

**Pengaruh Penambahan *Starter* Urea dan NPK
pada Konsentrasi Berbeda Dalam Pembuatan
Bioetanol dari Sagu (*Metroxylon sagus* Rottb)**

OLEH

Lut Irwan Mopo
M 121 03 012



Tgl. Pengantar	
Tgl. Pengambilan	27-11-08
Revisi	Kelutan
Paralel	1.01
Waktu	12.00
Tempat	208
Uraian	SKR - KH08
	Mop
	P.

PROGRAM STUDI TEKNOLOGI HASIL HUTAN
FAKULTAS KEHUTANAN
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
2008

HALAMAN PENGESAHAN

Judul : Pengaruh Penambahan *Starter* Urea dan NPK pada Konsentrasi Berbeda Dalam Pembuatan Bioetanol dari Sagu (*Metroxylon sagus* Rottb.)

Nama : Lut Irwan Mopo

NIM : M 121 03 012

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

[Signature]
Ir. Beta Putranto, M.Sc

Pembimbing II

[Signature]
Ir. Baharuddin, M.P.

Mengetahui,



Ketua Program Studi Teknologi Hasil Hutan
Fakultas Kehutanan
Universitas Hasanuddin

[Signature]
Ir. Beta Putranto, M. Sc
Nip. 130 792 980

Tanggal Lulus : 2008

ABSTRAK

Lut Irwan Mopo (M 121 03 012). Pengaruh Penambahan Starter Urea dan NPK pada Konsentrasi Berbeda Dalam Pembuatan Bioetanol Dari Sagu (*Metroxylon sagus* Rottb.) (di bawah bimbingan Beta Putranto dan Baharuddin).

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kerapatan, rendemen, dan kadar etanol dari sagu jika diberi penambahan *starter* urea dan NPK. 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. cerevisiae*, analisa kadar karbohidrat, larutan jamur *S. cerevisiae*, hidrolisis, fermentasi, dan destilasi.

Penelitian ini menggunakan persentase penambahan *starter* urea dan NPK 0,5% sebanyak 2,25 g, 1% sebanyak 4,5 g, 1,5% sebanyak 6,75g dan 2% sebanyak 9 g. Setelah dilakukan fermentasi pada filtrat, maka tahap akhir adalah destilasi untuk mendapatkan etanol dari sagu. Etanol yang telah didestilasi kemudian dilakukan analisa kerapatan, rendemen, dan kadar etanol. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa semakin tinggi persentase penambahan perlakuan 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 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. Bapak **Ir. Beta Putranto, M.Sc** dan Bapak **Ir. Baharuddin, M.P** selaku pembimbing dalam penyusunan skripsi ini, yang telah meluangkan waktunya untuk membimbing dan memberikan pengarahan dengan penuh kesabaran sehingga skripsi ini dapat terselesaikan.
2. Bapak **Dr. Ir. H. Muh. Restu, MP** selaku Dekan Fakultas Kehutanan Universitas Hasanuddin serta **Dosen Pengajar dan Staf Administrasi Fakultas Kehutanan**
3. Bapak **Prof. Dr. Ir. Musrizal Muin, M.Sc** selaku penasehat akademik penulis
4. Bapak **Ir. Beta Putranto, M.Sc** selaku ketua program studi Teknologi Hasil Hutan.
5. Bapak **Ir. Bakri, M.Sc.**, Ibu **Astuti Arif, S.Hut., M.Si** dan Ibu **Ira Taskirawati, S.Hut., M.Si** selaku penguji

