



Kerapatan, Kadar, dan Rendemen Etanol  
dari Sagu (*Metroxylon sagus* Rottb.)  
dengan Hidrolisis Menggunakan  
Enzim *Alfa amilase*

OLEH

MUH. ULU SULTRA  
M 121 03 013

PERPUSTAKAAN PUSAT UNIV. HASANUDDIN	
Tgl. Terima	31 Juli 2009
Asal Dari	Ketutaran
Bergedel	1
Halaman	Hadiah
No. Inventaris	
No. Klas	SKR-1400



SUC  
K

PROGRAM STUDI TEKNOLOGI HASIL HUTAN  
FAKULTAS KEHUTANAN  
UNIVERSITAS HASANUDDIN  
MAKASSAR  
2008

**HALAMAN PENGESAHAN**



Judul : **Kerapatan, Kadar, dan Rendemen Etanol dari Sagu (*Metroxylon sagus* Rottb.) dengan Hidrolisis Menggunakan Enzim *Alfa amilase***

Nama : **Muh. Ulu Sultra**

NIM : **M 121 03 013**

Program Studi : **Teknologi Hasil Hutan**

Skripsi ini Disusun sebagai Salah Satu Syarat untuk Memperoleh Gelar Sarjana Kehutanan

pada

Program Studi Teknologi Hasil Hutan  
Fakultas Kehutanan  
Universitas Hasanuddin

**Menyetujui  
Komisi Pembimbing,**

**Pembimbing I**

**Ir. Baharuddin, M.P.**

**Pembimbing II**

**Andi Detti Yunianti, S. Hut., M.P**

**Mengetahui,**

**Ketua Program Studi Teknologi Hasil Hutan  
Fakultas Kehutanan  
Universitas Hasanuddin**

**Ir. Beta Putranto, M. Sc**  
**Nip. 130 792 980**

**Tanggal Lulus : 23 Juli 2008**

## ABSTRAK

**Muh. Ulu Sultra (M 121 03 013). Kerapatan, Kadar, dan Rendemen Etanol dari Sagu (*Metroxylon sagus* Rottb.) dengan Hidrolisis Menggunakan Enzim *Alfa amilase*. (di bawah bimbingan Baharuddin dan Andi Detti Yunianti)**

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kerapatan, kadar, dan rendemen etanol dari sagu dengan Hidrolisis menggunakan enzim *A. amilase* pada berbagai persentase penambahan. Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Bioproses, Jurusan Teknik Kimia, Politeknik Negeri Ujung Pandang dengan melakukan beberapa prosedur penelitian yaitu : persiapan bahan baku, peremajaan jamur *S. cereviceae*, analisa kadar pati, penetapan blanko, pembuatan larutan enzim *A. amilase*, hidrolisis, analisa kadar gula pada filtrat, fermentasi, dan destilasi.

Penelitian ini menggunakan persentase penambahan larutan enzim *A. amilase* 10% sebanyak 50 ml, 20% sebanyak 100 ml, dan 30% sebanyak 150 ml. Setelah dilakukan hidrolisis pada filtrat, maka tahap selanjutnya adalah proses fermentasi dan pada tahap akhir adalah destilasi untuk mendapatkan etanol dari sagu. Etanol yang telah didestilasi kemudian dilakukan analisa kerapatan, kadar etanol, dan rendemen. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa semakin tinggi persentase penambahan larutan enzim *A. amilase* pada sagu maka semakin tinggi kadar etanol dan rendemen etanol yang dihasilkan, sedangkan kerapatan etanol semakin rendah.



## KATA PENGANTAR

Teriring salam dan do'a kehadiran Allah SWT atas rahmat dan karunia-Nya yang diberikan kepada penulis sehingga penulis dapat menyelesaikan penulisan skripsi ini. Salawat dan salam juga penulis panjatkan kepada junjungan kita Nabi Muhammad SAW beserta keluarga dan para sahabatnya.

Ucapan terimakasih penulis sampaikan kepada semua pihak yang telah membantu dalam pelaksanaan penelitian dan penyusunan skripsi ini khususnya kepada :

1. Kedua Orang Tua penulis, Ayahanda **LaOde Naana** dan Ibunda **WaOde Hawiah** yang selalu mendo'akan penulis dengan tulus dan ikhlas.
2. Bapak **Ir. Baharuddin, M.P** dan Ibu **Andi Detti Yunianti, S. Hut., M.P** selaku pembimbing dalam penyusunan skripsi ini, yang selalu bersedia meluangkan waktunya untuk membimbing penulis
3. Bapak **Dr. Ir. H. Muh. Restu, MP** selaku Dekan Fakultas Kehutanan Universitas Hasanuddin
4. Bapak **Prof. Dr. Ir. Musrizal Muin, M. Sc** selaku penasehat akademik penulis
5. Bapak **Ir. Beta Putranto, M. Sc** selaku ketua program studi Teknologi Hasil Hutan sekaligus penguji. Bapak **Prof. Dr. Ir. H. Djamal Sanusi** dan Bapak **Ir. Bakri, M.Sc** selaku penguji
6. Sahabatku **M. Daud, S. Hut** yang selalu menyempatkan waktu dan tenaganya dalam membimbing penulis. *Thanks for all.*

7. Ibu **Leni, A. Md. di Politeknik** yang selalu membimbing dan menyempatkan waktunya dalam proses penelitian penulis
8. Sahabat-sahabatku **Fatmawati, Munawar, Astiati Ashar, Lut Irwan Mopo, Ferawati Husen, Asrianty, Sastrawati Lappi, Rr. Diah Nawangsari, Yulia Sartika Yusuf, Mohamed Ali, A. Muh Amin, Farid, dan Muh. Taufan.** Peserta PU Gelombang XIV (Bengo-Bengo, Maros) : **Ria Desy Meilin, Andi Retna, Inri Agreis, Isa Imanula Anshari, Indrawan, Marselinus, Alnores D., Nur'aida, Kaharuddin, Zulfikar, Santi, Maria Buntu, Yohana M., dan Andi Sappewali Baso.** Serta teman-temanku **Angkatan 03**

9. Kepada semua **rekan – rekan Mahasiswa Kehutanan Unhas**

Semoga Allah SWT memberikan balasan yang setimpal atas segala jerih payah dari semua pihak yang telah membantu penulis, baik itu secara langsung ataupun tidak langsung. Penulis menyadari masih banyak kekurangan yang terdapat dalam skripsi ini. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik dan saran dari pembaca untuk penyempurnaan skripsi ini.

Makassar, Juli 2008

**Penulis**

## DAFTAR ISI



No.	Teks	Halaman
	HALAMAN JUDUL .....	i
	HALAMAN PENGESAHAN .....	ii
	ABSTRAK .....	iii
	KATA PENGANTAR .....	iv
	DAFTAR ISI .....	v
	DAFTAR GAMBAR.....	vi
	DAFTAR TABEL .....	vii
	DAFTAR LAMPIRAN.....	viii
I.	PENDAHULUAN	
	A. Latar Belakang .....	1
	B. Tujuan dan Kegunaan .....	3
II.	TINJAUAN PUSTAKA	
	A. Gamabara Umum Tanaman Sagu ( <i>Metroxylon Sagus</i> Rottb.).....	4
	B. Karbohidrat .....	7
	C. Pati Sagu .....	8
	D. Enzim <i>Alfa amilase</i> .....	8
	E. <i>Saccharomyces cerevisiae</i> .....	9
	F. Etanol .....	11
	G. Kerapatan.....	15
	H. Rendemen.....	15

### III. METODE PENELITIAN

A. Waktu dan Tempat .....	17
B. Alat dan Bahan	
1. Alat.....	17
2. Bahan.....	18
C. Prosedur Kerja	
1. Persiapan Bahan Baku.....	18
2. Peremajaan Jamur <i>S. cereviceae</i> .....	19
3. Pembuatan Larutan Enzim <i>A. Amilase</i> .....	20
4. Analisa Kadar Pati.....	20
5. Penetapan Blanko.....	21
6. Hidrolisis.....	22
7. Analisa Kadar Gula pada Filtrat.....	22
8. Fermentasi.....	23
9. Destilasi.....	24
D. Variabel Pengamatan	
1. Kerapatan.....	24
2. Kadar Etanol.....	25
3. Rendemen .....	26
E. Analisis Data .....	26

### IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil	
1. Kerapatan.....	28
2. Kadar Etanol.....	30
3. Rendemen.....	32
B. Pembahasan	
1. Kerapatan.....	34
2. Kadar Etanol.....	35
3. Rendemen.....	36

### V. SIMPULAN DAN SARAN

A. Simpulan.....	38
B. Saran.....	38

### DAFTAR PUSTAKA

### DAFTAR ISTILAH

## DAFTAR GAMBAR

No.	Teks	Halaman
1.	Diagram alir proses pembuatan bioetanol dari bahan baku gula, pati, dan lignoselulosa .....	12
2.	Kerapatan Etanol Pada Setiap Perlakuan Persentase Penambahan enzim <i>A. Amilase</i> .....	28
3.	Kurva Respon Hasil Kerapatan Etanol Sagu.....	29
5.	Kadar Etanol pada setiap perlakuan Persentase penambahan enzim <i>A. amilase</i> .....	30
6.	Kurva Respon Hasil Kadar Etanol Etanol Sagu.....	31
7.	Rendemen pada setiap perlakuan persentase penambahan enzim <i>A. amilase</i> .....	32
8.	Kurva Respon Hasil Rendemen Etanol Sagu.....	33



## DAFTAR TABEL

No.	Teks	Halaman
1.	Sifat Fisiko Kimia Tepung Sagu .....	6
2.	Hasil Uji Lanjut Perbedaan Kerapatan Etanol Sagu.....	29
3.	Hasil Uji Lanjut Perbedaan Kadar Etanol Sagu.....	31
4.	Hasil Uji Lanjut Perbedaan Rendemen Etanol Sagu.....	33

## DAFTAR LAMPIRAN

No	Teks	Halaman
1.	Penentuan Kadar Pati .....	43
2.	Daftar Sakar Menurut Luff-Schrool .....	44
3.	Penentuan Kadar Gula pada Filtrat yang Telah Terhidrolisis .....	45
4.	Hasil Berat Etanol pada Berbagai Persentase Penambahan Larutan Enzim <i>A. amylase</i> .....	46
5.	Hasil Kerapatan pada Berbagai Persentase Penambahan Larutan Enzim <i>A. amylase</i> .....	47
6.	Hasil Analisis Ragam Kerapatan pada Berbagai Persentase Penambahan Enzim <i>A. amylase</i> .....	48
7.	Hasil Kadar Etanol pada Berbagai Persentase Penambahan Larutan Enzim <i>A. amylase</i> .....	49
8.	Hasil Analisis Ragam Kadar Etanol pada Berbagai Persentase Penambahan Larutan Enzim <i>A. amylase</i> .....	50
9.	Hasil Rendemen pada Berbagai Persentase Penambahan Larutan Enzim <i>A. amylase</i> .....	51
10.	Hasil Analisis Ragam Kadar Etanol pada Berbagai Persentase Penambahan Larutan Enzim <i>A. amylase</i> .....	52
11.	Kurva Standar .....	53



## I. PENDAHULUAN

### A. Latar Belakang

Sebagai negara yang terletak di daerah tropika basah, Indonesia kaya akan tanaman penghasil karbohidrat, bahkan merupakan penghasil sumber karbohidrat terbesar di dunia (Sumaryono, 2008). Selain diperoleh dari biji-bijian seperti beras, gandum, jagung, sorgum, dan sebagainya, karbohidrat juga dapat diperoleh dari umbi-umbian. Jenis tanaman lain yang menyimpan karbohidrat atau pati pada bagian batang tanaman adalah sagu.

