapat menganalisis analit meskipun beratnya hanya dalam skala nano gram. Selain itu, detektor ini juga tidak dipengaruhi suhu. Pendeteksian detektor ini didasarkan pada transisi elektronik elektron dari keadaan dasar menuju ke keadaan tereksitasi. (Sundari, 2010).

## **BAB V**

### **SIMPULAN DAN SARAN**

#### **A. Simpulan**

Berdasarkan analisis data yang dilakukan dapat disimpulkan bahwa kondisi optimum pembuatan bioetanol dari pati ubi jalar merah dengan teknik sakarifikasi dan fermentasi simultan (SFS) adalah pada lama fermentasi 64 jam dengan perbandingan jumlah inokulum *Aspergillus niger* : *Saccharomyces cereviceae* 2:1. Konsentrasi yang diperoleh sebesar 5,0135 % dengan volume 17 ml. Sedangkan untuk volume tertinggi adalah pada lama fermentasi 64 jam dengan perbandingan jumlah inokulum *Aspergillus niger* : *Saccharomyces cereviceae* 1:1 yakni 17,5 ml.

#### **B. Saran**

Berdasarkan hasil penelitian maka dapat disarankan hal sebagai berikut.

1. Penggunaan shaker seharusnya dilengkapi dengan pengaturan suhu dan unlimited timer yang dapat mengoptimalkan kerja dari *Saccharomyces cereviciae* sehingga konsentrasi etanol yang dihasilkan menjadi lebih tinggi
2. Selain itu untuk memperoleh etanol yang lebih banyak jumlahnya dengan konsentrasi yang lebih tinggi, perlu dilakukan destilasi bertingkat.

## DAFTAR PUSTAKA

- Ambarsari, Indrie, Sarjana, dan Abdul Choliq 2009. *Rekomendasi dalam Penetapan Standar Mutu Tepung Ubi Jalar*. Jawa Tengah: Balai Pengkajian Teknologi Pertanian
- Anonym. 2010. [http://www.google.co.id ubijalarmerah](http://www.google.co.id/ubijalarmerah). Diakses 23 september 2010
- Anonym. 2010. ([http://id.wikipedia.org/wiki/Ubi\\_jalar](http://id.wikipedia.org/wiki/Ubi_jalar)). Diakses 23 september 2010
- Anonym. 2010. <http://permimalang.wordpress.com/2007/12/12/aspergillus-niger/>  
Diakses 8 oktober 2010.
- Assegaf, Faisal. 2009. *Prospek Produksi Bioetanol Bonggol Pisang (musa paradisiaca) Menggunakan Metode Hidrolisis Asam dan Enzimatis*. Semarang : Univ. Jenderal Soedirman
- Chairul dkk, 2010. *Sakarifikasi dan Ko-Fermentasi Serentak Reject Pulp Menjadi Bioetanol Menggunakan Enzim Karbohidrase dan Kombinasi Saccharomyces cerevisiae-Pichia stipitis*. Riau : Univ. Riau
- Direktorat Gizi Dapertemen Kesehatan RI. 1981. *Daftar Komposisi Bahan Makanan*. Jakarta : Brathara
- Fereira et al. 2009. *Simultaneous saccharification and fermentation process of different cellulosic substrates using a recombinant Saccharomyces cerevisiae harbouring the  $\beta$ -glucosidase gene*. Journal of Biotechnology October 14, 2009, Vol.13 NO 2
- Fessenden, R.J., Fessenden, J.S., 1991. *Kimia Organik*, Terjemahan A. Hadyana P., Jilid 2, Edisiketiga. Jakarta: Erlangga
- Gozan, Misri,. dkk. 2007. *Sakarifikasi Dan Fermentasi Bagas Menjadi Ethanol Menggunakan Enzim Selulase Dan Enzim Sellobiase*. Jurnal Teknologi, Edisi No. 3 Tahun XXI
- Halim, Amran, Eka Agustinus. 2009. *Pembuatan Bioethanol Dari Nira Siwalan Secara Fermentasi Fese Cair Menggunakan Fermipan*. Jurusan Teknik Kimia: UNDIP
- Harahap, Hamidah. 2003. *Produksi Alkohol*. Karya Ilmiah USU. Halaman 1-10