6. Kedua Kedua Orang Tua penulis, Ayahanda **LaKambara** dan Ibunda **Wa Maena** yang selalu mendo'a kan penulis dengan tulus dan ikhlas. Saudara – saudaraku tercinta **Ati, Nia, Ani, Ipan** serta seluruh keluarga besar di Muna.
7. Sahabatku **M. Daud, S. Hut** yang selalu menyempatkan waktu dan tenaganya dalam membimbing penulis. *Thanks for all.*
8. Ibu **Leni, A. Md. di Politeknik** yang selalu membimbing dan menyempatkan waktunya dalam proses penelitian penulis
9. Sahabat-sahabatku "*Etanol Crew*" : **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.**
10. Teman-temanku Angkatan 03 (**Ado, Farid, Roy, Ulu, Fatmawati, Sastrawati, Amin, Yan, Linu,** dan teman-teman yang lain yang tidak dapat disebutkan satu-satu)
11. Teman-temanku di Pandu Alam Lingkungan (k' **Arianto, k' Andika, k' Yarlin, k' Toni, Endy, Omeng, Daniel, Ayub, Rizal, Fransto, Wulan, Yudi, Fandi, Linu, Idin, Hilal, Maria, jannah, Widia, Uci, Sitsal, Ica, Wawa, Ulfi, Nining, Bento, Lulung, Adil** dan Teman-teman lain yang



tidak dapat disebutkan satu-satu), *Jaya di Hutan, Jaya di Gunung, Jaya Akademika*

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, November 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	2
II.	TINJAUAN PUSTAKA	
	A. Tanaman Sagu (<i>Metroxylon sagus</i> Rottb.)	3
	B. <i>Saccharomyces cerevisiae</i>	7
	C. <i>Starter</i>	8
	D. Karbohidrat	9
	E. Etanol	10
	F. Kerapatan	13
	G. Fermentasi	13
	H. Rendemen	14

III. METODE PENELITIAN

A. Waktu dan Tempat	16
B. Alat dan Bahan	
1. Alat	16
2. Bahan	16
C. Prosedur Penelitian	
1. Persiapan Bahan Baku	17
2. Peremajaan Jamur <i>S. cereviceae</i>	17
3. Analisa Kadar Karbohidrat.....	18
4. Larutan Jamur <i>S. cereviceae</i>	19
5. Hidrolisis	20
6. Fermentasi	20
7. Destilasi	21
D. Variabel Pengamatan	
1. Rendemen	21
2. Kerapatan	21
3. Kadar Etanol.....	22
E. Analisis Data	23

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil	
1. Rendemen.....	25
2. Kerapatan.....	26
3. Kadar Etanol.....	28
B. Pembahasan	
1. Rendemen.....	29
2. Kadar Etanol.....	30
3. Kerapatan.....	31

V. KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan.....	34
B. Saran.....	34

DAFTAR PUSTAKA

DAFTAR GAMBAR

No.	Teks	Halaman
1.	Proses Perombakan Pati menjadi Etanol.....	11
2.	Diagram Proses Fermentasi Oleh Sukrosa Ragi.....	12
3.	Diagram Alir Proses Pembuatan Bioetanol dari Bahan Baku Gula, Pati dan Lignoselulosa.....	12
4.	Kurva Hubungan Penambahan Urea dan NPK Dengan Rendemen	25
5.	Kurva Hubungan Penambahan Urea dan NPK Dengan Kerapatan	27
6.	Kurva Hubungan Penambahan Urea dan NPK Dengan Kadar Etanol	28

DAFTAR TABEL

No.	Teks	Halaman
1.	Uji BNJ Pengaruh Kosentrasi Terhadap Rendemen Rata-Rata.....	26
2.	Uji BNJ Pengaruh Kosentrasi Terhadap Kerapatan Rata-Rata	27
3.	Uji BNJ Pengaruh Kosentrasi Terhadap Kadar Etanol Rata-Rata	29

