

**Kerapatan, Kadar Etanol, dan Rendemen dari
Sagu (*Metroxylon sagus* Rottb.)
dengan Fermentasi Menggunakan
*Saccharomyces cerevisiae***

OLEH

**FATMAWATI
M 121 03 025**



PERPL	
PL	31-juli
Area	Kebun
Gambar	1/18
Barang	Handis
No. Inventaris	119
No. Klas	SKP - KH08

FAT
k.

**PROGRAM STUDI TEKNOLOGI HASIL HUTAN
FAKULTAS KEHUTANAN
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
2008**

HALAMAN PENGESAHAN

Judul : **Kerapatan, Kadar Etanol, dan Rendemen dari Sagu (*Metroxylon sagus* Rottb.) dengan Fermentasi Menggunakan *Saccharomyces cerevisiae***

Nama : **Fatmawati**

NIM : **M 121 03 025**

Program Studi : **Teknologi Hasil Hutan**

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

pada

Program Studi Teknologi Hasil Hutan
Fakultas Kehutanan
Universitas Hasanuddin

**Menyetujui
Komisi Pembimbing,**

Pembimbing I

Andi Detti Yuniarti, S. Hut., M.P

Pembimbing II

Ir. Baharuddin, M.P.

Mengetahui,

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

**Ir. Beta Putranto, M. Sc
Nip. 136 792 980**

Tanggal Lulus : 22 Juli 2008

ABSTRAK

Fatmawati (M 121 03 025). Kerapatan, Kadar Etanol, dan Rendemen dari Sagu (*Metroxylon sagus* Rottb.) dengan Fermentasi Menggunakan Jamur *Saccharomyces cereviceae*. (di bawah bimbingan Andi Detti Yunianti dan Baharuddin).

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kerapatan, kadar etanol, dan rendemen dari sagu dengan fermentasi menggunakan jamur *S. cerevisiae* 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 jamur *S. cereviceae*, hidrolisis, analisa kadar gula pada filtrat, fermentasi, dan destilasi.

Penelitian ini menggunakan persentase penambahan larutan jamur *S. cereviceae* 10% sebanyak 45 ml, 20% sebanyak 90 ml, dan 30% sebanyak 135 ml. Setelah dilakukan fermentasi pada filtrat, maka 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 jamur *S. cereviceae* 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 **Abd. Rahman** dan Ibunda **Hj. Saripa** yang selalu mendo'a kan penulis dengan tulus dan ikhlas. Saudara – saudaraku tercinta **Wahyuni, Nurhidaya** dan **Dini Hardianti** serta seluruh keluarga besar di Palopo
2. Ibu **Andi Detti Yunianti, S. Hut., M.P** dan Bapak **Ir. Baharuddin, 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 **Ir. Bakri, M.Sc** dan Ibu **Ira Taskirawati, S.Hut., M.Si** 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 "*Etanol Crew*" : **Lut Irwan Mopo, Ferawati Husen, Ulu Sultra, Asrianty, Sastrawati Lappi, Rr. Diah Nawangsari, Yulia Sartika Yusuf, Ali, dan Muh. Taufan.** Peserta KKN Profesi Gelombang XII (Bontomanai, Laiya, Maros) dan 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.**
9. Teman-temanku Angkatan 03 dan Kanda-kandaku : **Heru, A. Md., Waode Nurhalfi, Misra, Mirta, Yuki, Emmank, Erik, Aryanto, dan Edwin.**
10. Sahabat dan Adik-adikku di Biro Khusus Belantara Kreatif ; **Hasriany Umar, S. Hut., Sugihartini, S. Hut., Adrayanti Sabar, S. Hut., Irnawati Baba, S. Hut.,Isnaeni, S. Hut., Iswan Ma'bud, Jala, Ernawati, Aslani, Amhin, Edhy Kyoto, Maharani, Fitri, Jum, Andriadi, Kalimin, Bahra Rapid, Ira, Didin, Adhe, Randhy, Erdy, Uki, Uchy, Nonho, Ismiyanti, Mahdi, Wira, Nining, Arhy, Ai', Cici, Madan, Ewink, Ino, Iip, Nur, Hutri, Indra, Naufal, Asrul, Taufik, dan Udhin**
11. Spesial untuk **Karnado, S. Hut** yang selalu setia membantu dan memberikan *motivasi* kepada penulis dalam penyelesaian skripsi ini
12. 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. Deskripsi Tanaman Sagu (<i>Metroxylon Sagus</i> Rottb.)	4
	B. Perolehan Aci Sagu.....	6
	C. Sagu Sebagai Penghasil Pati.....	7
	D. Bahan Baku dan Proses Pembuatan Etanol	
	1. Bahan Baku.....	9
	2. Proses Pembuatan Etanol	
	a. Hidrolisis.....	10
	b. Fermentasi.....	10
	c. Destilasi.....	12
	E. Etanol.....	13
	F. Kerapatan.....	14

G. Rendemen.....	14
III. METODE PENELITIAN	
A. Waktu dan Tempat	16
B. Alat dan Bahan	
1. Alat.....	16
2. Bahan.....	17
C. Prosedur Kerja	
1. Persiapan Bahan Baku.....	17
2. Peremajaan Jamur <i>S. cereviceae</i>	17
3. Analisa Kadar Pati.....	18
4. Penetapan Blanko.....	19
5. Larutan Jamur <i>S. cereviceae</i>	20
6. Hidrolisis.....	21
7. Analisa Kadar Gula pada Filtrat.....	21
8. Fermentasi.....	22
9. Destilasi.....	23
D. Variabel Pengamatan	
1. Kerapatan.....	23
2. Kadar Etanol.....	24
3. Rendemen	25
E. Analisis Data	25
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	
A. Hasil	
1. Kerapatan.....	27
2. Kadar Etanol.....	29
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.	Proses Perombakan Pati menjadi Etanol.....	8
2.	Diagram Alir Tahap-Tahap Pemrosesan Etanol dari Berbagai Bahan Baku...	9
3.	Kerapatan pada Setiap Perlakuan Persentase Penambahan Larutan Jamur <i>S. cereviceae</i>	27
4.	Kurva Respon Hasil Kerapatan Etanol Sagu.....	29
5.	Kadar Etanol pada Setiap Perlakuan Persentase Penambahan Larutan Jamur <i>S. cereviceae</i>	30
6.	Kurva Respon Hasil Kadar Etanol Etanol Sagu.....	31
7.	Rendemen pada Setiap Perlakuan Persentase Penambahan Larutan Jamur <i>S. cereviceae</i>	32
8.	Kurva Respon Hasil Rendemen Etanol Sagu.....	33

DAFTAR TABEL

No.	Teks	Halaman
1.	Hasil Uji Lanjut Perbedaan Kerapatan Etanol Sagu.....	28
2.	Hasil Uji Lanjut Perbedaan Kadar Etanol Sagu.....	30
3.	Hasil Uji Lanjut Perbedaan Rendemen Etanol Sagu.....	33

DAFTAR LAMPIRAN

No.	Teks	Halaman
1.	Penentuan Kadar Pati.....	46
2.	Daftar Sakar Menurut Luff-Schrool.....	47
3.	Penentuan Kadar Gula pada Filtrat yang Telah Terhidrolisis.....	48
4.	Hasil Berat Etanol pada Berbagai Persentase Penambahan Larutan Jamur <i>S. cereviceae</i>	49
5.	Hasil Kerapatan pada Berbagai Persentase Penambahan Larutan Jamur <i>S. cereviceae</i>	50
6.	Hasil Analisis Ragam Kerapatan pada Berbagai Persentase Penambahan Larutan Jamur <i>S. cereviceae</i>	50
7.	Hasil Kadar Etanol pada Berbagai Persentase Penambahan Larutan Jamur <i>S. cereviceae</i>	51
8.	Hasil Analisis Ragam Kadar Etanol pada Berbagai Persentase Penambahan Larutan Jamur <i>S. cereviceae</i>	51
9.	Hasil Rendemen pada Berbagai Persentase Penambahan Larutan Jamur <i>S. cereviceae</i>	52
10.	Hasil Analisis Ragam Rendemen pada Berbagai Persentase Penambahan Larutan Jamur <i>S. cereviceae</i>	52
11.	Kurva Standar.....	53
12. a.	Pohon Sagu.....	54
b.	Tempat Pengendapan Sagu.....	54
13.a.	Uji Kadar Gula pada Filtrat.....	54
b.	Uji kadar Pati pada Sagu.....	54
14. a.	Memasukkan Jamur <i>S. cereviceae</i> pada Filtrat.....	55
b.	Larutan Jamur <i>S. cereviceae</i>	55

15. a. Alat <i>Autoclave</i>	55
b. Filtrat yang telah di Hidrolisis.....	55
16. a. Proses Fermentasi.....	56
b. Alat Destilasi Fraksionasi.....	56
17. a. Etanol dari Sagu.....	56
b. Menimbang Berat Etanol dari Sagu.....	56



I. PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Lahan hutan sagu di Indonesia yang dibudidayakan penanamannya mencapai luasan 114.000 ha, sedangkan semibudidayanya seluas 1.250.000 ha yang tersebar di Kepulauan Riau, Mentawai, Sumatra, Kalimantan, Sulawesi, Maluku, dan Papua. Sagu di Indonesia pada umumnya tumbuh secara alami, belum dibudidayakan secara intensif, dari produksi sagu saat ini yang mencapai 200.000 ton pertahun, hanya 56% yang dimanfaatkan dengan baik (Hambali, dkk., 2007).

Walaupun demikian, dalam perkembangan terakhir kebutuhan sagu sebagai bahan baku dapat dimanfaatkan untuk berbagai macam industri (pangan, tekstil, kosmetik, perekat, bahan kimia, dan bahan bakar etanol). Tanaman sagu lebih menarik pemanfaatannya sebagai bahan baku etanol karena selain mengandung karbohidrat pada bagian batang yang tinggi yaitu 85,9%, juga pertumbuhannya menggunakan anakan sehingga setelah panen tidak perlu menanam lagi, tetapi hanya melakukan pemeliharaan tanaman (Soeranto, 2004).

Secara umum produksi etanol mencakup tiga rangkaian proses, yaitu persiapan bahan baku, fermentasi dan destilasi. Pati sagu tidak dapat langsung ditambahkan mikroorganisme, tetapi dikonversi terlebih dahulu menjadi glukosa dengan menggunakan zat pembantu untuk mempercepat proses hidrolisis. Zat

pembantu yang dipergunakan dalam proses hidrolisis dapat menggunakan enzim atau asam (Suriawiria, 2007).

Mikroorganisme yang dapat digunakan untuk fermentasi yaitu: bakteri (*Clostridium acetobutylicum*, *Klebsiella pneumoniae*, *Leuconoctoc mesenteroides*, *Sarcina ventriculi*, dan *Zymomonas mobilis*) dan jamur (*Aspergillus oryzae*, *Endomyces lactis*, *Kloeckera sp.*, *Kluyreromyces fragilis*, *Rhizopus sp.*, *S. cerevisiae*, *S. roxii* dan *Torula sp.*). Fermentasi merupakan salah satu bentuk respirasi dalam lingkungan *anaerob* dengan tanpa *akseptor eksternal* (Suriawiria, 2007). Kebanyakan fermentasi etanol skala komersial sekarang ini dilakukan oleh jamur *S. cerevisiae*, karena dapat bekerja pada kondisi netral ataupun sedikit asam pada kondisi *anaerob*. *S. cerevisiae* menghasilkan enzim *invertase* dan *zimase*. Enzim *invertase* bertindak sebagai katalis untuk mengubah *sukrosa* menjadi *fruktosa* dan glukosa. *Fruktosa* dan glukosa kemudian bereaksi dengan enzim *zimase* yang mengubah fruktosa dan glukosa menjadi etanol dan karbondioksida (Sardjoko, 1991).