Menurut Hambali, dkk. (2007) Indonesia memiliki areal tanaman sagu terbesar di dunia, sekitar 1.128 juta hektar atau 51,3 persen dari 2.291 juta hektar areal sagu dunia. Sekitar 90 persen areal tanaman ini terdapat di Papua dan Maluku, selain itu tanaman sagu juga terdapat di Sulawesi, Kalimantan, Sumatra, kepulauan Riau, dan Mentawai. Pemanfaatan sagu di Indonesia masih sangat minim, dari produksi sagu saat ini yang mencapai 200 ribu ton per tahun, hanya 56% yang dimanfaatkan dengan baik. Kadar pati kering dalam sagu sangat tinggi yaitu satu pohon dapat menghasilkan sekitar 600 kilogram pati, dan semua potensi yang dihasilkan tidak sepenuhnya dimanfaatkan dengan optimal (Sumaryono, 2008).

Dengan melihat kondisi pemanfaatan sagu yang sangat minim, maka tanaman sagu sangat berpotensi untuk dijadikan sebagai bahan baku pembuatan bioetanol. Bioetanol adalah cairan biokimia dari proses fermentasi gula dari sumber karbohidrat menggunakan bantuan mikroorganisme Bioetanol dengan karakteristiknya dapat mensubstitusi bensin. Menurut Sumaryono, (2008), Indonesia perlu mengembangkan bioetanol karena ada beberapa faktor yang menunjang seperti konsumsi energi meningkat, bahan bakar fosil akan habis, devisa negara akan meningkat (impor BBM), potensi penggunaan biofuel yang cukup baik, protokol Kyoto, potensi lahan yang cukup luas, dan potensi sumber daya manusia (petani) yang cukup memadai.

Apabila tabungan karbohidrat di hutan sagu Indonesia dapat dimanfaatkan secara optimal untuk bioetanol maka dapat diperoleh bioetanol 3 juta kiloliter per tahun dengan asumsi faktor konversi 0,6. Kebutuhan premium nasional diperkirakan sekitar 16 juta kiloliter per tahun. Apabila bioetanol dapat menggantikan premium sekitar 10% (campuran premium dan etanol 90:10) maka diperlukan etanol sebanyak 1,6 juta kiloliter. Kebutuhan ini sudah dapat dipenuhi dari pati sagu saja.

Etanol dihasilkan melalui proses hidrolisis, fermentasi, dan destilasi. Salah satu yang mempengaruhi proses hidrolisis dalam menentukan rendemen, kerapatan, dan kadar etanol adalah adalah persentase penambahan enzim *A. amilase* yang diberikan. Oleh karena itu dianggap perlu untuk melakukan penelitian tentang rendemen dan kadar etanol dari sagu dengan hidrolisis menggunakan enzim *A. amilase*.

## **B. Tujuan dan Kegunaan**

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kerapatan, kadar dan rendemen etanol dari sagu dengan hidrolisis menggunakan enzim *A. amilase* pada persentase tertentu. Hasil penelitian ini diharapkan bisa menjadi bahan informasi bagi masyarakat terhadap pemanfaatan sagu sebagai penghasil etanol.

## II. TINJAUAN PUSTAKA

### A. Gambaran Umum Tanaman Sagu

Pohon Sagu merupakan salah satu kelas monokotil yang tergolong hasil hutan non kayu. Menurut Haryanto dan Pangoli. 1992, sistematika tanaman sagu adalah :

Divisio	: Spermatophyta
Sub Divisio	: Angiospermae
Kelas	: Monocotylodoneae
Ordo	: Spadiciflorae
Famili	: Palmae
Genus	: Metroxylon
Spesies	: Metroxylon sp..

Sagu diduga berasal dari Maluku dan Papua. Sejak dulu, tanaman ini dijadikan sebagai makanan pokok oleh sebagian masyarakat Indonesia, terutama masyarakat bagian timur. Tanaman sagu di Indonesia dikenal dengan beberapa nama, diantaranya *kirai* di Jawa Barat, *bulung*, *kresula*, *bulu*, *rembulung*, tau *resula* di Jawa Tengah, *lapia* atau *napia* di Ambon, *tumba* di Gorontalo, *pogalu* atau *tabaro* di Toraja, serta *rambiam* atau *rabi* di Kepulauan Aru (Hambali. dkk, 2007).

Pada umumnya tanaman sagu tumbuh secara liar, namun ada juga yang sengaja ditanam oleh petani meskipun jarak tanam dan tata ruangnya belum memenuhi syarat agronomis. Populasi tanaman sagu tergantung dari jenis, daerah produksi dan perlakuan yang diberikan selama masa pertumbuhan. Pertumbuhan sagu yang diusahakan atau dibudidayakan populasinya lebih padat daripada yang tumbuh secara liar. Demikian juga jumlah pohon yang dapat dipanen dalam satu hektar pun setiap tahunnya berbeda-beda (Haryanto dan Pangoli, 1992).

Secara garis besar sagu digolongkan dalam dua golongan, yaitu yang hanya berbunga atau berbuah sekali dan yang berbunga atau berbuah dua kali atau lebih. Golongan pertama sangat penting nilai ekonominya karena kandungan acinya tinggi. Golongan ini terdiri atas lima jenis yaitu:

- *Metroxylon rumphii* Martius
- *Metroxylon sagus* Rottbol
- *Metroxylon sylvester* martius
- *Metroxylon longispinum* martius
- *Metroxylon micracantum* Martius

Golongan kedua terdiri atas spesies *Metroxylon filarea* dan *Metroxylon elatum*, yang banyak tumbuh di dataran-dataran yang relatif tinggi, tetapi kandungan acinya rendah (Haryanto dan Pangoli, 1992).

Tumbuhan sagu dapat mencapai ketinggian hingga 21m, ketinggian batang hingga 12m, dan diameter batang sekitar 0,5m. Untuk mencapai kedewasaan, sagu membutuhkan waktu antara 8 hingga 15 tahun, tergantung lahan tempat tumbuhnya. Fase pertumbuhan tanaman terbagi dua yaitu tahap pertama tanpa



pembentukan batang, dan dilanjutkan dengan fase kedua yaitu pembentukan batang. Sejak masa pembentukan batang hingga pemanenan sagu membutuhkan waktu sekitar 3 sampai 4 tahun (Haryanto dan Pangoli, 1992).

Tanaman sagu berbunga dan berbuah hanya sekali dalam hidupnya. Sejak awal pembentukan batang, tanaman sagu mengumpulkan pati sedikit demi sedikit dalam batangnya untuk mempersiapkan produksi buah. Selama proses menghasilkan bunga dan buah, pati yang merupakan sumber energi tersebut digunakan. Setelah buah matang, pati didalam batang habis digunakan, lalu batang sagu yang besar itu menjadi kosong dan akhirnya tidak lama kemudian mati. Musim berbunga hingga berbuah memakan waktu lebih kurang 2 tahun (Khatuddin, 2003).

Menurut Hambali, dkk. (2007) tanaman sagu sangat potensial untuk dikembangkan sebagai bahan baku penghasil energi alternatif, karena mampu menghasilkan pati kering hingga 25 ton per hektar dengan komposisi pati mencapai 85,9%. Sifat fisiko kimia tepung sagu dapat dilihat pada Tabel 1:

Tabel 1. Sifat Fisiko Kimia Tepung Sagu

Komponen	Jumlah (%)
Air	13,1
Karbohidrat	85,9
Protein	1,4
Lemak	0,2
Serat	0,2
Abu	0,4

Batang sagu ditebang menjelang tanaman berbunga, saat kandungan patinya tertinggi. Setelah pohon ditebang, empulur batang diolah untuk mendapatkan tepung (pati) sagu. Tepung sagu mengandung amilosa 27% dan



amilopektin 73%. Kandungan kalori, karbohidrat, protein, dan lemak tepung sagu setara dengan tepung tanaman penghasil karbohidrat lainnya (Prihatman, 2000).

## **B. Karbohidrat**

Karbohidrat merupakan senyawa karbon, hidrogen dan oksigen yang terdapat dalam alam. Karbohidrat banyak terdapat dalam bahan nabati baik berupa gula sederhana seperti heksosa dan pentosa, maupun karbohidrat dengan berat molekul yang tinggi seperti pati, pektin dan selulosa. Pada umumnya buah-buahan mengandung monosakarida seperti glukosa dan fruktosa. Disakarida seperti gula tebu banyak terkandung dalam batang tebu, di dalam air susu terdapat laktosa atau gula susu. Sumber karbohidrat utama bagi bahan makanan adalah serealia dan umbi-umbian, misalnya kandungan pati dalam beras 78,3%, jagung 72,4%, singkong 34,6% dan talas 40% (Haris dan Syukri, 2000).

Ada tiga kelas besar karbohidrat yaitu: monosakarida, oligosakarida, dan polisakarida. Kita dapat menghidrolisasikan secara sempurna kedua polisakarida dan oligosakarida tersebut untuk menghasilkan monosakarida, dan hidrolisa lebih lanjut tidak menghasilkan molekul apa pun yang lebih kecil dari monosakarida. Oligosakarida adalah polimer yang terdiri dari dua hingga enam satuan monosakarida. Polisakarida seperti pati dan selulosa mengandung satuan monosakarida yang akan dihubungkan oleh sambungan-sambungan kovalen yang dapat dihidrolisasikan (Page, 1989).

### C. Pati Sagu

Pada dasarnya pati merupakan polimer glukosa dengan ikatan 1,4 $\alpha$  glukosa. Berbagai macam pati tidak sama sifatnya, tergantung dari panjang rantai C-nya. Pati terdiri dari dua fraksi yang dapat dipisahkan dengan air panas, fraksi yang larut dalam air disebut *amilosa* dan fraksi yang tidak larut disebut *amilopektin*. Perbandingan *amilosa* dan *amilopektin* berbeda-beda dalam setiap jenis pati (Haryanto dan Pangoli, 1992).

Pati sagu mengandung sekitar 27% *amilosa* dan sekitar 73% *amilopektin*. Rasio *amilosa* dan *amilopektin* akan mempengaruhi sifat-sifat pati. Apabila kadar *amilosa* tinggi maka pati akan bersifat kering, kurang lekat dan cenderung meresap air lebih banyak (*higroskopis*). Apabila kadar *amilopektin* tinggi maka pati akan bersifat tidak larut dalam air. Jumlah unit glukosa yang berda dalam *amilosa* berkisar 500 – 1000 unit sebanding dengan berat molekul antara 80.000 – 240.000. Sedangkan glukosa yang berada dalam *amilopektin* mencapai jumlah yang lebih besar, yaitu 5.000 – 40.000 unit sebanding dengan berat molekul 800.000 sampai jutaan (Haryanto dan Pangoli, 1992).

### D. Enzim *A. amilase*

*A. amilase* (1,4- $\alpha$ -glukan-glukanohidrolase) merupakan ekstraselular yang menghidrolisis ikatan  $\alpha$ -1,4-glikosida. Enzim ini merupakan endoenzim, yang memecah molekul pati mulai dari tengah bagian dalam. *A. amilase* diproduksi oleh bakteri dan kapang. Enzim ini dikelompokan berdasarkan *starch-liquefying* dan/atau efek sakarogenik, pH optimum, kisaran suhu, dan stabilitas. Amilase

sakarogenik memproduksi gula-gula bebas, sedangkan amilase "starch-liquefying" memecah polimer pati tetapi tidak memproduksi gula-gula bebas (Rahman, 1992).