DAFTAR LAMPIRAN

No.	Teks	Halaman
1.	Penentuan Kadar Pati.....	37
2.	Rendemen Etanol Dari Sagu	38
3.	Analisis Ragam Rendemen Etanol Sagu	38
4.	Kerapatan Etanol Dari Sagu	39
5.	Analisis Ragam Kerapatan Etanol Sagu	39
6.	Kadar Etanol dari Sagu	40
7.	Analisis Ragam Kadar Etanol dari Sagu	40
8.	Kurva Standar.....	41
9.	a. Pohon Sagu.....	42
	b. Tempat Pengendapan Sagu.....	42
10.	a. Proses Pemasakan Touge	42
	b. Proses Pemindahan Jamur Kedalam Wadah	42
11.	a. Pemasukan Jamur <i>S. cerevisiae</i> pada Filtrat.....	43
	b. Larutan Jamur <i>S. cerevisiae</i>	43
12.	a. Alat <i>Autoclave</i>	43
	b. Filtrat yang telah di Hidrolisis.....	43
13.	a. Proses Fermentasi.....	44
	b. Alat Destilasi Fraksionasi.....	44
14.	a. Etanol dari Sagu.....	44
	b. Menimbang Berat Etanol dari Sagu.....	44

1. PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Konsumsi bahan bakar minyak (BBM) secara nasional mengalami peningkatan dari tahun ke tahun. Disisi lain, produk minyak bumi dalam negeri cenderung menurun. Peningkatan laju konsumsi BBM akan berdampak pada peningkatan subsidi pemerintah, karena harga BBM yang berlaku di dalam negeri berada di bawah biaya pokok dan sebagian kebutuhan BBM harus diimpor. Peningkatan laju konsumsi BBM tersebut di perparah lagi dengan semakin menurunnya kemampuan produksi minyak bumi di dalam negeri secara alami, sehingga perlu di ambil langkah-langkah untuk mendapatkan sumber energi alternatif (Dody, 2008).

Menurut Hambali, dkk. (2007) Bioetanol adalah energi terbaru yang di ciptakan untuk mengurangi penggunaan bahan bakar fosil yang juga memiliki keunggulan komparatif dibandingkan dengan bentuk energi lainnya yaitu lebih mudah ditransportasikan, memiliki kerapatan energi per volume yang lebih tinggi, memiliki karakter pembakaran yang relatif bersih, biaya produksi rendah dan ramah lingkungan.

Etanol merupakan produk fermentasi yang dapat dibuat dari substrat yang mengandung karbohidrat (gula, pati atau selulosa). Etanol merupakan singkatan dari etil alkohol (C_2H_5OH) dan lebih dikenal dengan nama alkohol. Produksi etanol di Indonesia sebagian besar dilakukan dengan fermentasi menggunakan jamur *Saccharomyces cerevisiae* (ragi) karena dianggap sangat paling sederhana. Ragi berfungsi mengubah pati menjadi alkohol (Sa'id, 1987)

Menurut Hambali, dkk. (2007) Tanaman sagu (*Metroxylon sagus* Rottb) sangat potensial untuk dikembangkan sebagai bahan baku alternatif karena mampu menghasilkan pati kering hingga 25 ton per hektar dengan komposisi pati mencapai 85,9%, dan sangat cocok dikembangkan di daerah-daerah rawa dan gambut. Ketersediaan sagu di Indonesia cukup melimpah, bahkan 50% area sagu dunia berada di Indonesia.

Menurut Haryanto dan Pangloli (1992), penyebaran sagu di Sulawesi Selatan terpusat di Kabupaten Luwu, dan diperkirakan mencapai 29.500 hektar. Produksi sagu didaerah ini mencapai sekitar 70.000 ton per tahun.

Berdasarkan uraian diatas maka dianggap perlu untuk dilakukan penelitian ini guna mengetahui sifat fisik bioetanol dari sagu dengan penambahan *starter*.

B. Tujuan dan Kegunaan

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui kerapatan, rendemen dan kadar etanol dari sagu jika diberi penambahan *starter* urea dan NPK. Hasil penelitian ini diharapkan sebagai bahan informasi bagi semua pihak untuk menggunakan energi alternatif sebagai pengganti bahan bakar fosil.