Pembuatan etanol dengan bahan baku ubi kayu yang menggunakan jamur *S. cerevisiae* telah dilakukan oleh Soerawidjaja (2006). Konsentrasi jamur *S. cerevisiae* pada ubi kayu yang baik adalah 20%, dengan menghasilkan kadar etanol 96% dengan kerapatan $0,814 \text{ g/cm}^3$, dan rendemen 20%. Berdasarkan hal tersebut, maka perlu dilakukan penelitian pada bahan yang berbeda yaitu tentang sagu.

B. Tujuan dan Kegunaan

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kerapatan, kadar etanol, dan rendemen dari sagu dengan fermentasi menggunakan jamur *S. cerevisiae* pada berbagai persentase penambahan. Penelitian ini diharapkan dapat berguna sebagai bahan pertimbangan untuk memproduksi etanol sebagai bahan bakar alternatif.

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Deskripsi Tanaman Sagu (*Metroxylon sagus* Rottb.)

Sagu masuk dalam famili *Palmae*, yang dikenal dengan banyak nama daerah seperti *kirai* di Jawa Barat, *lapia* atau *napia* di Ambon, *tumba* di Gorontalo, *pogalu* atau *tabaro* di Toraja, dan *rambiam* atau *rabi* di Kepulauan Aru. Secara garis besar sagu digolongkan dalam dua golongan, yaitu yang hanya berbunga atau berbuah sekali dan yang berbunga atau berbuah dua kali atau lebih (Manan, *et. al.*, 1984). Golongan pertama sangat penting nilai ekonominya karena kandungan aci sagu tinggi. Golongan ini terdiri atas lima spesies yaitu *M. rumphii* Martius, *M. sagus* Rottbol, *M. sylvester* Martius, *M. longispinum* Martius, dan *M. micracantum* Martius. Golongan kedua terdiri atas species *M. filarae* dan *M. elatum*, yang banyak tumbuh di dataran yang relatif tinggi sehingga kandungan aci yang dihasilkan rendah (Rumalatu, 1981).

Tanaman sagu di Halmahera, Seram, dan Buru menyebar ke arah utara sampai ke Mindanao, kemudian kearah timur sampai ke pulau Vanikoro, ke selatan sampai di Kepulauan Aru, Pulau Damer dan Pulau Timor, dan ke barat sampai ke Sulawesi terutama di pesisir timur. Selanjutnya menyebar ke Kalimantan, Pulau Natuna, Kepulauan Riau, Sumatra, pulau-pulau sebelah barat Sumatra, Jawa, Malaysia dan Singapura. Spesies yang menyebar ke arah timur adalah *M. rumphii* Martius dan yang menyebar ke bagian barat adalah *M. sagus* Rottbol (Flach, 1977).

Species *M. sagus* Rottbol penyebarannya hampir dapat diperoleh di seluruh Indonesia dan juga memiliki kandungan aci yang tinggi. Bentuk pohon sagu pada spesies ini tegak dan kuat, tinggi batang 10-14 m dengan batang bagian bawah umumnya mempunyai kandungan pati lebih tinggi daripada bagian atas, diameter batang berukuran 40-60 cm. Tajuk tersusun atas 16 tangkai daun yang menyirip, yang panjangnya 4,5 m dengan anak-anak daun sebanyak 50-60 pasang yang panjang daunnya 1,5 m dan lebar daun 7 cm. Munculnya bunga menandakan bahwa sagu tersebut telah mendekati daur pertumbuhannya. Fase ini didahului dengan munculnya daun bendera yang ukurannya lebih pendek daripada daun-daun sebelumnya. Buah sagu berbentuk bulat menyerupai buah salak dan mengandung biji *fertil* (Flach, 1977). Bagian empulur pada batang sagu lunak dan berwarna putih. Anakan muda tumbuh dari akar-akar utama dan membentuk rumpun (Johnson, 1977).

Penyebaran sagu di Sulawesi Selatan, khususnya jenis *M. sagus* Rottbol, berpusat di Kabupaten Luwu, dengan luas mencapai 29.500 ha, tersebar di sembilan kecamatan yaitu Kecamatan Masamba, Wotu, Malangke, Bonc-Bonc, Larompong, Bupon, Bara, Suli, dan Wara. Produksi sagu dari daerah ini mencapai sekitar 70.000 ton per tahun (Pangloli dan Haryanto, 1982).

Lingkungan yang baik untuk pertumbuhan sagu adalah pada daerah yang berlumpur, di mana akar nafas tidak terendam. Apabila akar nafas terendam terus menerus, pertumbuhan sagu terhambat, sehingga akan menghambat pembentukan karbohidrat berupa pati dalam pokok batang sagu (Flach, 1977). Sagu mampu tumbuh pada lahan yang memiliki keasaman tinggi. Pertumbuhan sagu juga

dipengaruhi oleh adanya unsur hara yang disuplai dari air tawar yang kadar garamnya tidak terlalu tinggi (Soemarno dan Sastrahidayat, 1989).

Tanaman sagu mulai membentuk batang pada umur 3 tahun. Sebelum batang terbentuk, anakan sagu yang dipertahankan diusahakan tidak terlalu banyak, tetapi setelah batang mulai terbentuk, jumlah anakan yang dipertahankan tumbuh adalah 2 pohon dalam setiap 3 tahun, atau 3-4 pohon untuk setiap fase pertumbuhan, sehingga dari setiap rumpun sagu dapat di panen 2 pohon sagu dalam setiap 3 tahun, atau dalam satu hektar jumlah pohon sagu yang dapat di panen rata-rata 60 batang setiap tahun, dengan demikian, kesinambungan suplai bahan baku batang sagu dapat dipertahankan (Flach, 1977).

B. Perolehan Aci Sagu

Kandungan aci dalam batang sagu berbeda-beda, tergantung umur, jenis dan lingkungan tempat sagu itu tumbuh. Makin tua umur tanaman sagu, kandungan aci dalam empulur makin besar, sedangkan pada umur tertentu kandungan aci tersebut akan menurun. Penurunan kandungan aci biasanya ditandai dengan mulai terbentuknya primordia bunga dimana pada fase ini, kandungan pati mulai menurun karena dipergunakan sebagai energi untuk proses pembentukan bunga dan buah. Setelah pembungaan dan pembentukan buah, batang akan menjadi kosong, kemudian pohon sagu akan mati (Flach, 1977).



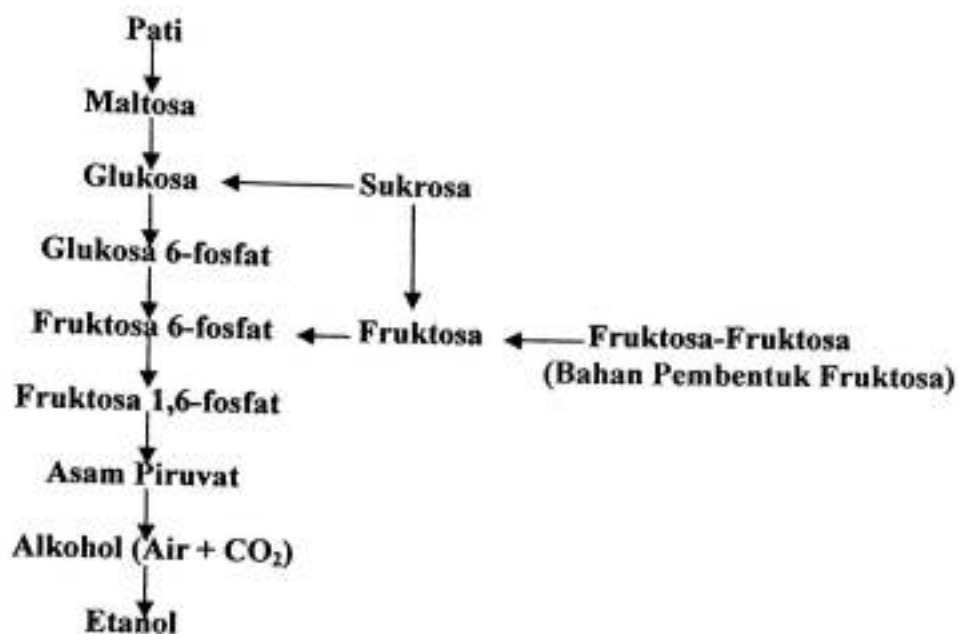
Cara ekstraksi aci sagu yang dilakukan di daerah penghasil sagu di Indonesia saat ini dapat dikelompokkan atas cara ekstraksi tradisional, ekstraksi semi mekanis, dan ekstraksi secara mekanis. Cara tradisional berupa penebangan pohon sagu dengan menggunakan peralatan sederhana seperti kampak atau parang, potongan pohon tersebut kemudian dibelah dua, belahan pohon sagu diserut dengan suatu alat yang disebut *nanni*. Empulur pohon sagu dijaga agar tetap kering. Hasil serutan empulur yang disebut *ela*, dikumpulkan kemudian disaring. *Ela* disiram dengan air bersih, lalu disaring dengan menggunakan *goti*. Air siraman dari *ela* tadi akan keluar bersama aci sagu, kemudian diendapkan. Hasil endapan dipisahkan dari air yang sudah mulai jernih, sehingga diperoleh aci sagu basah. Cara semi mekanis pada prinsipnya sama dengan ekstraksi aci secara tradisional, tetapi dalam ekstraksi semi mekanis sebagian proses telah menggunakan alat atau mesin. Penghancuran empulur sagu menggunakan mesin pamarut, peremasan untuk melepaskan aci dari serat-serat empulur menggunakan alat berupa bak atau tangki dengan pengaduk mekanik, demikian pula pemisahan aci dilakukan dengan saringan yang digerakkan motor *dissel*. Cara mekanis memiliki peralatan yang digerakkan secara mekanis dan merupakan sistem yang *continue* sehingga merupakan sebuah pabrik. Pabrik-pabrik yang sudah modern proses pengendapan aci dilakukan dengan alat berupa *centrifuge* atau *dekanter*, dan pengeringannya menggunakan alat pengering buatan (Pangloli dan Haryanto, 1982).

C. Sagu Sebagai Penghasil Pati

Tanaman sagu dapat dipanen untuk diambil patinya pada umur 6 sampai 7 tahun, pada saat ujung batang mulai membengkak, disusul keluarnya selubung bunga dan pelepah daun berwarna putih terutama bagian luarnya mengeluarkan bakal buah. Tanaman akan kurang mengandung pati jika panen dilakukan pada saat tanaman telah membentuk buah (Soeranto, 2004). Budidaya sagu ditanam di lahan marginal (rawa) dan hanya melakukan pemeliharaan tanaman (Prihandana, dkk., 2007).