*A. amilase* adalah endoenzim yang mengkatalisis pemutusan ikatan alpha-1,4 glikosidik pada polisakarida menghasilkan maltooligosakarida, maltodekstrin, dan sejumlah kecil glukosa. *A. amilase* digunakan dalam berbagai jenis industri, seperti industri pengolahan pati, tekstil, roti, dan farmasi. Produksi *A. amilase* untuk keperluan komersial membutuhkan sel inang yang memiliki kemampuan untuk menghasilkan *A. amilase* dalam jumlah besar secara efisien. Sistem ekspresi *Pichia pastoris* menawarkan sejumlah kemudahan yang memungkinkan produksi *A. amilase* secara efisien, yaitu memiliki efisiensi sekresi yang tinggi, mampu tumbuh hingga mencapai densitas sel yang tinggi, dan memiliki media kultur yang murah (Saraswati, 2006).

#### **E. *Saccharomyces cerevisiae***

Menurut Harahap (2003), *S. cerevisiae* merupakan salah jenis ragi yang banyak digunakan dalam proses fermentasi alkohol, ragi merupakan mikroorganisme bersel satu, tidak berklorofil dan termasuk golongan *eumycetes*. Syarat-syarat yang dipergunakan dalam memilih ragi untuk fermentasi adalah :

1. Cepat berkembang biak
2. Tahan terhadap alkohol tinggi
3. Tahan terhadap suhu tinggi
4. Mempunyai sifat yang stabil
5. Cepat mengadakan adaptasi terhadap media yang difermentasi

Jamur *S. cerevisiae*, atau di Indonesia lebih dikenal dengan nama jamur ragi, telah memiliki sejarah yang luar biasa di industri fermentasi. Karena kemampuannya dalam menghasilkan alkohol inilah, *S. cerevisiae* disebut sebagai mikroorganisme aman (*Generally Regarded as Safe*) yang paling komersial saat ini, dengan menghasilkan berbagai minuman beralkohol, mikroorganisme tertua yang dikembangkan oleh manusia ini memungkinkan terjadinya proses bioteknologi yang pertama di dunia. Jamur ini merupakan mikroorganisme pertama yang dikembangkan oleh manusia untuk membuat makanan (sebagai ragi roti, sekitar 100 SM, Romawi Kuno) dan minuman (sebagai jamur fermentasi bir dan anggur, sekitar 7000 SM, di Assyria, Caucasia, Mesopotamia, dan Sumeria). Di Indonesia sendiri, jamur ini telah melekat dalam kehidupan sehari-hari. Dalam bidang energi, jamur ragi sebagai pabrik etanol merupakan suatu strategi alternatif yang telah dikembangkan di beberapa negara, seperti Brasil, Afrika Selatan, dan Amerika Serikat. Biomassa tanaman adalah sumber biofuel yang paling banyak dikembangkan karena harganya yang murah dan persediaannya yang mudah didapat. Biofuel dalam bentuk etanol merupakan salah satu harapan masa depan dari super jamur ini. Alasan utama dari penggunaan etanol adalah sumber energi yang sustainable dan ramah lingkungan, serta sangat menguntungkan secara ekonomi makro terhadap komunitas pedesaan (petani) (Narita, 2002).

## F. Etanol

Etanol merupakan produk fermentasi yang dapat dibuat dari substrat yang mengandung karbohidrat (gula, pati, atau selulosa). Etanol merupakan kependekan dari etil alkohol ( $C_2H_5OH$ ), sering pula disebut sebagai *grain alcohol* atau alkohol saja. Bentuknya berupa cairan yang tidak berwarna dan mempunyai bau yang khas. Berat jenis pada  $15^\circ C$  adalah sebesar 0,7937 dan titik didihnya  $78,32^\circ C$  pada tekanan 76 mm Hg. Sifatnya yang lain adalah larut dalam air dan eter dan mempunyai panas pembakaran 328 Kkal. Penggunaan etanol yang terbanyak

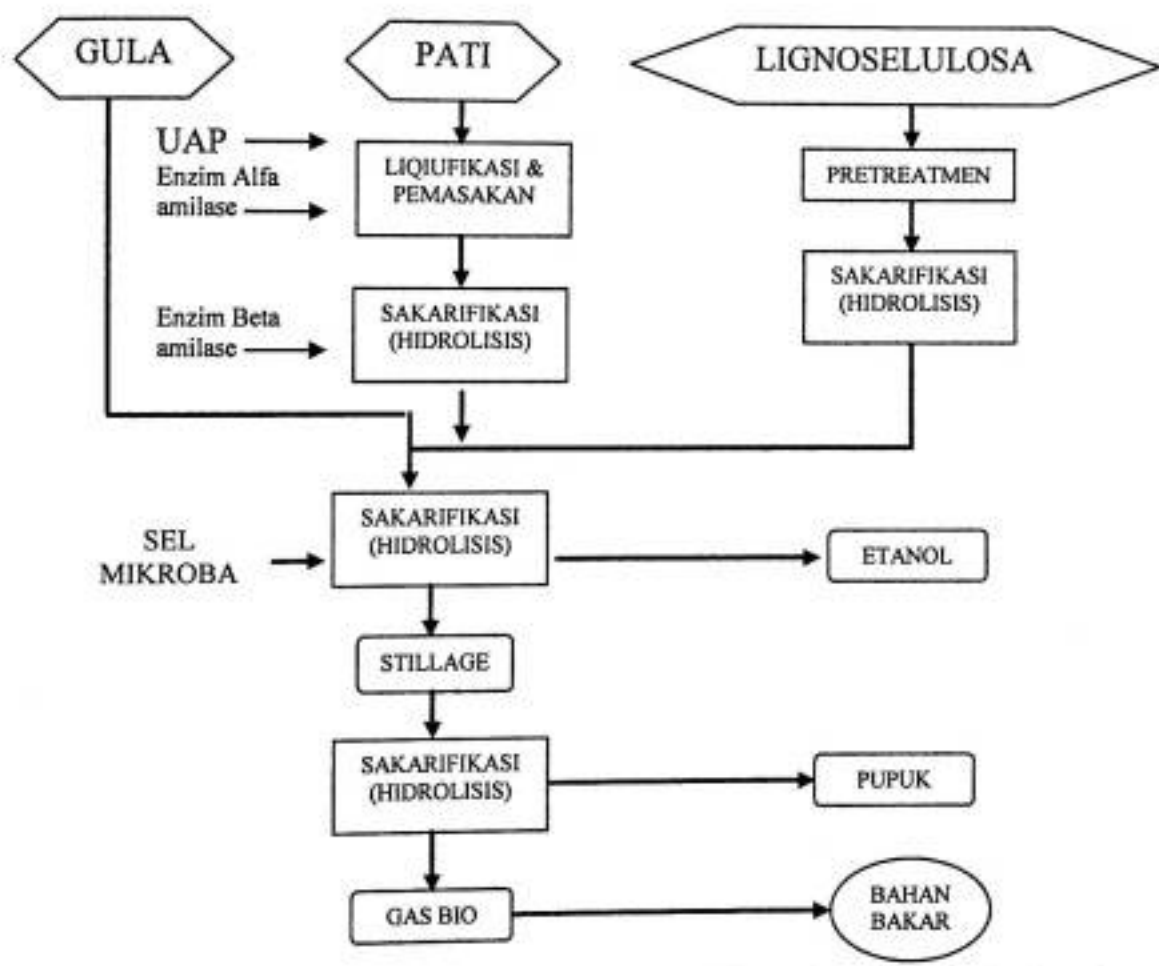
adalah sebagai pelarut 40%, untuk membuat asetaldehid 36%, untuk penggunaan secara kimiawi yang lain 15%, serta eter, glikol eter, etil asetat dan khloral 9% (Judoamidjojo dkk., 1990).

Kebanyakan etanol yang diproduksi sekarang diperoleh dengan proses yang sama seperti yang dikembangkan lebih dari seratus tahun yang lalu dalam industri minuman beralkohol. Cara ini didasarkan pada fermentasi paket sederhana dengan bahan baku karbohidrat. Untuk menghabiskan seluruh substrat, sistem ini memerlukan waktu 36 sampai 48 jam, dengan suhu  $20-30^\circ C$  dan pH awal yang diatur pada 4,5. tingkat efisiensi perubahan berkisar antara 90-95% secara teoretik, bergantung pada karbohidrat yang digunakan sebagai substrat dengan kadar etanol pada akhir fermentasi sebanyak 10-16%. Dalam usaha untuk menaikkan produktifitas fermentor dengan tetap memperhatikan kesederhanaan proses digunakan daur ulang sel. Teknik ini tidak menaikkan konversi gula menjadi



etanol. Meskipun demikian, waktu fermentasi dapat berkurang 60-70% dari metode paket tradisional (Sardjoko, 1991)

Menurut Prihandana, dkk. (2007), diagram alir pembuatan bioetanol dan proses kimia saat fermentasi etanol terdapat pada Gambar 1 di bawah ini :



Gambar 1. Diagram alir proses pembuatan bioetanol dari bahan baku gula, pati, dan lignoselulosa.

Secara garis besar proses pembuatan bioetanol dilakukan dengan cara sebagai berikut :

1. Sakarifikasi

Sakarifikasi adalah proses penguraian pati menjadi glukosa. Proses sakarifikasi dapat dilakukan dengan dua macam cara hidrolisa yaitu dengan

hidrolisa asam/basa dan dengan hidrolisa enzim. Hidrolisa dengan asam/basa dapat dilakukan baik dengan larutan asam/basa encer maupun pekat, sedangkan hidrolisa dengan enzim dapat dilakukan dengan menggunakan enzim *A. amilase* atau enzim *Glukoamilase* (Saraswati, 2006).

## 2. Fermentasi

Fermentasi adalah suatu proses hidrolisa komponen organik anaerob atau aerob sebagian oleh aktifitas mikroorganisme. Meskipun pada dasarnya fermentasi dapat langsung menggunakan enzim tetapi sampai saat ini, industri fermentasi yang besar-besar masih memanfaatkan mikroorganisme, antara lain karena cara ini jauh lebih mudah dan murah (Judoamidjojo, dkk., 1990).

Mikroba yang banyak digunakan dalam proses fermentasi diantaranya adalah khamir, kapang dan bakteri. Tentunya tidak semua khamir, kapang dan bakteri dapat digunakan secara langsung tetapi diperlukan seleksi dari masing-masing untuk menjamin berlangsungnya proses fermentasi sesuai dengan tujuan. Kegiatan demikian akan erat hubungannya dengan teknologi mikrobial karena selain diperlukan galur-galur yang unggul alami dapat pula dilakukan mutasi-mutasi induksi sampai kepada rekayasa genetika (Judoamidjojo, dkk., 1990).

Fermentasi etanol terjadi pada kondisi anaerob dengan menggunakan kapang dan bakteri tertentu yang dapat mengubah glukosa menjadi etanol. Dari 1 molekul glukosa akan membentuk 2 molekul etanol dan  $\text{CO}_2$ , sehingga berdasarkan bobotnya secara teoritis 1 gram glukosa akan menghasilkan 0,51 gram etanol (Judoamidjojo, dkk., 1990).