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Tanaman sagu (*Metroxylon sagus* Rottb)

1. Sistematika

Menurut Haryanto dan Pangloli (1992), tanaman Sagu (*M. sagus* Rottb) memiliki sistematika sebagai berikut :

Regnum	: <i>Plantae</i>
Divisio	: <i>Spermatophyta</i>
Sub division	: <i>Angiospermae</i>
Class	: <i>Monocotyledoneae</i>
Ordo	: <i>Spadiciflorae</i>
Famili	: <i>Palmae</i>
Genus	: <i>Metroxylon</i>
Spesies	: <i>Metroxylon Sp</i>

2. Morfologi

Menurut Haryanto dan Pangloli (1992), Batang sagu merupakan bagian terpenting, karena merupakan gudang penyimpanan aci atau karbohidrat yang lingkup pemanfaatannya dalam industri sangat luas. Ukuran batang sangat berbeda-beda tergantung dari jenis, umur, lingkungan atau habitat tempat tumbuhnya. Pada umur 3 – 11 tahun tinggi batang bebas daun sekitar 3 – 16 m, bahkan mencapai 20 m. Sagu memiliki batang tertinggi pada umur panen yakni, 11 tahun ke atas. Batang sagu berbentuk selinder, dan diameter sekitar 50 cm bahkan mencapai 80 – 90 cm. Umumnya diameter bagian bawah agak lebih besar

daripada bagian atas dan bagian bawah umumnya mengandung pati yang lebih tinggi daripada bagian atas. Secara makroskopis struktur batang sagu dari arah luar terdiri dari lapisan sisa-sisa pelepah daun, lapisan kulit luar yang tipis dan berwarna kemerah-merahan lapisan kulit dalam yang padat berwarna coklat kehitam-hitaman, kemudian lapisan serat dan akhirnya empulur yang mengandung aci dan serat-serat. Daun merupakan bagian sagu yang peranannya sangat penting karena merupakan dapur pembentukan aci melalui proses fotosintesis. Sagu memiliki daun sirip, menyerupai daun kelapa yang tumbuh pada tangkai daun. Sagu yang tumbuh pada tanah liat dengan penyinaran yang baik pada umur dewasa memiliki 18 tangkai daun yang panjangnya sekitar 5 - 7 m. Dalam setiap tangkai terdapat sekitar 50 pasang daun yang panjangnya bervariasi antara 60 – 180 cm, dan lebarnya sekitar 5 cm. Sagu yang masih muda memiliki tangkai daun yang lebih sedikit jumlahnya yaitu 12 – 15 buah. Pada umumnya daun sagu berwarna hijau muda yang berangsur-angsur berubah menjadi hijau tua, kemudian berubah menjadi coklat kemerah-merahan apabila sudah tua atau matang. Tanaman sagu berbunga dan berbuah pada umur sekitar 10 -15 tahun, tergantung jenisnya dan kondisi tempat tumbuhnya, dan sesudah itu pohon sagu mati. Munculnya bunga menandakan bahwa sagu tersebut telah mendekati akhir daur pertumbuhannya. Fase ini didahului dengan munculnya daun bendera yang ukurannya lebih pendek dari pada daun-daun sebelumnya. Bunga sagu merupakan bunga majemuk yang keluar dari ujung atau puncak batang, dan berwarna merah kecoklat-coklatan dan bercabang banyak seperti tanduk rusa yang terdiri dari cabang-cabang primer, sekunder dan cabang tersier. Buah sagu

berbentuk bulat menyerupai buah salak dan mengandung biji fertil. Waktu antara bunga mulai muncul sampai fase pembentukan buah diduga berlangsung sekitar 2 tahun.

Menurut Prihandana, dkk. (2007) pelepah tanaman sagu bisa dipakai sebagai dinding atau pagar rumah, daunnya bisa sebagai atap rumah dengan daya tahan 5 kali lipat dibanding daun atap kelapa. Kulit atau batangnya merupakan kayu bakar yang bagus.