Golongan utama pada karbohidrat salah satunya adalah pati. Pati disimpan di dalam buah, biji, batang, dan akar pada tumbuhan. Bila pati dirombak, maka akan menghasilkan banyak molekul glukosa (Subroto dan Agustin, 2005). Pati merupakan butiran atau granula yang berwarna putih mengkilat, tidak berbau, dan tidak mempunyai rasa. Granula pati mempunyai bentuk dan ukuran yang beraneka ragam, tetapi pada umumnya berbentuk bola atau elips. Pati sagu berbentuk elips (*prolate ellipsoidal*) dengan ukuran 5-80 mm (Brautlecht, 1953). Penumpukan karbohidrat sebagai hasil proses fotosintesis mencapai tingkat maksimal dalam semua jaringan batang sagu pada saat sagu mencapai umur dewasa sampai panen, sehingga pada tingkat umur ini kambium mengandung aci yang tinggi. Struktur empulur secara mikroskopis terdiri dari butiran-butiran dan serat-serat halus. Bentuk butiran ini bulat telur dan pinggirnya ada yang tidak rata, sedangkan serat-serat empulur sangat halus (Rumalatu, 1981).

Menurut Suriawiria, (2007), pati memiliki polimer glukosa dengan rumus umum $C_6H_{10}O_5$. Proses perombakan pati menjadi etanol dapat dilihat pada Gambar 1 sebagai berikut :



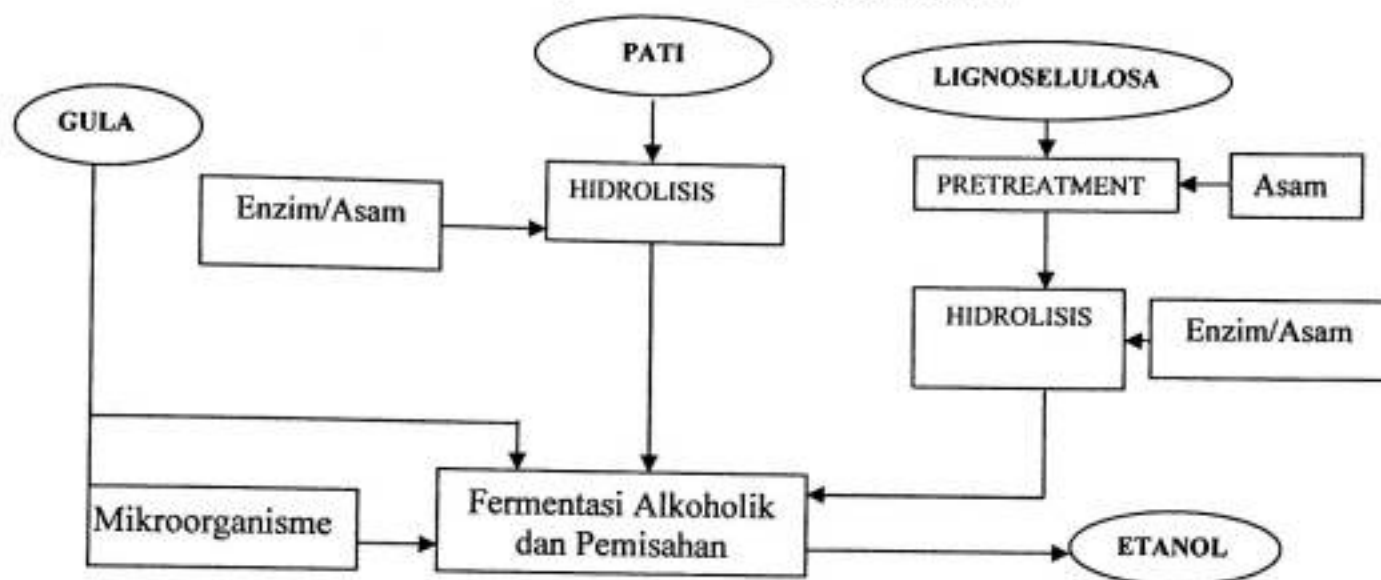
Gambar 1. Proses Perombakan Pati menjadi Etanol (Suriawiria, 2007)

D. Bahan Baku dan Proses Pembuatan Etanol

1. Bahan Baku

Subtrat yang dapat difermentasi menjadi alkohol terdiri atas: 1. bahan bergula (*sugary materials*) yaitu: tebu dan sisa produknya (*molase, bagase*); 2. bahan berpati (*starchy materials*) yaitu: tapioka, maizena, gandum, padi, sagu, jagung, ubi kayu, dan kentang; 3. bahan berlignoselulosa (*lignosellulosic material*) yaitu: sumber selulosa dan lignoselulosa berasal dari limbah pertanian dan kayu (Soerawidjaja, 2006).

Menurut Soerawidjaja (2006), pati yang memiliki kandungan gula dapat diketahui dengan menggunakan proses hidrolisis asam atau enzim, dimana dapat langsung dicampurkan pada tepung pati, sehingga gula kompleks pada pati akan dirombak menjadi gula sederhana. Secara umum, diagram alir pembuatan etanol dari berbagai bahan baku dapat dilihat pada Gambar 2 sebagai berikut :



Gambar 2. Diagram Alir Tahap-Tahap Pemrosesan Etanol dari Berbagai Bahan Baku (Soerawidjaja, 2006).

2. Proses Pembuatan Etanol

a. Hidrolisis

Bahan baku tanaman yang mengandung pati dikonversi terlebih dahulu menjadi glukosa dengan menggunakan zat pembantu untuk mempercepat proses hidrolisis. Zat pembantu yang dipergunakan dalam proses hidrolisis dapat menggunakan enzim atau asam. Hidrolisis menggunakan enzim akan rusak bila suhu



tinggi, hanya dapat dipanaskan pada suhu 90°C , sedangkan hidrolisis asam dapat dipanaskan sampai mencapai suhu 121°C (Suriawiria, 2007).

Hidrolisis asam dapat dilakukan dengan penambahan larutan secara langsung atau melalui proses pengenceran asam terlebih dahulu, karena kepekatan larutan dapat menurunkan bahkan mematikan keaktifan sistem hidup. Mikroorganisme dapat hidup dengan pH 4,5-5,5. Setelah dilakukan penambahan langsung atau proses pengenceran, maka ditambahkan larutan *buffer* agar dapat mempertahankan pH lingkungannya dari pengaruh penambahan sedikit asam/basa kuat. Terbentuk endapan protein merupakan ciri suatu reaksi telah terjadi. Hidrolisis dipengaruhi oleh pH, suhu, dan waktu, dapat dipercepat oleh panas pada pH rendah (Mulyono, 2006).

b. Fermentasi

Fermentasi adalah suatu kegiatan penguraian bahan karbohidrat yang disebabkan oleh aktifitas mikroorganisme yang *disimilasi anaerobik* senyawa-senyawa organik. Proses fermentasi dimaksudkan untuk mengubah glukosa menjadi etanol dengan menggunakan *yeast* atau ragi. Bahan baku yang mengandung pati sangat baik untuk dijadikan etanol (Judoamidjojo, dkk., 1992). Fermentasi dipengaruhi pula kondisi lingkungan yang diperlukan bagi pertumbuhan mikroba, salah satunya adalah suhu. Makin rendah suhu fermentasi, makin tinggi alkohol yang dihasilkan, karena pada suhu rendah, fermentasi akan lebih sempurna dan kehilangan alkohol akan lebih sedikit. Suhu yang optimum pada fermentasi adalah 19°C - 28°C (Riyanto, 2005).

Mikroorganisme yang digunakan untuk fermentasi alkohol yaitu bakteri (*C. acetobutylicum*, *K. pneumoniae*, *L. mesenteroides*, *S. ventriculi*, dan *Z. mobilis*) dan jamur (*A. oryzae*, *E. lactis*, *Kloeckera sp.*, *K. fragilis*, *Rhizopus sp.*, *S. cerevisiae*, *S. roxii* dan *Torula sp.*). Fermentasi merupakan salah satu bentuk respirasi dalam lingkungan *anaerob* dengan tanpa *akseptor eksternal* (Suriawiria, 2007).

Beberapa mikroorganisme dapat mencerna bahan energinya tanpa adanya oksigen, jadi hanya sebagian bahan energi itu dipecah, yang dihasilkan adalah sebagian dari energi, karbondioksida, dan air, termasuk sejumlah alkohol dan etanol. Tipe-tipe tersebut harus diperhatikan perubahan secara mikrobiologi dalam makanan, dimana mikroba yang bersifat fermentif dapat mengubah karbohidrat dan turunannya menjadi alkohol, asam, dan karbondioksida (Taufik, 2008). Proses fermentasi alkohol seperti yang dilakukan oleh *S. cerevisiae*, maka glukosa yang ada di dalam media hidupnya yang tidak diubah menjadi asam laktat, melainkan menjadi etanol dan CO₂. Hasil etanol yang optimal dapat dilihat pada aktifitas mikroba pada saat proses fermentasi (Martoharsono, 1982).

Kebanyakan fermentasi etanol skala komersial sekarang ini dilakukan oleh jamur *S. cerevisiae*. *S. cerevisiae* adalah bersel tunggal yang merupakan mikroorganisme pertama yang dikembangbiakkan oleh manusia untuk membuat makanan (sebagai ragi roti) dan minuman (sebagai jamur fermentasi bir dan anggur) (Narita, 2002). *S. cerevisiae* dapat bekerja pada kondisi netral ataupun sedikit asam pada kondisi *anaerob*. Kondisi seperti ini maka glukosa yang dihasilkan akan direspirasi menjadi CO₂ (Purwoko, 2007). *S. cerevisiae* menghasilkan enzim

invertase dan *zimase*. Enzim *invertase* bertindak sebagai katalis untuk mengubah *sukrosa* menjadi *fruktosa* dan glukosa. *Fruktosa* dan glukosa kemudian bereaksi dengan enzim *zimase* yang mengubah *fruktosa* dan glukosa menjadi etanol dan karbondioksida (Sardjoko, 1991). Hal ini dibuktikan dengan penelitian ubi kayu yang menggunakan jamur *S. cerevisiae*. Pemberian jamur *S. cerevisiae* pada konsentrasi 20% adalah yang baik pada tahap fermentasi. Tahap fermentasi, jamur akan bekerja mengurai gula yang dikandung ubi kayu menjadi etanol. Setelah di destilasi, diperoleh 10 liter etanol dari 25 kg ubi kayu (Soerawidjaja, 2006).

c. Destilasi

Destilasi adalah proses pemurnian yang dilakukan untuk memisahkan etanol dari air dan karbondioksida. Melalui destilasi, pemanasan alkohol pada suhu rentang 78-100⁰C akan mengakibatkan sebagian etanol menguap, dan melalui unit kondensasi akan bisa dihasilkan etanol hingga mencapai 95%. Lain halnya bila etanol yang dihasilkan mencapai 99,5-100%, maka yang digunakan adalah destilasi *absorbent*. Destilasi *absorbent* memiliki pipa yang dindingnya berlapis zeolit (Soerawidjaja, 2006).

Zeolit adalah mineral yang memiliki pori-pori yang berukuran sangat kecil. Proses pemurnian etanol dengan zeolit menggunakan prinsip penyerapan permukaan. Zeolit digunakan pada alat destilasi *absorbent* karena bisa menyerap dan mengikat air, sehingga kadar etanol bisa meningkat saat melalui pipa yang dindingnya berlapis zeolit tersebut (Hidayat, 2006).

E. Etanol

Etanol atau *etil alcohol* adalah cairan tidak berwarna dengan karakteristik antara lain mudah terbakar, larut dalam air, dan jika terjadi pencemaran tidak memberikan dampak lingkungan yang signifikan (Hidayat, 2006). Selain berasal dari reaksi-reaksi kimia, etanol dapat pula diperoleh melalui proses fermentasi. Proses fermentasi tersebut berupa dibuatkan substrat yang mengandung karbohidrat dengan bantuan mikroorganisme (Riyanto, 2005).