Selama fermentasi berlangsung, proses mikrobial dipengaruhi faktor-faktor fisik dan kimia. Faktor-faktor fisik yang berpengaruh antara lain suhu, tekanan, power input (masukan atau penggunaan tenaga), aliran gas, level buih, aliran liquid, viskositas dan turbiditas. Empat faktor terakhir disebutkan hanya akan terjadi pada fermentasi yang terendam. Sedangkan faktor-faktor kimia yang berpengaruh adalah pH, enzim, potensial redoks, oksigen terlarut, determinasi penggunaan gas dan adanya ion. Faktor-faktor kimia ini terutama terjadi pada fermentasi media cair (Fatimah, 2007).

Mikroba yang bersifat fermentatif dapat mengubah karbohidrat menjadi alkohol, asam dan karbondioksida. Makanan-makanan yang mengalami fermentasi biasanya mempunyai nilai gizi yang lebih tinggi dibandingkan dengan bahan awalnya. Hal ini karena mikroba bersifat katabolitik (memecahkan komponen-komponen yang kompleks menjadi zat yang lebih sederhana) sehingga lebih mudah dicerna dan dapat mensintesa beberapa vitamin yang kompleks dan faktor pertumbuhan lainnya (Fatimah, 2007).

### 3. Destilasi

Destilasi adalah proses pemisahan suatu campuran homogen yang komponen-komponennya mempunyai perbedaan titik didih. Destilasi merupakan cara yang paling mudah untuk dioperasikan dan juga merupakan cara pemisahan yang paling efisien (Arsyad, 2007).



Destilasi sederhana dilakukan dengan cara memasukan seluruh cairan yang akan dipisahkan ke dalam suatu tempat serta memanaskannya dan mengkondensasikan uap yang terjadi. Hasilnya diambil sebagai produk (destilat), sedang sisanya disebut residu (Arsyad, 2007).

### **G. Kerapatan**

Kerapatan adalah perbandingan antara berat bahan dengan volume (Haygreen dan Bowyer, 1982). Kerapatan larutan etanol semakin kecil, maka kadar etanol di dalam larutan tersebut semakin besar. Hal ini dikarenakan etanol mempunyai kerapatan lebih kecil daripada air (Martin, dkk., 1983). Menurut Soerawidjaja, (2006), ubi kayu yang dijadikan gaplek diperoleh etanol dengan kerapatan  $0,814 \text{ g/cm}^3$ .

### **H. Rendemen**

Rendemen adalah perbandingan volume barang yang dihasilkan (*output*) terhadap volume bahan baku (*input*) yang dinyatakan dalam persen. Tinggi rendahnya rendemen dalam suatu proses produksi dapat dijadikan suatu kriteria (ukuran) keberhasilan proses produksi tersebut (Harris, 1987).

Kebanyakan etanol yang diproduksi sekarang dapat diperoleh dengan cara fermentasi paket sederhana dengan bahan baku karbohidrat. Sistem ini memerlukan waktu 36-48 jam, dengan suhu  $20-30^{\circ}\text{C}$  dan pH awal yang diatur pada 4,5 untuk menghasilkan seluruh substrat. Tingkat efisiensi perubahan berkisar antara 90-95% secara teoritik, tergantung pada karbohidrat yang digunakan sebagai substrat. Kadar etanol yang dihasilkan dari proses fermentasi

hanya mencapai 8%–10%, sehingga untuk memperoleh etanol yang berkadar etanol tinggi diperlukan proses destilasi (Sa'id, 1987). Rendemen tinggi dapat diperoleh apabila berat etanol dan kadar etanol yang dihasilkan tinggi, dimana dalam hal ini berat etanol dan kadar etanol dapat diperoleh dari glukosa pada substrat yang sebagian besar diubah menjadi alkohol (Riyanto, 2005). Menurut Soerawidjaja, (2006), ubi kayu yang dijadikan gaplek diperoleh rendemen 20%, sedangkan pada bagas tebu diperoleh rendemen 22,5%.

### III. METODE PENELITIAN

#### A. Waktu dan Tempat

Penelitian ini dilakukan mulai bulan Mei – bulan Juli 2008. Pengambilan sampel dilakukan di Kelurahan Rampoang, Kecamatan Bara, Kota Palopo. Pembuatan etanol dilaksanakan di Laboratorium Bioproses, Jurusan Teknik Kimia, Politeknik Negeri Ujung Pandang.

#### B. Alat dan Bahan

##### 1. Alat

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah toples, spatula, gelas kimia (25 ml, 100 ml dan 500 ml), labu ukur 25 ml dan 250 ml, labu erlenmeyer 1000 ml, erlenmeyer asah 500 ml, batu didih, pengaduk, labu semprot, pipet volume 10 ml dan 25 ml, pipet mikron, labu isap, corong, termometer, botol fermentasi 1000 ml, botol 250 ml dan 500 ml, selang, panci, gas, kompor, *ose*, tabung reaksi, saringan, pipet skala, buret, *hot plate*, timbangan digital, alat *autoclave*, alat destilasi fraksionasi, *ent case*, ruang asam, inkubator, *oven*, desikator, *shaker*, dan pendingin tegak.



## 2. Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah tepung sagu 1600 g, jamur *S. cereviceae*, air suling, KI, larutan  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ ,  $\text{H}_2\text{SO}_3$  4 N, larutan luff, alkohol, urea 1,35 g, NPK 0,45 g, parafin, pH indikator, taugé (kecambah kacang hijau), *bacto* agar, glukosa, *aluminium foil*, faselin, kertas saring, *tissue*, kapas, dan kertas label.

## C. Prosedur Penelitian

Prosedur pembuatan etanol secara umum dapat dibagi ke dalam beberapa tahapan yaitu : persiapan bahan baku, hidrolisis, fermentasi, dan destilasi. Pada penelitian ini dilakukan hidrolisis dengan persentase penambahan enzim *A. amilase* 10%, 20% dan 30%, dimana setiap perlakuan di ulang 3 kali.

### 1. Persiapan Bahan Baku

1. Sagu yang diperoleh dikeringudarkan selama 2 hari, lalu disaring
2. Hasil saringan yang telah menjadi tepung dibutuhkan 1600 g
3. Melakukan pengujian kadar air pada tepung sagu untuk mengetahui kadar air kering udara setara dengan kering tanur, kemudian dimasukkan ke dalam wadah tertutup untuk perlakuan di laboratorium.

## 2. Peremajaan Jamur *S. Cereviceae*

1. Ditimbang 40 g tauge lalu dicuci dengan air suling. Setelah tauge dicuci, dicampurkan dengan air suling sampai 400 ml, lalu dimasak selama 20 menit untuk diambil ekstraknya
2. Ditimbang *bacto* agar 4 g dan glukosa 12 g, lalu dicampurkan dengan ekstrak tauge yang telah dimasak tadi. Campuran untuk media tersebut kemudian diaduk sampai merata, lalu dimasukkan dalam 10 tabung reaksi, kemudian ditutup dengan kapas dan *aluminium foil* dan dimasukkan dalam *autoclave* dengan pengaturan suhu 121<sup>0</sup>C selama 15 menit
4. Tabung reaksi berisi campuran untuk media yang telah disterilkan, kemudian dikeluarkan dari *autoclave*, lalu dimiringkan dimana bagian kepala tabung reaksi diberi penyanggah. Setelah mencapai suhu kamar, maka isi tabung reaksi dalam hal ini disebut media sudah dapat digunakan untuk memindahkan jamur.
5. Media untuk jamur dimasukkan ke dalam *ent case* yang merupakan tempat untuk memindahkan mikroba
6. Kawat *ose* kemudian dipanaskan diatas permukaan api hingga berpijar, lalu *ose* dimasukkan ke dalam tabung reaksi yang berisi jamur. *Ose* mengait jamur *S. cereviceae* kemudian dipindahkan pada media
7. Setelah jamur *S. cereviceae* dipindahkan ke media yang baru, maka tahap selanjutnya, media tersebut dimasukkan ke dalam *incubator* selama 2 hari.

### 3. Pembuatan Larutan Enzim *A. Amilase*

1. Ditimbang 200 g taugé lalu dicuci dengan air suling. Setelah taugé dicuci, dicampurkan dengan air suling sampai 2000 ml, lalu dimasak selama 20 menit untuk diambil ekstraknya, kemudian dicampurkan dengan ekstrak ragi 20 g, sagu 20 g, dan  $\text{NaH}_2\text{PO}_4$  10 g, kemudian diaduk sampai mendidih.
3. Larutan tersebut didinginkan sampai mencapai suhu kamar, kemudian dimasukkan ke dalam erlenmeyer. Erlenmeyer yang telah berisi larutan tadi di masukan ke dalam *autoclave* selama 15 menit dengan suhu  $121^\circ\text{C}$ .
4. Erlenmeyer yang berisi larutan di keluarkan, dan didinginkan sampai mencapai suhu kamar.
5. Setelah mencapai suhu kamar, larutan tersebut *dishake* selama 3 hari, kemudian dibekukakan.

### 4. Analisa Kadar Pati

1. Ditimbang 1 g contoh sagu, lalu dimasukkan dalam erlenmeyer asah
2. Ditambahkan 150 ml HCl 3 % dan batu didih
3. Menghidrolisis campuran tadi selama 2 jam dengan menggunakan destilator.
4. Hasil hidrolisis dinetralkan dengan NaOH 30 %
5. Campuran yang telah dinetralkan, dimasukkan ke dalam labu ukur 250 ml, lalu disaring menggunakan kertas saring 1 mikron
6. Hasil saringan dipipet 10 ml, lalu dimasukkan ke dalam erlenmeyer asah, ditambahkan 25 ml larutan luff, 15 ml air suling, dan batu didih. Bagian atas



erlenmeyer asah diberi sedikit parafin agar lebih mudah dilepas dari pendingin tegak. Setelah disambungkan ke destilator, dididihkan selama 10 menit

7. Setelah campuran dididihkan pada destilator, lalu dilepaskan dan dibiarkan sampai mencapai suhu kamar. Campuran yang mencapai suhu kamar ditambahkan 2 g KI dan 25 ml  $H_2SO_4$  4 N, lalu dititrasi dengan  $Na_2S_2O_3$  0,1 N. Volume  $Na_2S_2O_3$  contoh yang diperoleh setelah dititrasi adalah 12 ml.

### 5. Penetapan Blanko

1. Memasukkan 25 ml larutan luff, 15 ml air suling, dan batu didih ke dalam erlenmeyer asah, lalu disambungkan ke pendingin tegak, dididihkan selama 10 menit
2. Setelah campuran dididihkan pada pendingin tegak, dilepaskan dan dibiarkan sampai mencapai suhu kamar, kemudian ditambahkan 2 g KI dan 25 ml  $H_2SO_4$
4. N, lalu dititrasi dengan  $Na_2S_2O_3$  0,1 N. Volume  $Na_2S_2O_3$  blanko yang diperoleh setelah dititrasi adalah 24,30 ml.

## 6. Hidrolisis

1. Menimbang masing-masing 9 kali 120 g contoh, lalu dimasukkan ke dalam labu erlenmeyer, menambahkan *aquadest* sampai masing-masing mencapai 500 ml
2. Labu erlenmeyer yang berisi campuran, kemudian dimasak sampai mengental dengan menggunakan *hot plate*, kemudian dibiarkan sampai mencapai suhu kamar.
3. Setelah mencapai suhu kamar, ditambahkan larutan enzim *A. amilase* masing-masing dengan persentase 10%, 20% dan 30%, dimana setiap perlakuan dilakukan 3 ulangan.
4. Bahan yang telah ditambahkan larutan tersebut *dishak* selama 4 hari dengan menggunakan *Shaker*.
5. Setelah 4 hari botol erlenmeyer yang berisi bahan contoh uji di keluarkan, kemudian menyaring bahan tersebut dan mengatur pH (pH = 5) dengan menggunakan kertas pH.