3. Kondisi Tempat Tumbuh

Menurut Prihandana, dkk. (2007) sagu memiliki adaptasi yang luas, potensi produksinya tinggi, dapat tumbuh dan berproduksi pada daerah rawa. Sagu termasuk dalam kelompok tanaman tahunan dan cocok untuk daerah basah dataran rendah tropis.

Menurut Suhardi, dkk. (2002) sagu dapat tumbuh dengan baik di daerah antara 10° LS - 15° LU dan 90° BT – 180° BT, pada ketinggian 0 m – 700 m dpl. Pertumbuhan optimum akan tercapai pada ketinggian 400 m dpl. Secara alamiah, tanaman sagu tumbuh dengan baik pada tanah liat yang berawa dan kaya akan bahan-bahan organik, misalnya di hutan mangrove atau nipah. Tanaman sagu juga dapat tumbuh pada tanah vulkanik, latosol, andosol, podsolik merah kuning, aluvial, hidromorfik kelabu, dan tipe-tipe tanah-tanah yang lain. Lingkungan yang sesuai bagi penanaman sagu adalah daerah yang berlumpur dimana akar nafas tidak terendam, kaya akan mineral dan bahan organik, air tanah berwarna coklat dan tanah bereaksi agak asam. Pertumbuhan tanaman sagu juga

dipengaruhi oleh adanya unsur hara yang disuplai dari air tawar, terutama potasium, fosfat, kalsium, dan magnesium.

Menurut Hambali, dkk. (2007) sago cocok dikembangkan di daerah-daerah marginal, seperti daerah rawa dan gambut. Usia produktif tanaman sago sekitar 7 – 10 tahun.

4. Pemanenan

Tanaman sago siap panen menjelang pembentukan primordia bunga atau kuncup bunga sudah muncul tetapi belum mekar. Pada saat tersebut daun-daun terakhir yang keluar mempunyai jarak yang berbeda dengan daun sebelumnya dan daun terakhir juga agak berbeda yaitu lebih tegak dan ukurannya kecil. Perubahan lain adalah pucuk menjadi agak menggelembung. Disamping itu duri semakin berkurang dan pelepah daun menjadi lebih bersih dan licin dibandingkan dengan pohon yang masih muda. Pengolahan batang sago di Indonesia masih dilakukan secara tradisional. Tahap pertama yang harus dilakukan dalam pemanenan adalah penentuan umur tanaman untuk mengetahui saat panen yang tepat, karena hal ini berkaitan erat dengan kadar tepung sago dalam empulur. Setelah itu dilakukan penebangan dan pembersihan hingga tinggal gelondong batang sago lalu di potong sesuai keinginan. Tahap berikutnya yakni pengelupasan kulit batang kemudian empulur dibelah dan di parut, hasil parutan di tampung dalam suatu wadah lalu diisi air sampai tergenang, selanjutnya disaring hingga air yang bercampur tepung terpisahkan dengan ampasnya, yang berbentuk serat-serat kasar. Hal ini dilakukan secara berulang-ulang sampai tepung mengendap setelah

itu tepung dikeringkan di bawah sinar matahari (Soekarto dan Wijandi, 1983 dalam Bambang dan Philipus, 1992)

B. *Saccharomyces cerevisiae*

Jamur merupakan tumbuhan yang tidak mempunyai klorofil sehingga bersifat heterotrof, tipe sel: sel eukarotik. Jamur ada yang uniseluler dan multiseluler. Tubuhnya terdiri dari benang-benang yang disebut hifa, hifa dapat membentuk anyaman bercabang-cabang yang disebut miselium. Reproduksi jamur, ada yang dengan cara vegetatif ada pula dengan cara generatif. Salah satu jenis jamur yang banyak digunakan dalam fermentasi adalah *S. cerevisiae* atau biasa dikenal ragi (<http://www.Jamur.co.id>).