Secara umum produksi etanol mencakup tiga rangkaian proses, yaitu persiapan bahan baku, fermentasi dan pemurnian. Bahan baku dikecilkan atau digiling terlebih dahulu, kemudian dilakukan proses pemasakan. Tahap pemasakan bahan meliputi proses liquifikasi dan sakarifikasi. Tahap ini pati dikonversi menjadi gula melalui pemecahan gula kompleks. Tahap berikutnya adalah fermentasi, dimana gula-gula sederhana diubah menjadi alkohol dengan bantuan ragi (*yeast*). Setelah didapat alkohol, maka dilakukan tahap pemurnian dengan metode distilasi. Tahap ini dilakukan pada suhu kisaran 78-100°C (Riyanto, 2005). Menurut Soerawidjaja (2006), etanol 90%-96% dapat dimanfaatkan sebagai industri tekstil, etanol 96,1%-99,5% dimanfaatkan sebagai campuran miras dan bahan dasar industri farmasi, sedangkan etanol pada kadar 99,5%-100% dapat dimanfaatkan sebagai campuran bahan bakar untuk kendaraan.

F. 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 gapek diperoleh etanol dengan kerapatan $0,814 \text{ g/cm}^3$.

G. 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. Jenis tumbuhan, varietas, tempat pembudidayaan dan perlakuan bahan baku sangat mempengaruhi rendemen yang dihasilkan (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 gapek diperoleh rendemen 20%, sedangkan pada bagas tebu diperoleh rendemen 17,5%.



III. METODE PENELITIAN

A. Waktu dan Tempat

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Mei-Juni 2008. Pengambilan sampel dilaksanakan di Kelurahan Rampoang, Kecamatan Bara, Kota Palopo. Proses analisa kadar pati, kadar gula, hidrolisis, fermentasi, dan perhitungan kerapatan, kadar etanol, serta rendemen dilakukan 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, *destilator*, *ent case*, ruang asap, inkubator, *oven*, dan desikator .

2. Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah tepung sagu 1600 g, jamur *S. cereviceae*, air suling, HCl (37%, 3% dan 0,2 M), NaOH 30%, KI, larutan $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$, H_2SO_3 4 N, larutan luff, alkohol, urea 1,35 g, NPK 0,45 g, parafin, pH indikator, 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. Penelitian ini menggunakan persentase penambahan larutan jamur *S. cereviceae* 10%, 20%, dan 30%.

1. Persiapan Bahan Baku

Sagu yang diperoleh dikeringudarkan selama 2 hari, lalu disaring. Hasil saringan yang telah menjadi tepung ditimbang sebanyak 1600 g, kemudian dilakukan pengujian kadar air pada tepung sagu untuk mengetahui kadar air kering udara setara dengan kering tanur lalu dimasukkan dalam wadah tertutup agar kadar airnya tidak berubah.

2. Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah tepung sagu 1600 g, jamur *S. cereviceae*, air suling, HCl (37%, 3% dan 0,2 M), NaOH 30%, KI, larutan $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$, H_2SO_3 4 N, larutan luff, alkohol, urea 1,35 g, NPK 0,45 g, parafin, pH indikator, 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. Penelitian ini menggunakan persentase penambahan larutan jamur *S. cereviceae* 10%, 20%, dan 30%.

1. Persiapan Bahan Baku

Sagu yang diperoleh dikeringudarkan selama 2 hari, lalu disaring. Hasil saringan yang telah menjadi tepung ditimbang sebanyak 1600 g, kemudian dilakukan pengujian kadar air pada tepung sagu untuk mengetahui kadar air kering udara setara dengan kering tanur lalu dimasukkan dalam wadah tertutup agar kadar airnya tidak berubah.



2. Peremajaan Jamur *S. cereviceae*

1. Kecambah kacang hijau ditimbang 40 g, lalu dicuci dengan air suling. Setelah itu, dicampurkan dengan air suling sampai 400 ml, lalu dimasak selama 20 menit untuk diambil ekstraknya
2. *Bacto* agar dan glukosa ditimbang masing-masing 4 g dan 12 g, lalu dicampurkan dengan ekstrak kecambah kacang hijau. Campuran media tersebut kemudian diaduk sampai merata lalu dimasukkan dalam 10 tabung reaksi masing-masing 5,5 ml.
3. Tabung reaksi tersebut, ditutup dengan kapas dan *aluminium foil* lalu dimasukkan dalam *autoclave* dengan pengaturan suhu 121°C selama 15 menit
4. Setelah media yang ada dalam tabung reaksi disterilkan, kemudian dikeluarkan dari *autoclave*, lalu dimiringkan dimana bagian kepala tabung reaksi diberi penyanggah. Setelah mencapai suhu kamar, media sudah dapat digunakan untuk memindahkan jamur *S. cereviceae*
5. Media untuk jamur *S. cereviceae* dimasukkan ke dalam *ent case* yang merupakan tempat untuk memindahkan mikroba
6. Kawat *ose* kemudian dipanaskan di atas permukaan api hingga berpijar, lalu *ose* dimasukkan ke dalam tabung reaksi yang berisi jamur *S. cereviceae*. *Ose* mengait jamur *S. cereviceae* kemudian dipindahkan pada media yang baru
7. Setelah jamur *S. cereviceae* dipindahkan ke media yang baru, maka tahap selanjutnya, media tersebut dimasukkan ke dalam inkubator selama 2 hari.

3. Analisa Kadar Pati

1. Tepung sagu kering udara setara dengan kering tanur ditimbang 1 g, lalu dimasukkan dalam Erlenmeyer asah, kemudian ditambahkan 150 ml HCl 3% dan batu didih
2. Tepung sagu yang telah ditambahkan HCl 3 % kemudian dihidrolisis selama 2 jam dengan menggunakan *destilator*
3. Hasil hidrolisis dinetralkan dengan menambahkan sedikit demi sedikit larutan NaOH 30 % sampai mencapai pH netral
4. Campuran yang telah dinetralkan, dimasukkan ke dalam labu ukur 250 ml, lalu disaring menggunakan kertas saring 1 mikron
5. 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
6. 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 dititrasikan dengan $Na_2S_2O_3$ 0,1 N. Titrasikan dilakukan sampai campuran berubah warna menjadi coklat tua. Volume $Na_2S_2O_3$ yang diperoleh setelah dititrasikan campuran tersebut sebanyak 12 ml.

4. Penetapan Blanko

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

5. Larutan Jamur *S. cereviceae*

1. Tepung sagu kering udara setara dengan kering tanur ditimbang masing-masing 2 kali 120 g, lalu dimasukkan dalam 2 labu erlenmeyer, kemudian ditambahkan HCl 0,2 M sampai masing-masing mencapai 500 ml
2. Labu erlenmeyer yang berisi campuran, kemudian dimasukkan dalam *autoclave* pada pengaturan suhu $121^{\circ}C$ selama 90 menit
3. Labu erlenmeyer kemudian dikeluarkan dari *autoclave*, dibiarkan sampai mencapai suhu kamar
4. Isi labu erlenmeyer disaring dengan menggunakan kertas saring 1 mikron sampai didapatkan filtrat
5. Filtrat yang diperoleh diatur pHnya dengan menggunakan pH indikator, dimana filtrat ditambahkan sedikit demi sedikit larutan NaOH sampai mencapai pH 5. Setelah itu, ditambahkan urea 1,35 g dan NPK 0,45 g, lalu diaduk merata

6. Filtrat lalu dimasukkan dalam 2 botol fermentasi masing-masing 450 ml. Kemudian botol fermentasi dipasteurisasi selama 30 menit
7. Setelah 2 botol fermentasi dikeluarkan dari tempat pasteurisasi, lalu dibiarkan sampai mencapai suhu kamar. 2 botol fermentasi yang telah mencapai suhu kamar, dimasukkan jamur *S. cereviceae* masing-masing 3 ose
8. 2 botol fermentasi tersebut ditutup dengan penutup yang telah disambungkan dengan selang, sedangkan ujung selang dicelupkan ke dalam gelas kimia yang telah berisi air suling. Larutan jamur *S. cereviceae* difermentasi selama 2 hari.
9. Pada penelitian ini digunakan persentase penambahan larutan jamur yaitu 10% sebanyak 45 ml, 20% sebanyak 90 ml, 30% sebanyak 135 ml dengan rumus:
Volume mikroba (ml) = Persentase penambahan larutan jamur (%) x Jumlah fermentasi (ml)

6. Hidrolisis

1. Tepung sagu kering udara setara dengan kering tanur ditimbang masing-masing 9 kali 120 g, lalu dimasukkan ke dalam labu erlenmeyer, kemudian ditambahkan HCl 0,2 M sampai masing-masing mencapai 500 ml
2. Labu erlenmeyer yang berisi campuran, kemudian dimasukkan ke dalam *autoclave* pada pengaturan suhu 121⁰C selama 90 menit
3. Setelah disterilkan, labu erlenmeyer dikeluarkan dari *autoclave*, kemudian dibiarkan sampai mencapai suhu kamar

4. Isi labu erlenmeyer kemudian disaring dengan menggunakan kertas saring 1 mikron sampai didapatkan filtratnya, kemudian ditambahkan sedikit demi sedikit larutan NaOH sampai mencapai pH 5.

7. Analisa Kadar Gula pada Filtrat

1. Filtrat yang telah dihidrolisis dipipet 10 ml, kemudian dimasukkan ke dalam labu takar 250 ml, lalu dinetralkan sampai mencapai pH 7 dengan menambahkan sedikit demi sedikit larutan NaOH.
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
5. Setelah campuran dididihkan pada destilator, 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 dititrisi dengan $Na_2S_2O_3$ 0,1 N. Titrasi dilakukan sampai campuran berubah warna menjadi coklat tua. Volume $Na_2S_2O_3$ yang diperoleh setelah dititrisi campuran tersebut sebanyak 23,55 ml.

8. Fermentasi

1. Setelah diketahui kadar gula filtrat, maka filtrat yang pH mencapai 5 yang telah dihidrolisis dimasukkan ke dalam 9 botol fermentasi masing-masing 450 ml, 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 persentase larutan jamur *S. cereviceae* 10%, 20%, dan 30%.
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 CO₂ 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 80⁰C. 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 analisa kerapatan, kadar etanol, dan rendemen dari etanol yang dihasilkan.