## 7. Analisa Kadar Gula pada Filtrat

1. Mengambil 10 ml filtrat, kemudian dimasukkan ke dalam labu takar 250 ml, lalu dinetralkan
2. Setelah filtrat netral, ditambahkan air suling sampai mencapai 250 ml (pengenceran I)
3. Hasil pengenceran I dipipet 10 ml, lalu dimasukkan ke dalam labu takar dan ditambahkan air suling mencapai 250 ml (pengenceran II)



4. Hasil pengenceran II dipipet 10 ml, lalu dimasukkan ke dalam erlenmeyer asah, ditambahkan 25 ml larutan luff, dan batu didih. Kemudian disambungkan pada destilator, dididihkan selama 10 menit, lalu dilepaskan dan dibiarkan sampai mencapai suhu kamar. Campuran yang telah mencapai suhu kamar kemudian ditambahkan 2 g KI dan 25 ml  $H_2SO_4$  4 N, lalu dititresi dengan  $Na_2S_2O_3$  0,1 N. Volume  $Na_2S_2O_3$  contoh yang diperoleh setelah dititresi adalah 23,55 ml.

## 8. Fermentasi

1. Setelah diketahui kadar gula larutan, maka larutan yang pH mencapai 5 tadi dimasukkan ke dalam 9 botol fermentasi, lalu dipasteurisasi selama 30 menit
2. Proses pasteurisasi selesai, botol fermentasi dikeluarkan dan dibiarkan sampai mencapai suhu kamar
3. Botol fermentasi yang telah mencapai suhu kamar kemudian ditambahkan larutan jamur *S. cereviceae* masing-masing dengan persentase 20%.
4. Setelah itu, botol fermentasi ditutup dengan penutup yang telah disambungkan dengan selang, sedangkan ujung selang dicelupkan ke dalam gelas kimia yang telah berisi air suling. Fermentasi dilakukan sampai tidak munculnya gelembung  $CO_2$  pada filtrat.



## 9. Destilasi

Percobaan ini menggunakan destilasi fraksionasi untuk memisahkan etanol dari alkohol yang tadinya bercampur dengan air. Campuran alkohol dengan air dipanaskan pada suhu  $80^{\circ}\text{C}$ . Uap etanol akan lebih dulu keluar yang kemudian dialirkan melalui pipa yang terendam air sehingga terkondensasi yang menghasilkan etanol cair. Setelah didapat hasilnya, maka langkah selanjutnya adalah melakukan perhitungan kerapatan, kadar etanol, dan rendemen dari etanol yang dihasilkan.

### D. Variabel Pengamatan

#### 1. Kerapatan

Pengujian kerapatan dapat dilakukan dengan cara sebagai berikut:

1. Menimbang kosong gelas kimia 25 ml
2. Memasukkan air suling 1 ml dengan menggunakan pipet mikron
3. Menimbang gelas kimia 25 ml yang berisi air suling
4. Menentukan volume pipet mikron dengan rumus:

$$\text{Volume air suling} = \frac{\text{Berat air suling (cm}^3\text{)}}{\text{BJ air suling pada suhu } 28^{\circ}\text{C (0,99534)}}$$

5. Mengencerkan etanol murni 100% yang telah diketahui berat jenisnya.

Etanol murni 100% diencerkan menjadi 60%, 70%, 80%, dan 90%, lalu masing-masing dimasukkan dalam labu takar 25 ml, kemudian menambahkan air suling hingga 25 ml

6. Memipet larutan etanol yang telah diencerkan tadi 1 ml ke dalam gelas kimia 25 ml dengan menggunakan pipet mikron
7. Menimbang gelas kimia 25 ml yang berisi larutan etanol
8. Menghitung kerapatan dari masing-masing etanol yang diencerkan tadi dengan rumus:

$$\text{Kerapatan} = \frac{\text{Berat etanol yang diencerkan (g)}}{\text{Volume air suling (cm}^3\text{)}}$$

9. Membuat kurva standar (konsentrasi etanol yang diencerkan dengan kerapatan).

## 2. Kadar Etanol

1. Dipipet larutan etanol persentase 10%, persentase 20%, dan persentase 30% yang telah didestilasi 1 ml ke dalam gelas kimia 25 ml dengan menggunakan pipet mikron
2. Menimbang gelas kimia 25 ml yang berisi larutan etanol
3. Menghitung kerapatan dari masing-masing etanol yang didestilasi dengan rumus:

$$\text{Kerapatan} = \frac{\text{Berat etanol (g)}}{\text{Volume air suling (cm}^3\text{)}}$$

4. Menentukan kadar etanol yang diperoleh dari hasil destilasi berdasarkan kurva standar .

### 3. Rendemen etanol

Rendemen etanol dari sagu dapat diketahui dengan menggunakan rumus:

$$R(\%) = \frac{\text{Berat etanol yang dihasilkan (g)}}{\text{Berat bahan baku (g)}} \times 100\%$$

Di mana : Berat etanol yang dihasilkan = Berat etanol setelah destilasi

Berat bahan baku setara pati) = Berat pati (berat tepung kering udara Dengan berat pati kering tanur x kadar

### E. Analisis Data

Rancangan penelitian yang digunakan adalah model RAL (Rancangan Acak Lengkap) menggunakan 3 perlakuan pada proses hidrolisis dengan persentase penambahan enzim *A. amilase* 10% (perlakuan A), 20% (perlakuan B), dan 30% (Perlakuan C), dimana setiap perlakuan diulang sebanyak 3 kali. Variabel pengamatan yang dianalisis adalah kerapatan, kadar etanol, dan rendemen dari etanol yang dihasilkan. Model matematis untuk rancangan RAL menurut Gaspertz (1991) adalah sebagai berikut :

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \epsilon_{ij}$$

Dimana :

$Y_{ij}$  : Nilai pengamatan yang memperoleh perlakuan ke-i

$\mu$  : Rata-rata umum hasil pengamatan

$\tau_i$  : Pengaruh perlakuan ke-i

$\epsilon_{ij}$  : Galat percobaan dari perlakuan ke-i pada pengamatan ke-j

Perlakuan yang berpengaruh terhadap nilai respon, selanjutnya diuji dengan uji beda nyata (BNJ) atau *Tukey test* dengan rumus adalah sebagai berikut:

$$w = q_{\alpha (p, fe)} S\bar{y}$$

Dimana :

w = Nilai uji Tukey (BNJ)

$q_{\alpha}$  = Nilai tabel Tukey

p = Jumlah perlakuan

fe = Derajat bebas galat

$s\bar{y}$  = Galat baku nilai tengah =  $(s^2 / r)^{1/2}$

$s^2$  = Kuadrat tengah galat

r = Jumlah ulangan

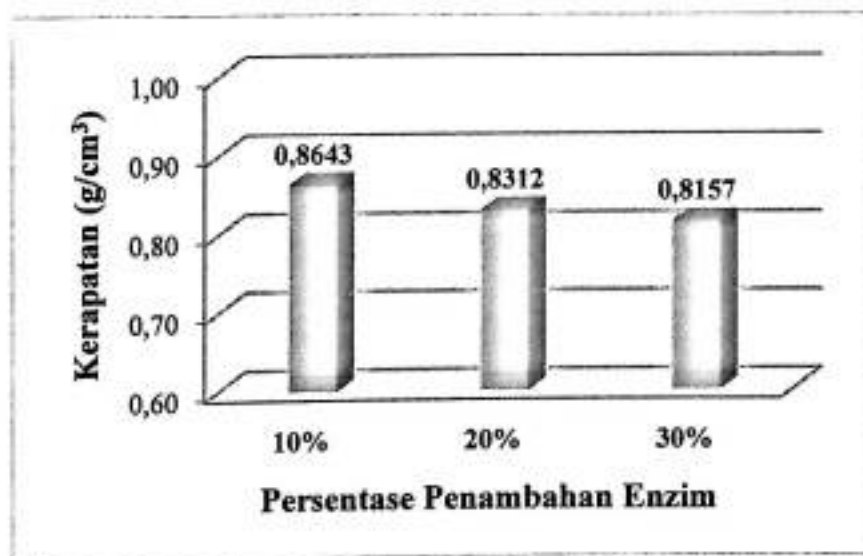
## IV. HASIL DAN PEMBAHASAN



### A. Hasil

#### 1. Kerapatan

Kerapatan etanol yang diperoleh dari hasil hidrolisis sagu dengan menggunakan enzim berkisar antara 0,812%-0,8653% (Lampiran 5) dengan kerapatan rata-rata untuk setiap persentase penambahan enzim *A. amilase* dapat dilihat pada Gambar 2. Hasil analisis ragam seperti pada lampiran 6 yang menunjukkan bahwa persentase penambahan enzim berpengaruh sangat nyata terhadap kerapatan etanol.



Gambar 2. Kerapatan Etanol Pada Setiap Perlakuan Persentase Penambahan enzim *A. amilase*

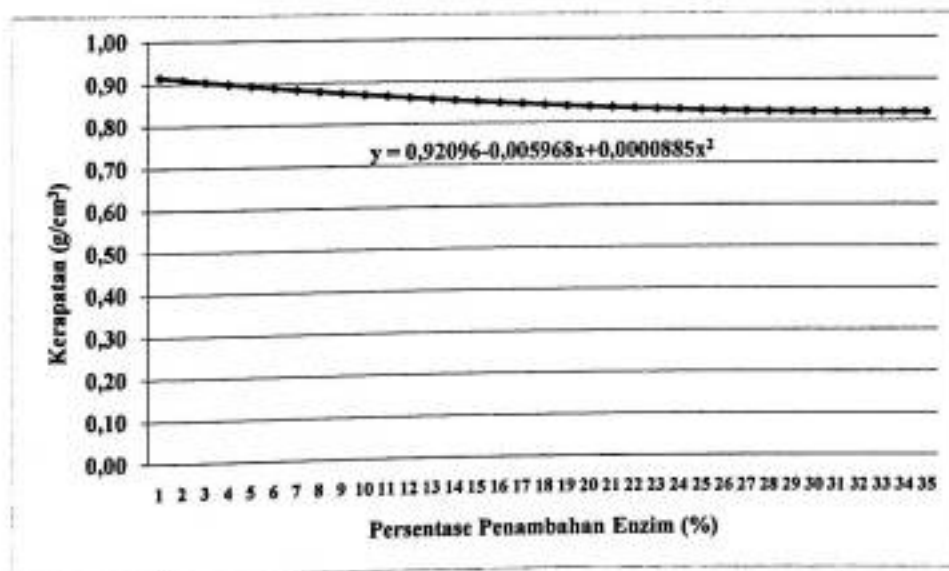
Untuk melihat perbedaan kerapatan di antara perlakuan maka dilakukan uji BNJ yang hasilnya dapat dilihat pada Tabel 2. Hasil uji BNJ pada Tabel 2 menunjukkan bahwa kerapatan etanol sagu berbeda sangat nyata antara persentase penambahan enzim *A. amilase* 10%, 20% dan 30%.

Tabel 2. Hasil Uji Lanjut Perbedaan Kerapatan Etanol Sagu.