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 dikembangbiakkan oleh manusia ini memungkinkan terjadinya proses bioteknologi yang pertama di dunia. Jamur ini merupakan mikroorganisme pertama yang dikembangbiakkan 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).

C. Starter

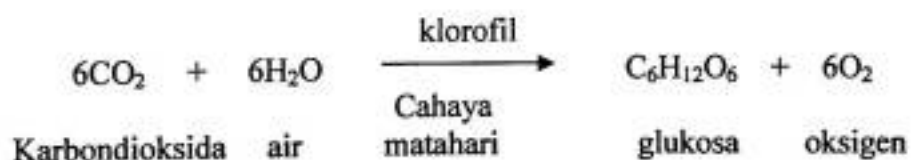
NPK dan urea merupakan unsur hara utama bagi mikroorganisme dalam perkembangbiakkannya. *Starter* dalam pembuatan bioetanol digunakan sebagai makanan awal atau perangsang dari pada mikroorganisme sebelum dimasukkan dalam tepung sagu sebagai bahan utama dalam pembuatan bioetanol (Sutejo, 2002).

Menurut Tenriola (2003), ragi memerlukan penambahan nutrisi (zat gizi) untuk pertumbuhan dan perkembangbiakannya misalnya :

- Unsur C : ada pada karbohidrat untuk mencukupi energi pertumbuhannya.
- Unsur N : Penambahan pupuk yang mengandung nitrogen, misalnya urea.
- Unsur P : Penambahan pupuk fosfat.
- Mineral-mineral misalnya Mg dan Cl.

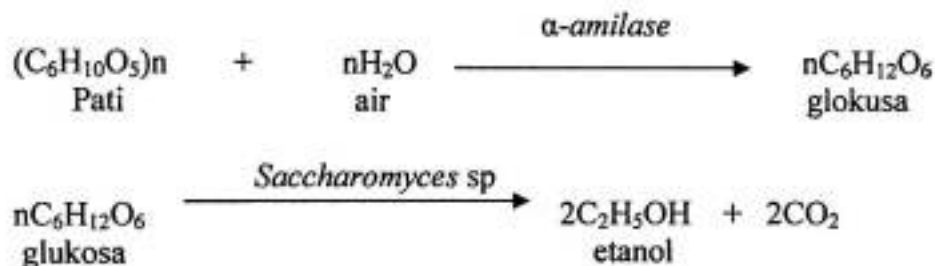
D. Karbohidrat

Menurut Wulan (2004), karbohidrat adalah kelompok nutrien yang penting dalam susunan makanan yaitu sebagai sumber energi. Karbohidrat banyak terdapat dalam bahan nabati, baik berupa gula sederhana, heksosa, pentosa, maupun karbohidrat dengan berat molekul yang tinggi, seperti pati, pektin, selulosa dan lignin. Unsur yang membentuk karbohidrat yaitu karbon (C), hidrogen (H) dan oksigen (O) kadang-kadang juga nitrogen (N). karbohidrat dihasilkan dari proses fotosintesis di dalam tanaman-tanaman berdaun hijau yang dapat dinyatakan dengan persamaan sebagai berikut :



Menurut Haryanto dan Pangloli (1992), pati adalah karbohidrat yang dihasilkan oleh tumbuhan untuk persediaan bahan makanan. Pati merupakan butiran atau granula yang berwarna putih mengkilat tidak berbau dan tidak mempunyai rasa. Pati sagu berbentuk elips (*prolate ellipsoidal*), mirip pati kentang dengan ukuran 5 – 80 mm dan relatif lebih besar dari pada pati sereal.