D. Variabel Pengamatan

1. Kerapatan

Pengujian kerapatan dapat dilakukan dengan cara sebagai berikut:

1. Gelas kimia 25 ml ditimbang kosong
2. Air suling 1 ml dimasukkan dalam gelas kimia dengan menggunakan pipet mikron
3. Gelas kimia 25 ml yang berisi air suling kemudian ditimbang
4. Volume air suling dapat diperoleh dengan menggunakan rumus:

$$\text{Volume air suling (cm}^3\text{)} = \frac{\text{Berat air suling}}{\text{BJ air suling pada suhu } 28^{\circ}\text{C (0,999534)}}$$

5. Etanol murni 100% diencerkan yang telah diketahui kerapatannya.
Etanol murni 100% diencerkan menjadi 60%, 70%, 80%, dan 90%, lalu masing-masing dimasukkan dalam labu takar 25 ml, kemudian ditambahkan air suling hingga tanda batas
6. Larutan etanol yang telah diencerkan dipipet 1 ml lalu di masukkan ke dalam gelas kimia 25 ml dengan menggunakan pipet mikron
7. Gelas kimia 25 ml yang berisi larutan etanol kemudian ditimbang
8. Kerapatan dari masing-masing etanol yang diencerkan tadi dapat diperoleh dengan menggunakan 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. Larutan etanol 10%, 20%, 30% yang telah didestilasi dipipet sebanyak 1 ml ke dalam gelas kimia 25 ml dengan menggunakan pipet mikron
2. Gelas kimia 25 ml yang berisi larutan etanol kemudian ditimbang
3. Kerapatan dari masing-masing etanol yang didestilasi dengan dapat diperoleh dengan menggunakan 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:

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

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

Berat pati = berat tepung kering udara setara dengan kering tanur x kadar pati

E. Analisis Data

Rancangan penelitian yang digunakan adalah model RAL (Rancangan Acak Lengkap) menggunakan 3 perlakuan pada proses fermentasi menggunakan S.

cereviceae, masing-masing persentase penambahan larutan 10% (perlakuan A), persentase penambahan larutan 20% (perlakuan B), dan persentase penambahan larutan 30% (perlakuan C), di mana 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 Gasperz (1991) adalah sebagai berikut :

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

Dimana :

- Y_{ij} : Nilai pengamatan yang memperoleh perlakuan ke-i
- μ : Rata-rata umum hasil pengamatan
- τ_i : Pengaruh perlakuan ke-i
- ϵ_{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_{α} = 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

Untuk melihat persamaan pengaruh perlakuan maka dilakukan analisis ortogonal polinomial menurut Steel dan Torrie (1993) dengan rumus adalah sebagai berikut:

$$Y_i = b_0 f_0(X_i) + b_1 f_1(X_i) + \dots + b_r f_r(X_i)$$

Dimana :

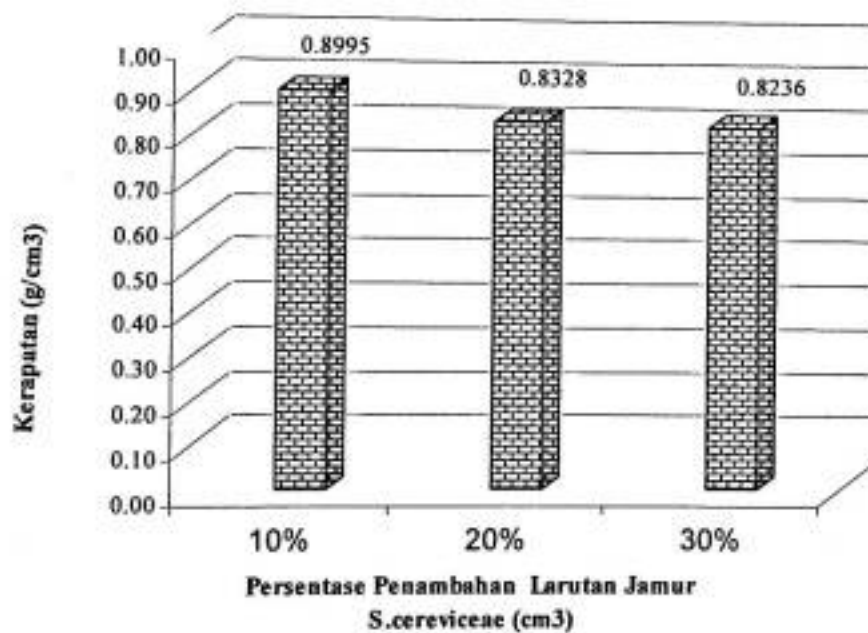
- Y_i = Nilai tengah populasi dugaan Y pada $X = X_i$
- b_0 = Derajat 0 atau pengaruh rata-rata
- b_1 = Derajat 1 atau pengaruh linier, begitu seterusnya, dan terakhir
- i = $1, \dots, n > r$

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil

1. Kerapatan

Kerapatan etanol yang diperoleh dari hasil fermentasi sagu berkisar antara $0,8241 \text{ g/cm}^3$ - $0,9001 \text{ g/cm}^3$ (Lampiran 4) dengan rata-rata kerapatan untuk setiap perlakuan persentase penambahan larutan jamur *S. cereviceae* dapat dilihat pada Gambar 3. Hasil analisis ragam menunjukkan bahwa persentase penambahan larutan jamur berpengaruh sangat nyata terhadap kerapatan etanol (Lampiran 5).



Gambar 3. Kerapatan pada Setiap Perlakuan Persentase Penambahan Larutan Jamur *S. cereviceae*.

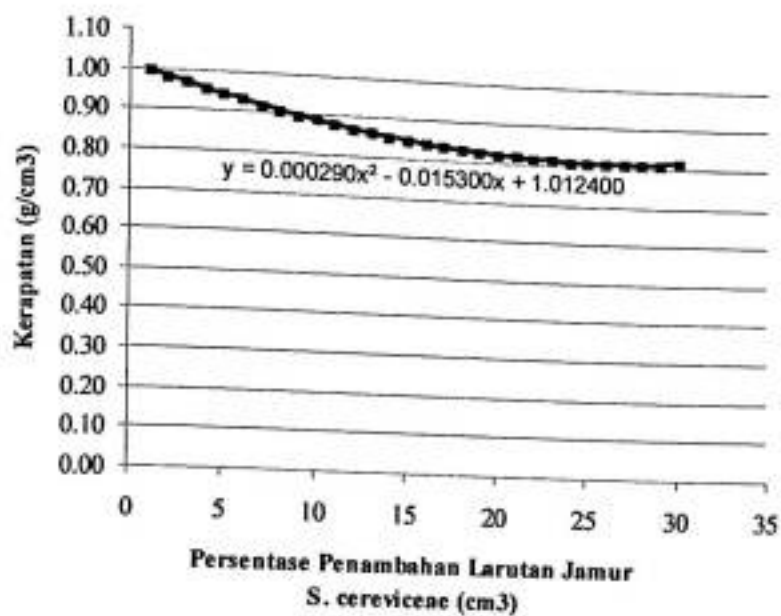
Untuk melihat perbedaan kerapatan di antara perlakuan maka dilakukan uji BNJ yang hasilnya dapat dilihat pada Tabel 1. Hasil uji BNJ pada Tabel 1 menunjukkan bahwa kerapatan etanol sagu berbeda tidak nyata antara perlakuan persentase penambahan larutan jamur *S. cereviceae* 20% dengan persentase penambahan larutan jamur *S. cereviceae* 30%, namun berbeda sangat nyata dengan persentase penambahan larutan jamur *S. cereviceae* 10%.

Tabel 1. Hasil Uji Lanjut Perbedaan Kerapatan Etanol Sagu.

Perlakuan Persentase Penambahan Larutan Jamur <i>S.</i> <i>cereviceae</i>	Rata-Rata Kerapatan Etanol	Hasil Uji BNJ $\frac{0,01}{0,007}$
A (10%)	0,8995	a
B (20%)	0,8328	b
C (30%)	0,8239	b

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

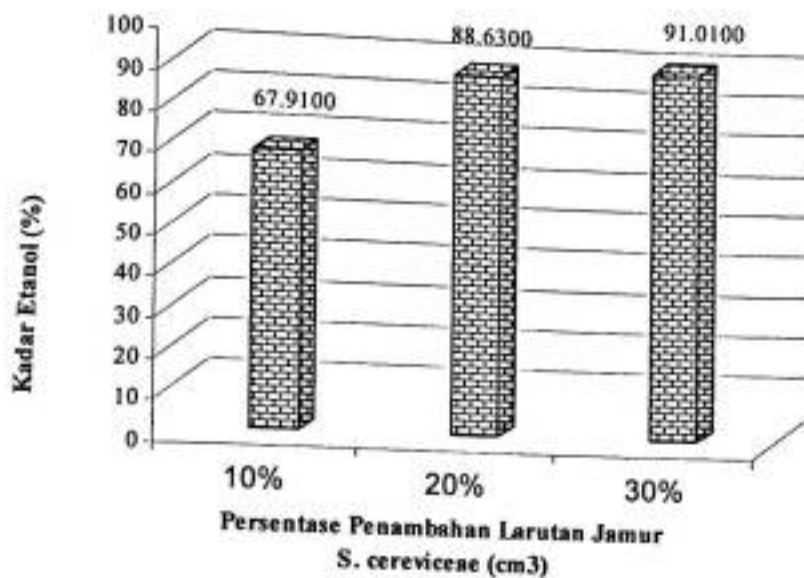
Untuk melihat persamaan pengaruh perlakuan maka dilakukan analisis ortogonal polinomial. Hasil dari persamaan tersebut dapat dilihat pada Gambar 4. Berdasarkan Gambar 4 menunjukkan bahwa pengaruh persentase penambahan larutan jamur *S. cereviceae* terhadap kerapatan etanol merupakan fungsi kuadrat. Persamaan kuadrat hubungan antara kerapatan dengan persentase penambahan larutan jamur *S. cereviceae* adalah $y = 0,000290x^2 - 0,015300x + 1,012400$. Hal ini membuktikan bahwa pada persentase penambahan larutan jamur *S. cereviceae* pada 32% telah berada pada kondisi konstan.



Gambar 4. Kurva Respon Hasil Kerapatan Etanol Sagu

2. Kadar Etanol

Kadar etanol yang diperoleh dari hasil fermentasi sagu berkisar antara 67,05%-91,71% (Lampiran 6) dengan rata-rata kadar etanol untuk setiap perlakuan persentase penambahan larutan jamur *S. cereviceae* dapat dilihat pada Gambar 5. Hasil analisis ragam menunjukkan bahwa persentase penambahan larutan jamur *S. cereviceae* berpengaruh sangat nyata terhadap kadar etanol (Lampiran 7).



Gambar 5. Kadar Etanol pada setiap Perlakuan Persentase Penambahan Larutan Jamur *S. cereviceae*.

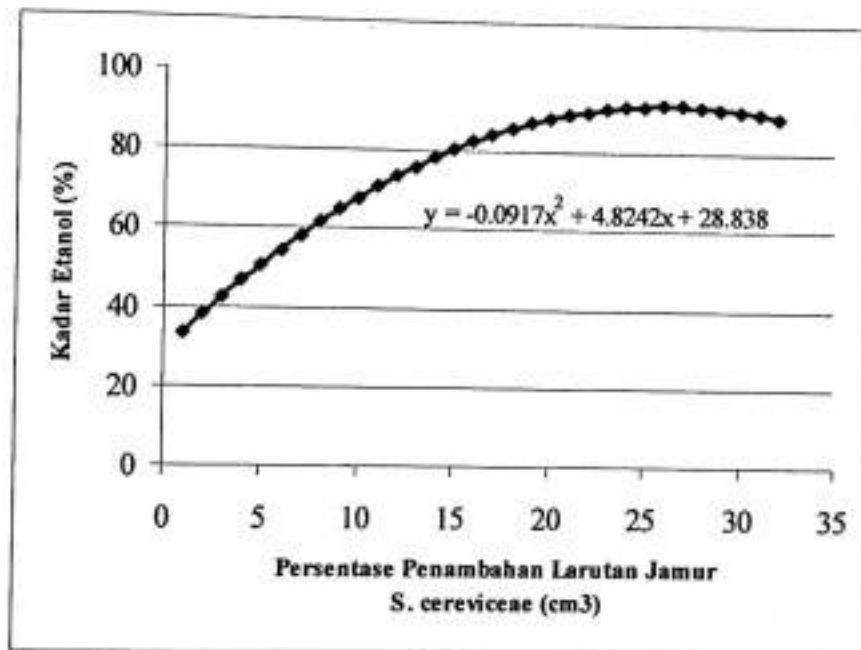
Untuk melihat perbedaan kadar etanol di antara perlakuan maka dilakukan uji BNJ yang hasilnya dapat dilihat pada Tabel 2. Hasil uji BNJ pada Tabel 2 menunjukkan bahwa kadar etanol sagu berbeda tidak nyata antara perlakuan persentase penambahan larutan jamur *S. cereviceae* 30% dengan persentase penambahan larutan jamur *S. cereviceae* 20%, namun berbeda sangat nyata dengan persentase penambahan larutan jamur *S. cereviceae* 10%.