Perlakuan Penambahan Jumlah Larutan Enzim	Berat Jenis Rata-Rata Etanol	Hasil Uji BNJ $_{0,01}$ $_{0,017}$
C (10%)	0,8643	a
B (20%)	0,8312	b
A (30%)	0,8157	c

Keterangan: Huruf yang sama berarti berbeda tidak nyata pada taraf 1 %.

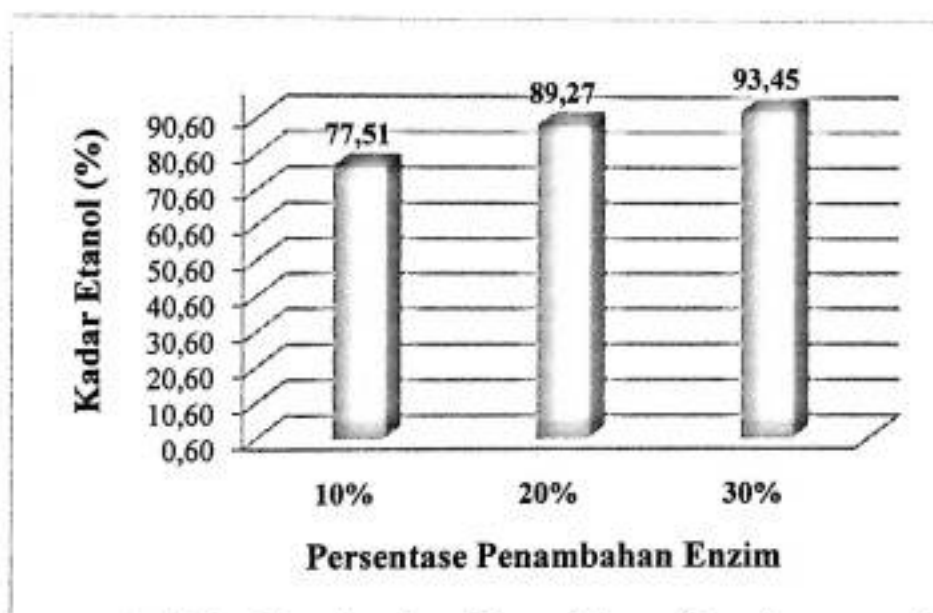
Untuk melihat persamaan pengaruh perlakuan maka dilakukan analisis ortogonal polinomial. Hasil dari persamaan tersebut dapat dilihat pada Gambar 3. Berdasarkan Gambar 3 menunjukkan bahwa pengaruh persentase terhadap kerapatan etanol merupakan fungsi kuadratik. Persamaan kuadratik hubungan antara kerapatan dengan persentase penambahan enzim *A. amilase* adalah  $y = 0,92096 - 0,005968x + 0,0000885x^2$ .



Gambar 3. Kurva Respon Hasil Kerapatan Etanol Sagu

## 2. Kadar Etanol

Kadar etanol yang diperoleh dari hasil hidrolisis sagu berkisar antara 77,08%-94,4% (Lampiran 7) dengan rata-rata kadar etanol untuk setiap perlakuan persentase penambahan jumlah enzim *A. amilase* dapat dilihat pada Gambar 4. Hasil analisis ragam menunjukkan bahwa persentase penambahan enzim berpengaruh sangat nyata terhadap kadar etanol (Lampiran 8).



Gambar 4. Kadar Etanol pada setiap perlakuan Persentase penambahan enzim *A. amilase*.

Untuk melihat perbedaan kadar etanol di antara perlakuan maka dilakukan uji BNJ yang hasilnya dapat dilihat pada Tabel 2. Hasil uji BNJ pada Tabel 2 menunjukkan bahwa kadar etanol sagu berbeda sangat nyata antara perlakuan persentase penambahan enzim *A. amilase* 10%, 20%, dan 30%.

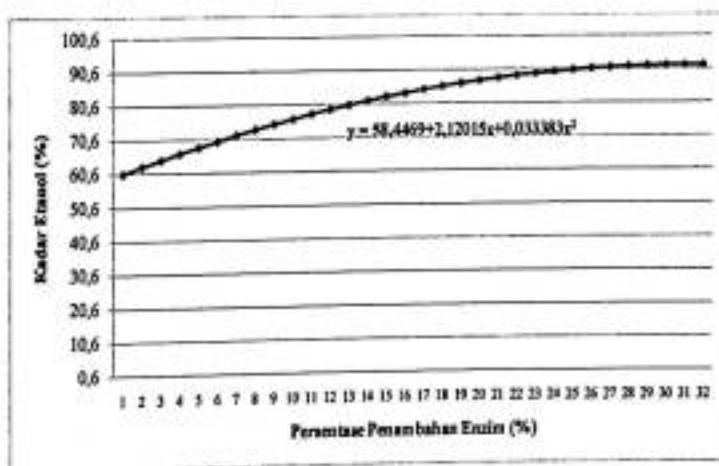


Tabel 3. Hasil Uji Lanjut Perbedaan Kadar Etanol Sagu.

Perlakuan Penambahan Jumlah Larutan Enzim	Kadar Rata-Rata Etanol	Hasil Uji BNJ $\frac{0,01}{5,4477}$
C (30%)	93,45	a
B (20%)	89,27	b
A (10%)	77,51	c

Keterangan: Huruf yang sama berarti berbeda tidak nyata pada taraf 1 %.

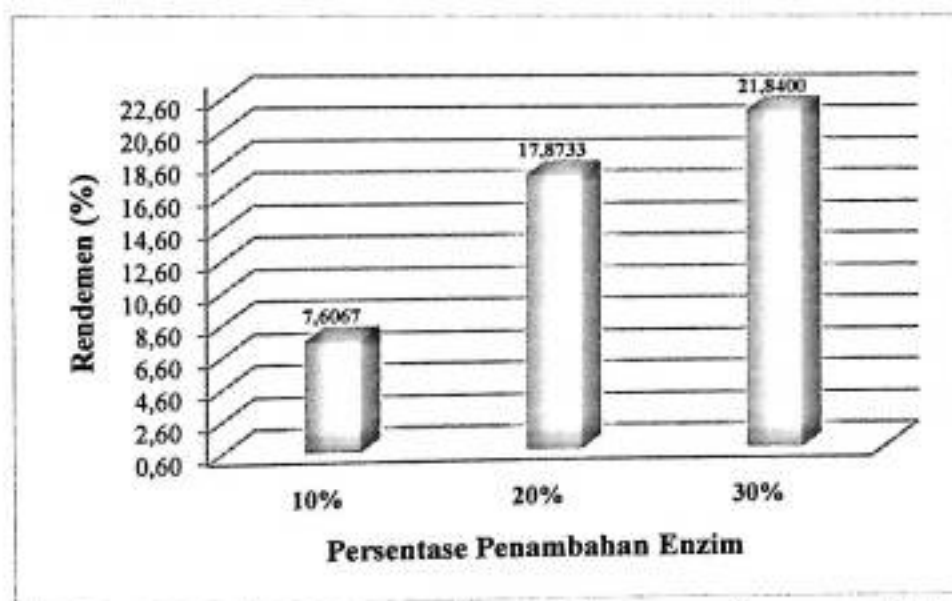
Untuk melihat persamaan pengaruh perlakuan maka dilakukan analisis ortogonal polinomial. Hasil dari persamaan tersebut dapat dilihat pada Gambar 5. Berdasarkan Gambar 5 menunjukkan bahwa pengaruh persentase penambahan enzim terhadap kadar etanol merupakan fungsi kuadrat. Persamaan kuadrat hubungan antara kadar etanol dengan persentase penambahan enzim *A. amilase* adalah  $y = 58,4469 + 2,12015x + 0,03383x^2$ .



Gambar 5. Kurva Respon Hasil Kadar Etanol Sagu

### 3. Rendemen

Rendemen etanol yang diperoleh dari hasil hidrolisis sagu berkisar antara 7,05%-22,62% (Lampiran 9) dengan rata-rata rendemen etanol untuk setiap perlakuan persentase penambahan enzim *A. amilase* dapat dilihat pada Gambar 6. Hasil analisis ragam menunjukkan bahwa persentase penambahan enzim *A. amilase* berpengaruh sangat nyata terhadap rendemen etanol yang dapat dilihat pada Lampiran 10.



Gambar 6. Rendemen pada setiap perlakuan persentase penambahan enzim *A. amilase*.

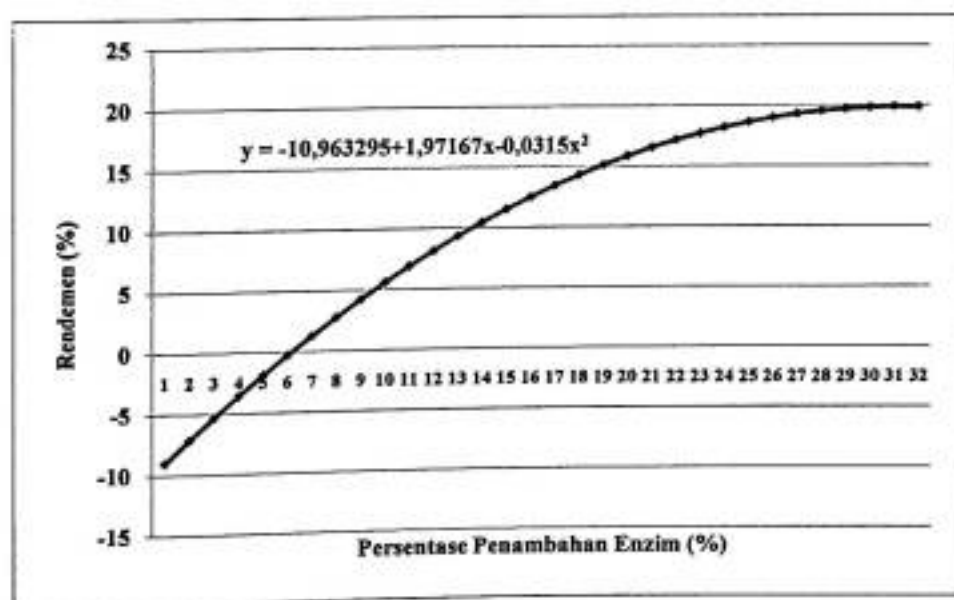
Untuk melihat perbedaan rendemen etanol di antara perlakuan maka dilakukan uji BNJ yang hasilnya dapat dilihat pada Tabel 4. Hasil uji BNJ pada Tabel 4 menunjukkan bahwa rendemen etanol antara perlakuan persentase penambahan enzim *A. amilase* 10%, 20%, dan 30%, masing-masing berbeda sangat nyata.

Tabel 4. Hasil Uji Lanjut Perbedaan Rendemen Etanol Sagu.

Perlakuan Penambahan Jumlah Larutan Enzim	Rendemen Rata-Rata Etanol	Hasil Uji BNJ <sub>0,01</sub> 2,23
C (30%)	21,84	a
B (20%)	17,87	b
A (10%)	7,60	c

Keterangan: Huruf yang sama berarti berbeda tidak nyata pada taraf 1 %.

Untuk melihat persamaan pengaruh perlakuan maka dilakukan analisis ortogonal polinomial. Hasil dari persamaan tersebut dapat dilihat pada Gambar 7. Berdasarkan Gambar 7 menunjukkan bahwa pengaruh persentase penambahan enzim terhadap rendemen etanol merupakan fungsi kuadratik. Persamaan linear hubungan antara rendemen etanol dengan persentase penambahan enzim *A. amilase* adalah  $y = -10,963295 + 1,97167x - 0,0315x^2$ .