Pati terdiri dari dua fraksi yang dapat dipisahkan dengan air panas. Fraksi yang larut dalam air di sebut amilosa dan fraksi yang tidak larut disebut amilopektin. Pati sagu mengandung sekitar 27 % amilosa dan sekitar 73 % amilopektin. Aci sagu dapat digunakan sebagai bahan energi jika sudah diolah menjadi alkohol (etanol), karena kandungan patinya yang tinggi. Pati sagu diolah menjadi alkohol melalui proses hidrolisasi dan fermentasi. Pati sagu dihidrolisasi menjadi glukosa dengan enzim α -amilase dan amyloglukosidase, kemudian glukosa difermentasikan dengan ragi yang menghasilkan alkohol melalui reaksi sebagai berikut :



E. Etanol

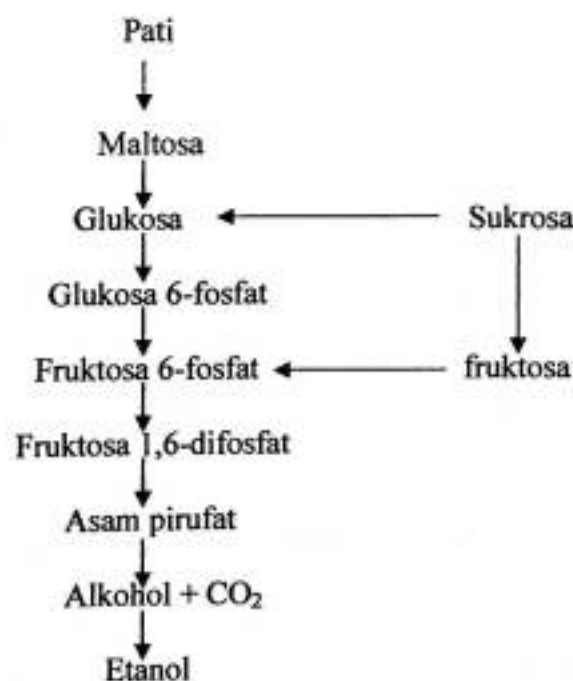
Menurut Hambali, dkk. (2007) bioetanol adalah etanol yang dibuat dari biomassa yang mengandung komponen gula, pati atau selulosa, seperti singkong dan tetes tebu. Dalam dunia industri, etanol umumnya digunakan sebagai bahan baku industri turunan alkohol, campuran untuk minuman keras, serta bahan baku farmasi dan kosmetik. Berdasarkan kadar alkoholnya, etanol terbagi menjadi tiga grade sebagai berikut :

- Grade industri dengan kadar alkohol 90 - 94%.

- Netral dengan kadar alkohol 96 – 99,5 umumnya digunakan untuk minuman keras atau bahan baku farmasi.
- Grade bahan bakar dengan kadar alkohol diatas 99,5%.

Bioetanol diperoleh dari hasil fermentasi bahan yang mengandung gula. Dalam proses produksi bioetanol dengan fermentasi gula, baik yang berupa glukosa, sukrosa, maupun fruktosa dilakukan oleh ragi terutama *S. cerevisiae* atau bakteri *Zimomonas mobilis*. Bahan bioetanol dapat diperoleh dari berbagai tanaman yang menghasilkan gula (seperti tebu dan molase) dan tepung (seperti jagung, singkong dan sagu). Alkohol juga dapat dibuat dari sintesis gas-gas hidrokarbon (Harahap, 2003).

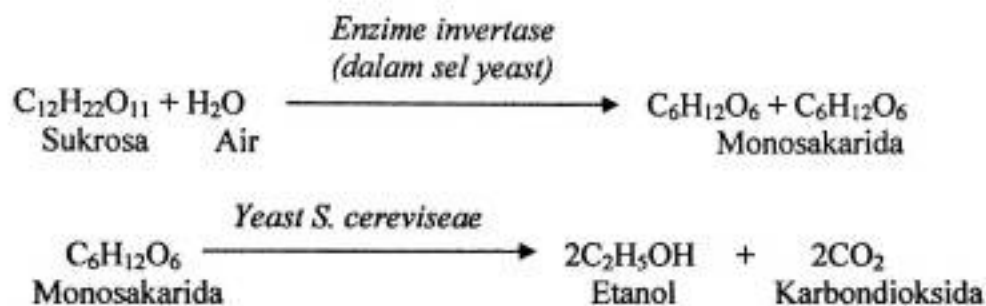
Menurut Suriawira 2007, pati memiliki polimer glukosa dengan rumus umum $C_6H_{10}O_5$. hasil perombakan pati menjadi etanol dapat dilihat pada Gambar 1 sebagai berikut :