Tabel 2. Hasil Uji Lanjut Perbedaan Kadar Etanol Sagu

Perlakuan Persentase Penambahan Larutan Jamur <i>S. cereviceae</i>	Rata-Rata Kadar Etanol	Hasil Uji BNJ $\frac{0,01}{2,91}$
C (30%)	91,02	a
B (20%)	88,64	a
A (10%)	67,91	b

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

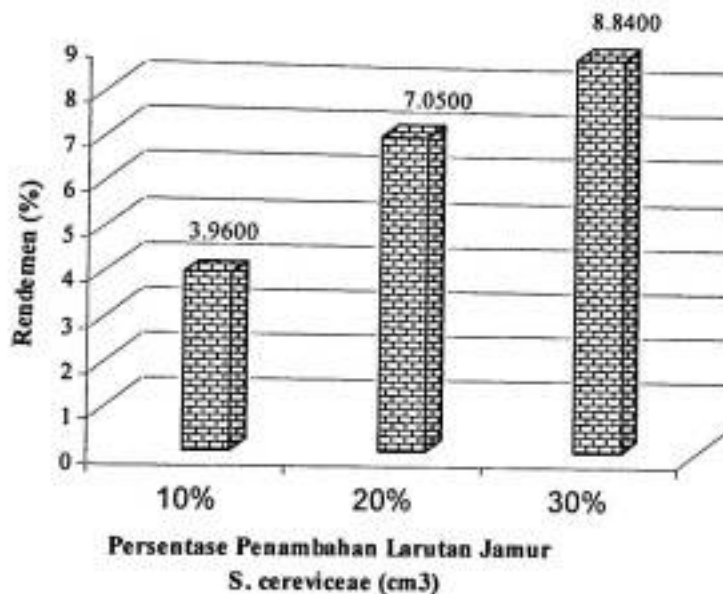
Untuk melihat persamaan pengaruh perlakuan maka dilakukan analisis ortogonal polinomial. Hasil dari persamaan tersebut dapat dilihat pada Gambar 6. Berdasarkan Gambar 6 menunjukkan bahwa pengaruh persentase penambahan larutan jamur *S. cereviceae* terhadap kadar etanol merupakan fungsi kuadratik. Persamaan kuadratik hubungan antara kadar etanol dengan persentase penambahan larutan jamur *S. cereviceae* adalah $y = -0,0917x^2 + 4,8242x + 28,838$. Hal ini menunjukkan bahwa pada persentase penambahan larutan jamur *S. cereviceae* pada 33% telah berada pada kondisi konstan.



Gambar 6. Kurva Respon Hasil Kadar Etanol Sagu

3. Rendemen

Rendemen etanol yang diperoleh dari hasil fermentasi sagu berkisar antara 3,65%-9,10% (Lampiran 8) dengan rata-rata rendemen etanol untuk setiap perlakuan persentase penambahan larutan jamur *S. cereviceae* dapat dilihat pada Gambar 7. Hasil analisis ragam menunjukkan bahwa persentase penambahan larutan jamur *S. cereviceae* berpengaruh sangat nyata terhadap rendemen etanol dapat dilihat pada (Lampiran 9).



Gambar 7. Rendemen pada Setiap Perlakuan Persentase Penambahan Larutan jamur *S. cereviceae*

Untuk melihat perbedaan rendemen etanol di antara perlakuan maka dilakukan uji BNJ yang hasilnya dapat dilihat pada Tabel 3. Hasil uji BNJ pada Tabel 3 menunjukkan bahwa rendemen etanol antara perlakuan persentase penambahan larutan jamur *S. cereviceae* 10% berbeda sangat nyata dengan

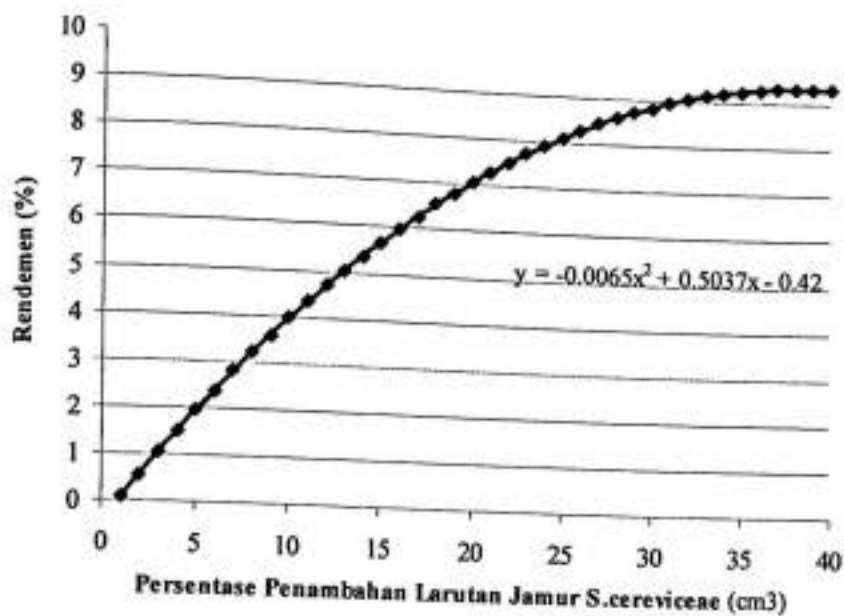
perlakuan persentase penambahan larutan jamur *S. cereviceae* 20% dan persentase penambahan larutan jamur *S. cereviceae* 30%.

Tabel 3. Hasil Uji Lanjut Perbedaan Rendemen Etanol Sagu

Perlakuan Persentase Penambahan Larutan Jamur <i>S.</i> <i>cereviceae</i>	Rata-Rata Rendemen Etanol	Hasil Uji BNJ $\frac{0,01}{1,28}$
C (30%)	8,84	a
B (20%)	7,05	b
A (10%)	3,96	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 8. Berdasarkan Gambar 8 menunjukkan bahwa pengaruh persentase penambahan larutan jamur *S. cereviceae* terhadap rendemen etanol merupakan fungsi kuadratik. Persamaan linear hubungan antara rendemen etanol dengan persentase penambahan larutan jamur *S. cereviceae* adalah $y = -0,0065x^2 + 0,5037x - 0,42$. Hal ini menunjukkan bahwa pada persentase penambahan larutan jamur *S. cereviceae* pada 41% telah berada pada kondisi konstan.



Gambar 8. Kurva Respon Hasil Rendemen Etanol Sagu

B. Pembahasan

1. Kerapatan

Berdasarkan hasil analisis ragam (Lampiran 5) menunjukkan bahwa kerapatan etanol sagu sangat tergantung pada persentase penambahan larutan jamur *S. cereviceae*. Kerapatan etanol seperti pada Gambar 3 menunjukkan bahwa semakin tinggi persentase penambahan larutan jamur *S. cereviceae* yang digunakan untuk fermentasi maka akan semakin rendah kerapatan etanol sagu. Persentase Penambahan larutan jamur akan menyebabkan peningkatan jumlah jamur *S. cerevisiae* dalam bahan sehingga kadar etanol semakin tinggi. Hal ini terjadi karena jamur *S. cerevisiae* menghasilkan enzim *invertase* dan *zimase* yang lebih banyak, dimana enzim inilah yang menentukan kadar etanol yang dihasilkan pada proses fermentasi. Hal ini sesuai dengan pendapat Sardjoko (1991) bahwa enzim *invertase* bertindak sebagai

katalis untuk mengubah *sukrosa* menjadi *fruktosa* dan glukosa kemudian oleh enzim *zimase* kemudian diubah menjadi etanol. Dengan meningkatnya jumlah enzim ini akan meningkatkan kadar etanol yang dihasilkan. Jamur *S. cereviceae* yang ditambahkan pada sagu bekerja dengan baik karena kadar pati yang tinggi, dimana pati terhidrolisis menjadi glukosa, kemudian diuraikan oleh jamur *S. cereviceae* yang mengakibatkan etanol memiliki kadar yang tinggi dan kerapatan rendah. 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.

Hasil uji BNJ pada Tabel 1 menunjukkan bahwa dengan pemberian persentase penambahan larutan jamur *S. cereviceae* pada proses fermentasi sagu sebesar 20% akan memberikan kerapatan yang relatif sama dengan persentase penambahan larutan jamur *S. cereviceae* 30%, namun berbeda sangat nyata dengan persentase penambahan larutan jamur *S. cereviceae* 10%. Hal ini mengindikasikan bahwa dengan semakin tinggi persentase penambahan larutan jamur *S. cereviceae* maka cenderung akan semakin rendah kerapatan etanol yang dihasilkan.

2. Kadar Etanol

Berdasarkan hasil analisis ragam (Lampiran 7) menunjukkan bahwa kadar etanol sagu sangat tergantung pada persentase penambahan larutan jamur *S. cereviceae*. Kadar etanol seperti pada Gambar 5 menunjukkan bahwa semakin tinggi persentase penambahan larutan jamur *S. cereviceae* yang digunakan untuk fermentasi

maka semakin tinggi kadar etanol sagu. Hal ini terjadi karena jamur *S. cerevisiae* menghasilkan enzim *invertase* dan *zimase* yang lebih banyak. Enzim inilah yang menentukan kadar etanol yang dihasilkan. Hal ini sesuai dengan pendapat Sardjoko (1991) bahwa enzim *invertase* bertindak sebagai katalis untuk mengubah *sukrosa* menjadi *fruktosa* dan glukosa kemudian oleh enzim *zimase* kemudian diubah menjadi etanol.

Kadar etanol dari sagu (82,52%) lebih rendah bila dibandingkan dengan penelitian sebelumnya yaitu pada ubi kayu (96%) (Soerawidjaja, 2006). Hal ini diduga disebabkan oleh kadar pati yang terkandung pada ubi kayu lebih tinggi bila dibandingkan dengan pati sagu, sehingga pada saat fermentasi, glukosa yang ada pada pati ubi kayu lebih banyak diubah menjadi alkohol. Hal ini sesuai dengan pendapat Riyanto (2005) yang menyatakan bahwa pada proses fermentasi yang dilakukan oleh mikroba, glukosa yang ada dalam media hidupnya, sebagian besar akan diubah menjadi alkohol. Selain glukosa pada pati, suhu juga menentukan tinggi atau rendahnya kadar etanol yang dihasilkan setelah fermentasi. Hal ini diperkuat oleh pernyataan Martoharsono (1982) bahwa makin rendah suhu fermentasi, makin tinggi alkohol yang dihasilkan, karena pada suhu rendah, fermentasi akan lebih sempurna dan kehilangan alkohol akan lebih sedikit. Suhu yang optimum pada saat fermentasi adalah 19⁰C-28⁰C.