Gambar 7. Kurva Respon Hasil Rendemen Etanol Sagu



## B. Pembahasan

### 1. Kerapatan

Berdasarkan hasil analisis ragam (Lampiran 6) menunjukkan bahwa kerapatan etanol sagu sangat tergantung pada pengaruh penambahan enzim *A. Amilase* (Gambar 2). Hal ini menunjukkan bahwa semakin tinggi penambahan jumlah enzim *A. amilase* yang digunakan untuk hidrolisis maka akan semakin rendah kerapatan etanol sagu. Rendahnya kerapatan etanol ini menunjukkan semakin tinggi kadar etanol dengan adanya persentase penambahan enzim. Hal ini disebabkan etanol mempunyai kerapatan lebih kecil daripada air (Martin, 1983). Sehingga semakin rendah kerapatan larutan etanol maka kadar etanol di dalam larutan tersebut semakin tinggi. Semakin tinggi persentase penambahan enzim akan mempercepat proses kerja enzim, sehingga pati yang dikatalis menjadi gula kompleks akan semakin banyak (Saraswati, 2007).

Hasil uji BNJ pada Tabel 2 menunjukkan bahwa dengan penambahan persentase jumlah enzim *A. amilase* pada proses hidrolisis sagu akan memberikan kerapatan yang berbeda-beda antara 10%, 20%, dan 30%. Hal ini mengindikasikan bahwa dengan semakin tinggi persentase penambahan enzim maka cenderung akan semakin rendah kerapatan etanol yang dihasilkan.

Berdasarkan kurva respon hasil kerapatan etanol dapat diketahui hasil persamaan pengaruh perlakuan, dimana semakin tinggi persentase enzim yang diberikan maka semakin rendah kerapatan etanol yang dihasilkan. Hal ini dapat dilihat pada Gambar 2, jumlah penambahan persentase enzim *A. amilase* 1% – 27% cenderung menurun dan 27% – 35% nilai kerapatannya konstan.

## 2. Kadar Etanol

Berdasarkan hasil analisis ragam (Lampiran 7) menunjukkan bahwa kadar etanol sagu sangat tergantung pada persentase penambahan jumlah enzim *A. Amilase* (Gambar 5). Hal ini menunjukkan bahwa semakin tinggi persentase penambahan jumlah enzim *A. Amilase* yang digunakan untuk hidrolisis maka semakin tinggi kadar etanol sagu. Kadar etanol tinggi karena adanya penambahan persentase larutan enzim. Hal ini terjadi karena enzim *Alfa amilase* dapat mengkatalis pati menjadi gula kompleks. Hal ini sesuai dengan pendapat Sardjoko (1991) bahwa enzim *A. amilase* bertindak sebagai katalis untuk mengubah *sukrosa* menjadi *fruktosa* dan glukosa kemudian oleh enzim *zimase* diubah menjadi etanol.

Hasil uji BNJ pada Tabel 3 menunjukkan bahwa dengan penambahan persentase enzim pada proses hidrolisis sagu akan memberikan kadar etanol yang berbeda-beda antara 10%, 20%, dan 30%. Hal ini menunjukkan bahwa dengan semakin tinggi persentase penambahan enzim *A. amilase* maka semakin tinggi pula kadar etanol yang dihasilkan.

Berdasarkan kurva respon hasil kerapatan etanol dapat diketahui hasil persamaan pengaruh perlakuan, dimana semakin tinggi penambahan larutan enzim yang diberikan maka semakin tinggi kadar etanol yang dihasilkan. Hal ini dapat dilihat pada Gambar 2, jumlah penambahan persentase larutan enzim *A. amilase* 1% – 29% cenderung meningkat dan 29% – 32% nilai kadar etanolnya konstan.

### 3. Rendemen

Berdasarkan hasil analisis ragam (Lampiran 9) menunjukkan bahwa rendemen etanol sagu sangat tergantung pada persentase penambahan enzim *A. Amilase* (Gambar 6). Hal ini menunjukkan bahwa dengan semakin tinggi persentase penambahan enzim *A. amilase* yang digunakan untuk hidrolisis maka semakin tinggi pula rendemen etanol sagu yang dihasilkan. Tingginya rendemen etanol ini disebabkan oleh adanya penambahan persentase enzim. Penambahan persentase enzim dapat menghasilkan kerapatan rendah dan kadar etanol yang tinggi, sehingga rendemen yang dihasilkan juga semakin tinggi. Hal ini sesuai dengan pendapat Riyanto (2005), yang menyatakan bahwa rendemen tinggi dapat diperoleh apabila kerapatan etanol rendah dan kadar etanol yang dihasilkan tinggi, dimana dalam hal ini kerapatan etanol rendah dan kadar etanol yang tinggi tersebut diperoleh dari pati sagu yang dikatalis menjadi gula kompleks (glukosa) pada proses hidrolisis yang dilakukan oleh enzim dan glukosa pada substrat yang sebagian besar diubah menjadi alkohol pada saat proses fermentasi yang dilakukan oleh mikroba di dalam substrat tersebut.

Hasil uji BNJ pada Tabel 4 menunjukkan bahwa dengan penambahan persentase enzim pada proses hidrolisis sagu akan memberikan rendemen yang berbeda-beda antara 10%, 20%, dan 30%. Hal ini menunjukkan bahwa dengan semakin tinggi persentase penambahan enzim *A. amilase* maka semakin tinggi pula rendemen yang dihasilkan.

Berdasarkan kurva respon hasil kerapatan etanol dapat diketahui hasil persamaan pengaruh perlakuan, dimana semakin tinggi penambahan larutan enzim yang diberikan maka semakin tinggi rendemen etanol yang dihasilkan. Hal ini dapat di lihat pada Gambar 2, jumlah penambahan persentase larutan enzim *A. amilase* 1% – 29% cenderung meningkat dan 29% – 32% nilai rendemennya konstan.

## V. KESIMPULAN DAN SARAN

### A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan bahwa semakin tinggi persentase penambahan enzim *A. amilase* maka semakin tinggi kadar etanol dan rendemen etanol yang dihasilkan, sedangkan kerapatan etanol semakin rendah.

### B. Saran

Untuk mendapatkan kadar etanol yang lebih tinggi, maka perlu dilakukan destilasi *absorbent*. Perlu diadakan pengujian lebih lanjut tentang sifat fisik dan kualitas etanol yang dihasilkan dari sagu, sebagai bahan pertimbangan untuk memproduksi etanol sebagai bahan bakar alternatif.



## Daftar Pustaka

- Arsyad, H.S., 2007. *Produksi Bioetanol dari Batang Sorgum secara Fermentasi dengan Menggunakan Saccharomices sereviceae*. Jurusan Teknik Kimia, Politeknik Negeri Ujung Pandang, Makassar. (Tidak di Publikasikan).
- Gasperz, V., 1991. *Metode Perancangan Percobaan, untuk Ilmu-ilmu Pertanian, Teknik, dan Biologi*. CV. Armico, Bandung.
- Fatimah, S.L.S., 2007. *Fermentasi Tepung Jagung dengan (Endomycopsis fibuligera) R-64 dan Pemanfaatannya sebagai Pakan Ternak Ayam Berkadar Protein Tinggi*. Jurusan Teknik Kimia, Politeknik Negeri Ujung Pandang, Makassar. (Tidak di Publikasikan).
- Hambali, E., Mudjalipah, S., Tambunan, A.H., Patiwwiri, A.W., Hendroko, R., 2007. *Teknologi Bioenergi*. PT AgroMedia Pustaka, Jakarta.
- Harahap, H., 2003. Karya Ilmiah, *Produksi Alkohol*, Program Studi Teknik Kimia, Fakultas Kimia, Universitas Sumatra Utara.
- Harris. 1987. *Tanaman Minyak Atsiri*. Penebar Swadaya, Jakarta.
- Haris dan Sukri, 2000. *Perancangan Pabrik Sirup Glukosa dari Pati Jagung Berkapasitas 9000 Ton Per Tahun*. Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Muslim Indonesia, Makassar. (Tidak di Publikasikan).
- Haryanto. B dan Pangoli. P., 1992. *Potensi dan Pemanfaatan Sagu*. Penerbit Kanisius, Yogyakarta
- Haygreen, G. J., dan J. L., Bowyer. 1982. *Terjemahan Hasil Hutan dan Ilmu Kayu*. Penerbit Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.
- Judoamidjojo, M., Azis D., dan Sa'id G.E., 1990. *Teknologi Fermentasi*. Rajawali Pers, Jakarta.
- Khiatuddin, M., 2003. *Melestarikan Sumber Daya Air dengan Teknologi Rawa Buatan*. Gadjahmada University Press, Yogyakarta
- Martin, A., Swarbrick, J., dan Cammarata, A. 1983. *Farmasi Fisik*, edisi ke-3. Universitas Indonesia Press, Jakarta.

- Narita, V., 2002. *Super Jamur yang Memiliki Sejarah Luar Biasa*, Harian Kompas, Jakarta.
- Page, D.S., 1989. *Prinsip-prinsip Biokimia*: Edisi Kedua. Erlangga, Jakarta
- Prihandana, Noerwijan K., Adinurani, G.P., Dwi, S., Setiadi S., dan Handoko R., 2007. *Bioetanol Ubi Kayu Bahan Bakar Masa Depan*. Penerbit Agromedia Pustaka, Jakarta
- Prihatman, K., 2000. *SAGU (Metroxylon sp.)*. Sistem Informasi Manajemen Pembangunan di Perdesaan, Proyek PEMD, BAPPENAS, Jakarta.
- Rahman, A., 1992. *Teknologi Fermentasi Industrial*, Kerja Sama dengan Antar Universitas Pangan dan Gizi IPB, Penerbit Arcan, Jakarta.
- Riyanto. 2005. Menimbang Kelayakan Bioetanol sebagai Pengganti Bensin. [Http://www.hangtuah.or.id](http://www.hangtuah.or.id) [5 September 2006].
- Sa'id, G.E. 1987. *Bio-Industri Penerapan Teknologi Fermentasi*. Penerbit Mediyatama Sarana Perkasa, Jakarta.
- Sardjoko, 1991. *Bioteknologi: Latar Belakang dan Beberapa Penerapannya*. PT. Garamedia Pustaka Utama, Jakarta.
- Saraswati, 2006. *Fermentasi Etanol dengan Menggunakan Bakteri Zymomonas mobilis dari Glukosa Hasil Hidrolisa Enzimatik Bagas*. Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri, ITS, Surabaya.
- Soerawidjaja, T. 2006. *Proses Pembuatan Etanol*, Seminar Nasional Biofuel, Implementasi Biofuel sebagai Energi Alternatif. Departemen Energi dan Sumber Daya Mineral, Bogor [Tidak Dipublikasikan].
- Sumaryono, W., 2008. *Seminar Nasional Sagu dan Palma, Pendayagunaannya Sebagai Bahan Cadangan Pangan dan Bahan Baku Industri*. Jakarta.



## DAFTAR ISTILAH

- Alkohol* : Suatu senyawa organik yang mengandung gugus OH yang terkait pada atom C jenuh atau atom C yang bukan dari cincin aromatik.
- Amilase* : Enzim yang mengkatalis hidrolisis amilum, atau fraksi amilum (zat tepung) yang dapat larut dalam air.
- Amilopektin* : Fraksi amilum (zat tepung) yang tidak larut dalam air.
- Enzim* : Suatu protein dengan BM  $10^5 - 10^7$  yang berfungsi sebagai katalis pada berbagai sistem biologi atau dalam proses/reaksi kimia (biokimia) yang spesifik. Contoh : amylase, urea, dan tripsin. Enzim hanya merupakan pemicu perubahan dari suatu zat (substrat) menjadi zat lain (produk) lewat penggabungan dengan substratnya, namun enzim itu sendiri tidak berubah.
- Fruktosa* : ( $C_6H_{12}O_6$ ) jenis gula yang ditemukan dalam sari buah, tanaman matang, madu, dan dalam gula tebu. Berupa heksosa kristalin, dapat larut,  $t_l = 102 - 104^\circ C$ , dan terdapat dalam bentuk piranose bila bebas, bias juga dalam bentuk furanosa bila misalnya bergabung dengan sukrosa.
- Glukosa* : ( $C_6H_{12}O_6$ ) Suatu gula heksosa,  $t_l = 146^\circ C$  yang optis aktif dan ada di dalam sebagai *d*-glukosa dengan 4 atom C asimetris. Ditemukan sebagai unit-unit glukosa dalam sukrosa, pati, dan selulosa. Glukosa diubah dari berbagai karbohidrat dan gula lain. Dalam tubuh manusia menjadi energi.
- Heksosa* : Gula/monosakarida dengan 6 atom C dalam molekulnya.
- Monosakarida* : Gula yang sederhana yang dibagi berdasarkan banyaknya atom C, umumnya mengandung 5 atom C (pentosa) dan 6 (heksosa) walaupun ada juga diosa (2 atom C), triosa (3 atom C) dan seterusnya. Monosakarida tidak dapat lagi terhidrolisis menjadi gula yang lebih sederhana. Monosakarida tidak berwarna, umumnya berasa manis, dan berbentuk hablur.
- Oligosakarida* : Merupakan karbohidrat yang terdiri atas dua monosakarida atau lebih, dan masih memiliki sifat-sifat seperti monosakaridanya (misalnya : larut dalam air dan sedikit larut dalam alkohol, serta praktis tidak larut dalam ester dan dalam pelarut organik tidak polar). Monosakaridanya tidak dihubungkan oleh pembentukan asetat antara gugus aldehida (atau keton) dan gugus hidroksida, contoh oligosakarida, disakarida, trisakarida, dan seterusnya, yang ikatan penggabungannya disebut ikatan glikosida.

- Pati* : Suatu polisakarida penting yang banyak dijumpai dalam tanaman. Oleh enzim tertentu (amilase) pati dapat terurai menjadi gula dan karbohidrat yang sederhana, lalu dimetabolisme untuk memasok energi. Pati yang diekstrak secara komersil dari beras, gandum, biji-bijian, sagu, kentang, terigu, dan sebagainya bukanlah molekul tunggal melainkan suatu campuran 10 – 20 % *amilase* terdiri atas banyak molekul glukosa dan tidak bercabang dan 80 – 90 % *amilopektin* yang tidak larut dalam air.
- Polimer* : Suatu senyawa yang terbentuk dari  $\geq 2$  molekul dengan rantai yang panjang, molekul dan berat molekulnya juga besar. Unit-unit molekulnya dikenal sebagai monomer-monomer yang berkaitan berangkai-rangkai. Monomer ini bias berulang berkali-kali. Jika ada 2 disebut dimer, jika 3 disebut trimer dan seterusnya.
- Polisakarida* : Karbohidrat yang tersusun atas beberapa monosakarida, namun sifatnya sudah berbeda dengan monosakaridanya yang dipertautkan dengan ikatan glikosida.

Sumber :

Arsyad, N., 2001. *Kamus Kimia, Arti dan Penjelasan Ilmiah*. Penerbit Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.

### Lampiran 1. Penentuan Kadar Pati

$$\begin{aligned}\text{Berat Contoh} &= 1,0045 \text{ g} \\ \text{Volume Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \text{ Blanko} &= 24,30 \text{ ml} \\ \text{Volume Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \text{ Contoh} &= 12,00 \text{ ml} \\ \text{Normalitas Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 &= 0,1113 \text{ N} \\ \text{ml Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \text{ 0,1000 N} &= \frac{(\text{ml blanko} - \text{ml contoh}) \times 0,1113}{0,1} \\ &= \frac{(24,30 - 12,00) \times 0,1113}{0,1} \\ &= 13,6899 \text{ ml}\end{aligned}$$

Berdasarkan Daftar Sakar menurut Luff. Schrool :

$$\begin{aligned}\text{Glukosa} &= 13,6899 \text{ ml Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 = 33 \text{ mg} + (0,6899 \times 2,7) \\ &= 33 \text{ mg} + 1,863 \text{ mg} \\ &= 34,86 \text{ mg}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Kadar Pati} &= \frac{\text{mg glukosa} \times \text{fp} \times 0,90}{\text{mg contoh}} \times 100\% \\ &= \frac{34,86 \times 250/10 \times 0,90}{1004,5} \times 100\% \\ &= 78,08 \%\end{aligned}$$

Lampiran 2. Daftar Sakar Menurut Luff-School

DAFTAR SAKAR MENURUT LUFF-SCHROOL

MILIMETER TIO 0,1000 N	GLUKOSA	FRUKTOSA	GALAKTOSA	LAKTOSA	MALTOSA
1	2,4		2,7	3,6	3,9
		2,4	2,8	3,7	3,9
2	4,8		5,3	7,1	7,8
		2,4	2,8	3,7	3,9
3	7,2		8,3	11,0	11,7
		2,5	2,9	3,7	3,9
4	9,7		11,2	14,7	15,6
		2,5	2,9	3,7	4,0
5	12,2		14,1	18,4	19,6
		2,5	2,9	3,7	3,9
6	14,7		17,0	20,0	21,5
		2,5	3,0	3,7	4,0
7	17,2		20,0	25,8	27,5
		2,6	3,0	3,7	4,0
8	19,8		23,0	29,5	31,6
		2,6	3,0	3,7	4,0
9	22,4		26,0	33,2	35,5
		2,6	3,0	3,8	4,0
10	25,0		29,0	37,0	39,5
		2,6	3,0	3,8	4,0
11	27,6		32,2	40,8	43,5
		2,7	3,0	3,8	4,0
12	30,3		35,0	44,0	47,3
		2,7	3,1	3,8	4,1
13	33,0		38,1	48,4	51,6
		2,7	3,1	3,8	4,1
14	35,7		41,2	52,2	55,7
		2,8	3,2	3,8	4,1
15	38,5		44,4	56,3	59,8
		2,8	3,2	3,8	4,1
16	41,3		47,6	59,9	63,9
		2,9	3,2	3,9	4,1
17	44,2		50,8	63,8	68,4
		2,9	3,3	3,9	4,2
18	47,1		54,0	67,7	72,2
		2,9	3,3	4,0	4,3
19	50,0		57,3	71,1	76,5
		3,0	3,4	4,0	4,4
20	53,0		60,7	75,7	80,9
		3,0	3,5	4,1	4,5
21	56,0		64,2	79,8	85,4
		3,0	3,5	4,1	4,6
22	59,1		67,7	83,9	90,0
		3,0	3,6	4,1	4,5
23	62,3		71,3	88,0	94,6

Lampiran 3. Penentuan Kadar Gula pada Filtrat yang telah di Hidrolisis

Berat Contoh = 120 g  
Volume Na<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>3</sub> Blanko = 24,30 ml  
Volume Na<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>3</sub> Contoh = 23,55 ml  
Normalitas Na<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>3</sub> = 0,1113 N

Kadar Gula =  $\frac{(\text{ml blanko} - \text{ml contoh}) \times 0,1113}{0,1}$   
=  $\frac{(24,30 - 23,33) \times 0,1113}{0,1}$

= 1,079 ml

mg Gula = 1,079 ml x 2,5  
= 2,697 x fp  
= 2,697 x 625  
=  $\frac{1685,9375}{100}$   
= 16,8593 mg

Lampiran 4. Hasil Berat Etanol pada Berbagai persentase Penambahan Enzim  
*A. Amilase*

Perlakuan persentase Penambahan Enzim	Ulangan	Berat Etanol (g)
A (10%)	1	8,58
	2	7,58
	3	8,37
	Total	24,53
	Rata-rata	8,176
B (20%)	1	20,05
	2	18,49
	3	19,07
	Total	57,61
	Rata-rata	19,203
C (30%)	1	24,31
	2	22,67
	3	23,43
	Total	70,41
	Rata-rata	23,47



Lampiran 5. Hasil Kerapatan pada Berbagai persentase Penambahan Enzim  
*A. Amilase*

Perlakuan persentase Penambahan Enzim	Ulangan	Kerapatan (g/cm <sup>3</sup> )
A (10%)	1	0,8653
	2	0,8617
	3	0,8659
	Total	2,5929
	Rata-rata	0,8643
B (20%)	1	0,8298
	2	0,8312
	3	0,8325
	Total	2,4935
	Rata-rata	0,8312
C (30%)	1	0,8158
	2	0,8194
	3	0,812
	Total	2,4472
	Rata-rata	0,8157

Lampiran 6. Hasil Analisis Ragam Kerapatan pada Berbagai persentase Penambahan Enzim *A. Amilase*

Sumber Keragaman	DB	JK	KT	F <sub>Hitung</sub>	F tabel	
					5%	1%
Perlakuan	2	0,003695	0,002	268,036**	5,994	13,74
Galat	6	0,000414	0,0000689			
Total	8	0,004				

Keterangan \*\*: Berpengaruh Sangat Nyata

Lampiran 7. Hasil Kadar Etanol pada Berbagai persentase Penambahan Enzim  
*A. Amilase*

Perlakuan persentase Penambahan Enzim	Ulangan	Kadar Etanol (%)
A (10%)	1	68,99
	2	67,05
	3	67,69
	Total	203,73
	Rata-rata	67,91
B (20%)	1	88,92
	2	88,26
	3	88,73
	Total	265,91
	Rata-rata	88,63
C (30%)	1	90,01
	2	91,32
	3	91,71
	Total	273,04
	Rata-rata	91,01

Lampiran 8. Hasil Analisis Ragam Kadar Etanol pada persentase Penambahan Enzim *Amilase*

Sumber Keragaman	DB	JK	KT	$F_{Hitung}$	F tabel	
					5%	1%
Perlakuan	2	409,719	204,860	400,282**	5,994	13,74
Galat	6	3,071	0,512			
Total	8	973,1465	-	-	-	-

Keterangan \*\*: Berpengaruh Sangat Nyata

Lampiran 9. Hasil Rendemen pada Berbagai persentase Penambahan Enzim  
*A. Amilase*

Perlakuan Persentase	Ulangan	Rendemen (%)
A (10%)	1	4,01
	2	3,65
	3	4,24
	Total	11,9
	Rata-rata	3,96
B (20%)	1	7,55
	2	6,62
	3	6,99
	Total	21,16
	Rata-rata	7,05
C (30%)	1	8,83
	2	8,59
	3	9,10
	Total	26,52
	Rata-rata	8,84

Lampiran 10. Hasil Analisis Ragam Rendemen pada persentase Penambahan Enzim *Amilase*

Sumber Keragaman	DB	JK	KT	F <sub>hitung</sub>	F tabel	
					5%	1%
Perlakuan	2	323,727	161,863	357,771**	5,994	13,74
Galat	6	2,715	0,452			
Total	8	326,441	-	-	-	-

Keterangan \*\* : Berpengaruh Sangat Nyata

Lampiran 11. Kurva Standar