Hasil uji BNJ pada Tabel 1 menunjukkan bahwa dengan pemberian persentase penambahan larutan jamur *S. cereviceae* pada proses fermentasi sagu sebesar 20% akan memberikan kadar etanol yang relatif sama dengan persentase

penambahan larutan jamur *S. cereviceae* 30%, namun berbeda sangat nyata dengan persentase penambahan larutan jamur *S. cereviceae* 10%. Hal ini menunjukkan bahwa dengan semakin tinggi persentase penambahan larutan jamur *S. cereviceae* maka semakin tinggi pula kadar etanol yang dihasilkan.

3. Rendemen

Berdasarkan hasil analisis ragam (Lampiran 9) menunjukkan bahwa rendemen etanol sagu sangat tergantung pada persentase penambahan larutan jamur *S. cereviceae*. Rendemen etanol seperti pada Gambar 7 menunjukkan bahwa dengan semakin tinggi persentase penambahan larutan jamur *S. cereviceae* yang digunakan untuk fermentasi maka semakin tinggi pula rendemen etanol sagu yang dihasilkan. Persentase penambahan larutan jamur dapat menghasilkan kerapatan rendah dan kadar etanol yang tinggi, sehingga rendemen yang dihasilkan juga semakin tinggi.

Rendemen pada sagu (6,58%) lebih rendah bila dibandingkan dengan penelitian sebelumnya yaitu pada ubi kayu (20%) (Soerawidjaja, 2006). Hal ini diduga terjadi karena kadar pati pada ubi kayu lebih banyak diubah menjadi etanol sehingga rendemen yang dihasilkan tinggi. Hal ini sesuai dengan pendapat Riyanto (2005), yang menyatakan bahwa rendemen tinggi dapat diperoleh apabila kadar etanol yang dihasilkan tinggi, dimana dalam hal ini kadar etanol yang tinggi tersebut diperoleh dari pati yang mengandung glukosa pada substrat yang sebagian besar diubah menjadi etanol pada saat proses fermentasi yang dilakukan oleh mikroba di dalam substrat tersebut.

Hasil uji BNJ pada Tabel 1 menunjukkan bahwa dengan pemberian persentase penambahan larutan jamur *S. cereviceae* jamur pada proses fermentasi sagu sebesar 10% akan memberikan rendemen yang berbeda dengan persentase penambahan larutan jamur *S. cereviceae* 20% dan 30%. Demikian pula, untuk perlakuan persentase penambahan larutan jamur *S. cereviceae* 20%, akan memberikan rendemen yang berbeda dengan persentase penambahan larutan jamur *S. cereviceae* 30%. Hal ini mengindikasikan bahwa dengan semakin tinggi persentase penambahan larutan jamur *S. cereviceae* maka semakin tinggi pula rendemen etanol yang dihasilkan.

V. SIMPULAN DAN SARAN

A. Simpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan bahwa semakin tinggi persentase penambahan larutan jamur *S. cereviceae* pada sagu 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, N. 2001. Kamus Kimia, Arti dan Penjelasan Ilmiah. Penerbit Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.
- Brautlecht, C.A. 1953. Starch its Sources, Production and Uses. Reinhold Publ. Co, New York.
- Daintith, J. 1990. Kamus Lengkap Kimia. Penerbit Bumi Aksara, Jakarta.
- Flach, M. 1977. Yield Potential of the Sago Palm (*M. sago* Rottb.); and its Realisation. Sago-76: Papers of the First International Sago Symposium. Martinus Nijhoff Publishers. The Hague.H 110-127.
- Gaspersz, V. 1991. Metode Perancangan Percobaan untuk Ilmu-ilmu Pertanian Teknik dan Biologi. CV. Armico, Bandung.
- Haygreen, G. J., dan J. L., Bowyer. 1982. Terjemahan Hasil Hutan dan Ilmu Kayu. Penerbit Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.
- Hambali, E., Mudjalipah, S., Tambunan, A. H., Pattiwiri, A.W., Hendroko, R. 2007. Teknologi Bioenergi. PT. Agro Media Pustaka, Jakarta
- Harris. 1987. Tanaman Minyak Atsiri. Penebar Swadaya, Jakarta.
- Hidayat, A. 2006. Produksi Bioetanol. PT. Kreatif Energi Indonesia. [Http://www.migas-indonesia.com](http://www.migas-indonesia.com) [12 Maret 2008].
- Johnson, D. 1977. Distribution of Sago Making in the Old World. in Proceedings Sago-76: Papers of the First International Sago Symposium. Koonlin Tan (ed.). Kuala Lumpur. H 65-75.
- Judoamidjojo, M., D. Azis, dan G.E. Sa'id. 1992. Teknologi Fermentasi. Penerbit Rajawali Pers, Jakarta.
- Manan, S., S. Supangkat, Y. Abas dan S. Sukandar. 1984. Conservation Program on Sago Palm Indonesia, Paper Presented at the Expert Consultation on the Development of the Sago Palm and Products, Jakarta.
- Martin, A., Swarbrick, J., dan Cammarata, A. 1983. Farmasi Fisik, edisi ke-3. Universitas Indonesia Press, Jakarta.



- Martoharsono, S. 1982. Biokimia Jilid 2. Penerbit Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.
- Mulyono. 2006. Membuat Reagen Kimia di Laboratorium. Penerbit Bumi Aksara, Jakarta.
- Narita, V. 2002. *S. cerevisiae* Superjamur yang Memiliki Sejarah Luar Biasa. Pusat Pengkajian dan Penerapan Teknologi Farmasi dan Medika Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi (BPPT), Jakarta.
- Pangloli, P. dan B. Haryanto. 1982. Potensi dan Pemanfaatan Sagu. Penerbit Kanisius, Yogyakarta.
- Prihandana, K. Noerwijan, G. Adinurani, D. Setyaningsih, S. Setiadi, dan R. Handoko. 2007. Bioetanol Ubi Kayu Bahan Bakar Masa Depan. Penerbit Agromedia Pustaka, Jakarta.
- Purwoko, T. 2007. Fisiologi Mikroba. Penerbit Bumi Aksara, Jakarta.
- Riyanto. 2005. Menimbang Kelayakan Bioetanol sebagai Pengganti Bensin. [Http://www.hangtuah.or.id](http://www.hangtuah.or.id) [5 September 2006].
- Rumalatu, F.J. 1981. Distribusi dan Potensi Produk Pati dari Batang Beberapa Jenis Sagu (*Metroxylon sp.*) di Daerah Seram Barat, Thesis Fakultas Pertanian/Kehutanan Universitas Pattimura, Afiliasi Fakultas Teknologi Pertanian Institut Pertanian Bogor, Bogor [Tidak Dipublikasikan].
- Sa'id, G.E. 1987. Bio-Industri Penerapan Teknologi Fermentasi. Penerbit Mediyatama Sarana Perkasa, Jakarta.
- Sardjoko. 1991. Bioteknologi Latar Belakang dan Beberapa Penerapannya. Penerbit Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.
- Soemarno, D.S. dan I.R. Sastrahidayat. 1989. Budidaya Berbagai Jenis Tanaman Tropika. Fakultas Pertanian Universitas Brawijaya Malang Bekerja Sama dengan Usaha Nasional, Surabaya.
- Soeranto. 2004. Plasma Nutfa Sorgum.e-mail : Soeranto@batan.go.id. [6 September 2006].
- Soerawidjaja, T. 2006. Proses Pembuatan Etanol, Seminar Nasional Biofuel, Implementasi Biofuel sebagai Energi Alternatif. Departemen Energi dan Sumber Daya Mineral, Bogor [Tidak Dipublikasikan].

- Steel, R. dan J. Torrie. 1993. Prinsip dan Prosedur Statistika (Suatu Pendekatan Biometrik). Penerbit PT. Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.
- Subroto E. dan S.P. Agustin. 2005. Studi Modifikasi Pati dengan Ekstender Pengolahan Pati. [Http://www.RSP06.com](http://www.RSP06.com) [22 Januari 2008].
- Suriawiria. 2007. Pengantar Mikrobiologi Umum. <http://www.wikilopedia.co.id> [5 Februari 2008].
- Taufik. 2008. Resiko Kesehatan Apabila Terkontaminasi Bakteri Patogen. Ilmu dan Teknologi Pangan, Institut Pertanian Bogor, Bogor.
- Yasid, E. dan L. Nur. 2006. Penuntun Praktikum Biokimia untuk Mahasiswa Analis. Penerbit ANDI, Yogyakarta.

DAFTAR ISTILAH

- Akseptor eksternal* : penerimaan dari luar baik dalam bentuk gas-gas (terjadi pada proses fermentasi)
- Alkohol* : suatu senyawa organik yang mengandung gugus OH yang terikat pada atom C jenuh
- Anaerob* : kondisi tanpa oksigen
- Asam* : suatu zat yang dapat menghasilkan ion hidrogen (H^+) atau hidroksonium (H_3O^+) bila dilarutkan dalam air
- Asam piruvat* : produk dari reaksi penguraian pati
- Autoclave* : alat untuk memanaskan bubur pati yang mirip dengan *oven*, yang memiliki pengaturan suhu dan temperatur
- Bakteri* : makhluk hidup bersel satu yang mempunyai dinding sel, yang memisahkan membran dan inti sel
- Biomassa* : keseluruhan organ tumbuhan yang menyusun suatu organisme
- Destilasi* : suatu metode pemurnian dua atau lebih senyawa berdasarkan beda titik didihnya
- Destilasi absorbent* : alat pemurnian yang memiliki dinding pada pipa berlapis zeolit
- Disimilasi* : terjadi perombakan
- Ekstraksi* : proses pemisahan dua atau lebih komponen dengan

- menambahkan suatu pelarut yang hanya dapat melarutkan salah satu komponennya saja
- Enzim* : suatu protein yang berfungsi sebagai katalis pada berbagai proses reaksi kimia yang spesifik
- Etanol* : etil alkohol memiliki lambang kimia C_2H_5OH . Selain dari reaksi-reaksi kimia, dapat pula diperoleh dari proses fermentasi yang dapat dibuat dari substrat yang mengandung karbohidrat.
- Fruktosa* : jenis gula yang ditemukan dalam sari buah, madu, dan dalam gula tebu
- Fermentasi* : reaksi kimia yang timbul karena adanya mikroorganisme tertentu seperti bakteri, jamur, dan sebagainya
- Gaplek* : umbi yang dicacah kemudian dikeringkan, agar dapat tahan lama dalam penyimpanan
- Glukosa* : zat gula sederhana yang terpecah, yang berasal dari gula kompleks
- Granula* : butiran halus dalam pati
- Hidrolisis* : pembelahan suatu ikatan oleh penambahan antara zat pembantu dengan air
- Iso oktan* : kandungan bahan yang berfungsi untuk menurunkan proses pembakaran bahan bakar
- Jamur* : tumbuhan tingkat rendah yang tersusun dari beberapa hifa-

- (benang-benang halus)
- Larutan buffer* : sistem larutan yang dapat mempertahankan pH lingkungannya dari pengaruh seperti oleh penambahan sedikit asam/basa kuat
- Liquifikasi* : proses pemberian asam atau enzim pada pati menjadi lebih cair seperti bubur
- Maltosa* : zat gula sederhana penyusun amilum
- Mikroba* : organisme yang sangat kecil, sehingga tidak dapat di lihat dengan mata telanjang
- Monomer* : molekul sederhana penyusun senyawa makro molekul
- Oktan* : bilangan yang menunjukkan seberapa banyak jumlah iso oktan yang terdapat dalam bahan bakar
- Ose* : alat yang digunakan untuk mengait jamur/bakteri dalam tabung reaksi
- pH* : lambang dari $-\log [H^+]$, dalam air murni pada suhu $25^{\circ}C$, harga $[H^+] = 1,00 \cdot 10^{-7} \text{ mol/l}$ sehingga $pH = 7$. Jika keasaman bertambah, harga $[H^+]$ membesar, dan harga pH menjadi di bawah 7. Sebaliknya, jika basa maka harga pH menjadi di atas 7. Harga pH dapat diketahui dengan menggunakan kertas lakmus atau pH indikator
- Polimer* : zat yang mempunyai molekul besar , yang terdiri dari banyak monomer

<i>Protein</i>	: suatu polimer yang terdiri dari banyak monomer asam amino
<i>Ragi</i>	: mikroba yang banyak digunakan dalam fermentasi
<i>Respirasi</i>	: proses pembebasan energi yang tersimpan dalam zat sumber energi melalui proses kimia
<i>Sakarifikasi</i>	: proses pemecahan gula kompleks menjadi gula sederhana
<i>Senyawa</i>	: suatu zat yang murni dan homogen, serta dapat terbentuk melalui penggabungan secara kimia dua unsur atau lebih dengan perbandingan atom yang sudah ditentukan
<i>Substrat</i>	: metabolit spesifik yang diikat dan mengalami tindakan oleh sisi aktif suatu enzim
<i>Sukrosa</i>	: zat gula sederhana penyusun gula aren dan tiap molekul mengandung satu molekul glukosa dan satu molekul fruktosa

Sumber :

1. Arsyad (2001)
2. Daintith (1990)
3. Yasid dan Nur (2006)

Lampiran 1. Penentuan Kadar Pati

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

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

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

$$\text{Volume Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \text{ Blanko} = 24,30 \text{ ml}$$

$$\text{Volume Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \text{ Contoh} = 23,55 \text{ ml}$$

$$\text{Normalitas Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 = 0,1113 \text{ N}$$

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

$$= \frac{(24,30 - 23,55) \times 0,1113}{0,1}$$

$$= 0,8475 \text{ ml}$$

$$= 0,8475 \text{ ml} \times 2,4$$

$$= 2,034 \times \text{fp}$$

$$= 2,034 \times 625$$

$$= \frac{1271,25}{100}$$

$$= 12,7125 \%$$

Lampiran 4. Hasil Berat Etanol pada Berbagai Persentase Penambahan Larutan Jamur *S. cereviceae*

Perlakuan Persentase Penambahan Larutan Jamur <i>S.</i> <i>cereviceae</i>	Ulangan	Berat Etanol (g)
A (10%)	1	4,313
	2	3,923
	3	4,557
	Total	12,793
	Rata-rata	4,264
B (20%)	1	8,115
	2	7,117
	3	7,514
	Total	22,746
	Rata-rata	7,582
C (30%)	1	9,482
	2	9,228
	3	9,781
	Total	28,491
	Rata-rata	9,497

Lampiran 5. Hasil Kerapatan pada Berbagai Persentase Penambahan Larutan Jamur *S. cereviceae*



Perlakuan Persentase Penambahan Larutan Jamur <i>S. cereviceae</i>	Ulangan	Kerapatan (g/ml)
A (10%)	1	0,8956
	2	0,9027
	3	0,9004
	Total	2,6987
	Rata-rata	0,8996
B (20%)	1	0,8321
	2	0,8338
	3	0,8326
	Total	2,4985
	Rata-rata	0,8328
C (30%)	1	0,8253
	2	0,8241
	3	0,8224
	Total	2,4718
	Rata-rata	0,8239

Lampiran 6. Hasil Analisis Ragam Kerapatan pada Berbagai Persentase Penambahan Larutan Jamur *S. cereviceae*

Sumber Keragaman	DB	JK	KT	F _{Hitung}	F tabel	
					5%	1%
Perlakuan	2	0,00102	0,0034	• 305,40**	5,79	10,92
Galat	6	0,0001	0,0000167			
Total	8	0,0103	-	-	-	-

Keterangan ** : Berpengaruh Sangat Nyata

Lampiran 7. Hasil Kadar Etanol pada Berbagai Persentase Penambahan Larutan Jamur *S. cereviceae*

Perlakuan Persentase Penambahan Larutan Jamur <i>S. cereviceae</i>	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 Larutan Jamur *S. cereviceae*

Sumber Keragaman	DB	JK	KT	F _{Hitung}	F tabel	
					5%	1%
Perlakuan	2	969,3466	484,6733	765,435**	5,79	10,92
Galat	6	3,799	0,6332			
Total	8	973,1465	-	-	-	-

Keterangan **: Berpengaruh Sangat Nyata

Lampiran 9. Hasil Rendemen pada Berbagai pada Persentase Penambahan Larutan Jamur *S. cereviceae*

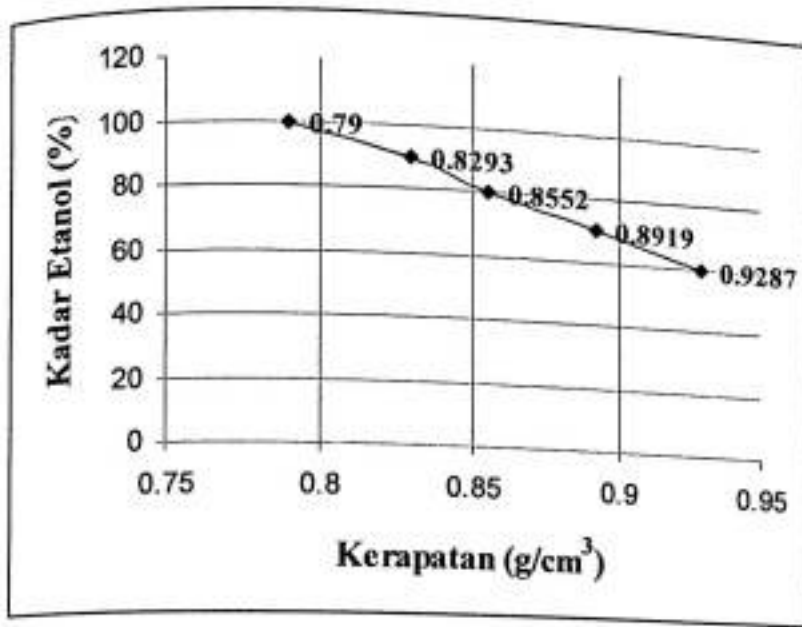
Perlakuan Persentase Penambahan Larutan Jamur <i>S. cereviceae</i>	Ulangan	Rendemen (%)
A (10%)	1	4,01
	2	3,65
	3	4,24
	Total	11,9
	Rata-rata	3,96
B (20%)	1	7,55
	2	6,62
	3	6,99
	Total	21,16
	Rata-rata	7,05
C (30%)	1	8,83
	2	8,59
	3	9,10
	Total	26,52
	Rata-rata	8,84

Lampiran 10. Hasil Analisis Ragam Rendemen pada Berbagai pada Persentase Penambahan Larutan Jamur *S. cereviceae*

Sumber Keragaman	DB	JK	KT	F_{Hitung}	F tabel	
					5%	1%
Perlakuan	2	36,4704	18,2352	147,893**	5,79	10,92
Galat	6	0,74	0,1233			
Total	8	37,2104	-	-	-	-

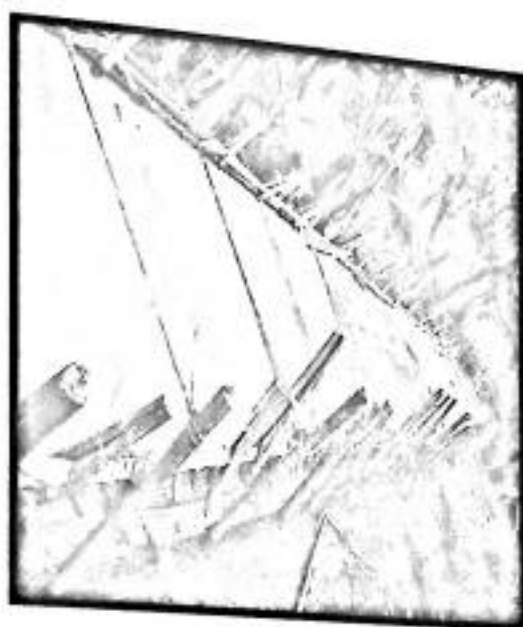
Keterangan **: Berpengaruh Sangat Nyata

Lampiran 11. Kurva Standar





a



b

Lampiran 11. a. Pohon Sagu; b. Tempat Pengendapan Sagu



a



b

Lampiran 12. a. Uji Kadar Gula pada Filtrat ; b. Uji Kadar Pati pada Sagu



a



b

Lampiran 13. a. Memasukkan Jamur *S. rezeviceae* pada Filtrat ; b. Larutan Jamur *S. rezeviceae*

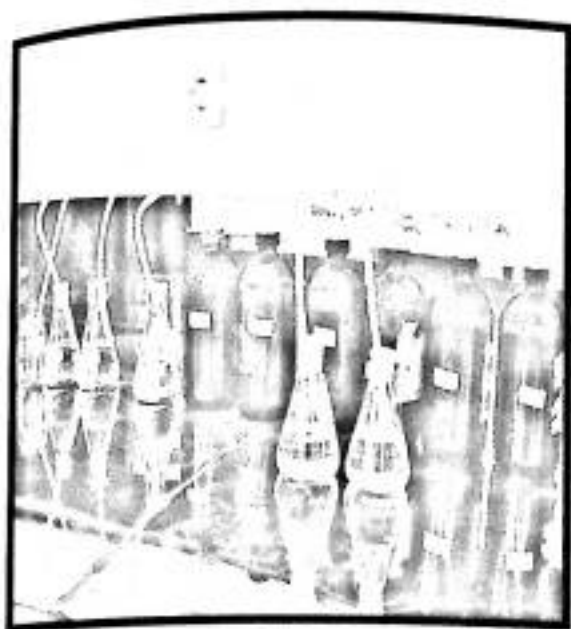


a



b

Lampiran 14. a. Alat *Autoclave* ; b. Filtrat yang telah di Hidrolisis



a

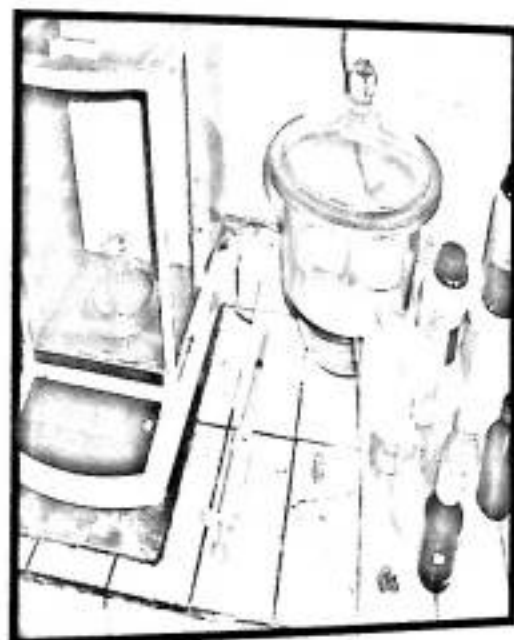


b

Lampiran 15. a. Proses Fermentasi ; b. Alat Destilasi Fraksionasi



a



b

Lampiran 16. a. Etanol dari Sagu ; b. Menimbang Berat Etanol dari Sagu