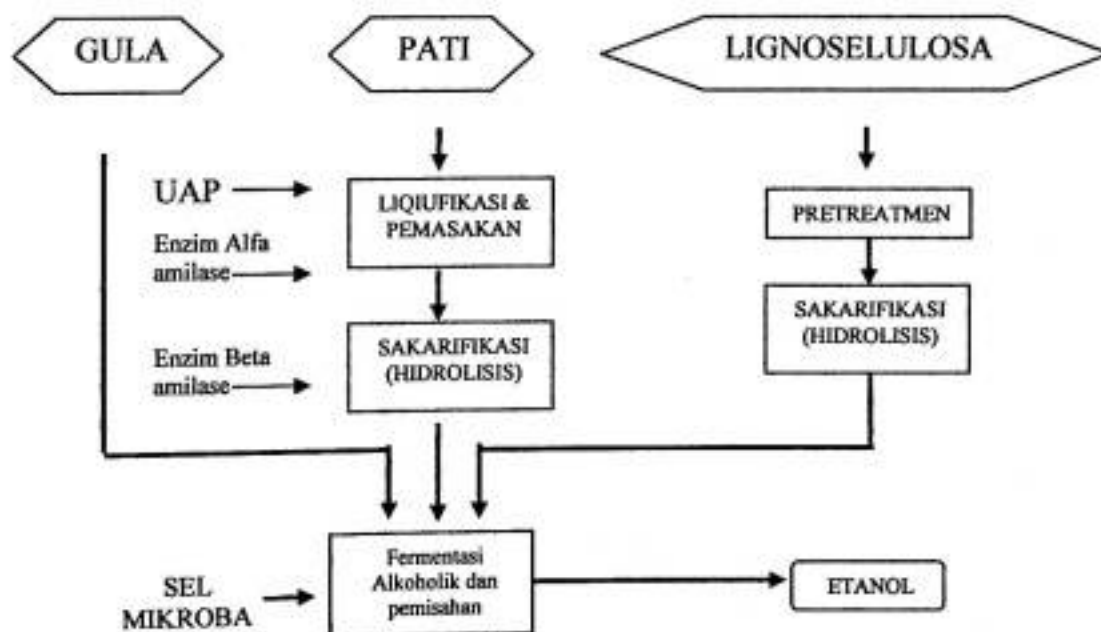
Gambar 1. Proses Perombakan Pati menjadi Etanol

Etanol atau etil alkohol, juga dikenal dengan nama alkohol adalah suatu senyawa organik yang mengandung gugus hidroksil (gugus OH) dengan rumus molekul C_2H_5OH . Pembuatan etanol biasa dengan menggunakan ragi yang mempunyai pertumbuhan sempurna pada suhu $25 - 33\text{ }^{\circ}C$, pH antara 4 – 5 dan lama peragian antara 2 – 10 hari (Sa'id, 1987).

Menurut Prihandana, R. dkk. (2007) diagram alir pembuatan bioetanol dan proses kimia saat fermentasi etanol terdapat pada Gambar 2 dan 3 di bawah ini :



Gambar 2. Diagram proses fermentasi sukrosa oleh ragi



Gambar 3. Diagram alir proses pembuatan bioetanol dari bahan baku gula, pati, dan lignoselulosa.

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. Fermentasi

Fermentasi adalah proses produksi energi dalam sel dalam keadaan anaerobik (tanpa oksigen). Secara umum, fermentasi adalah salah satu bentuk respirasi anaerobik akan tetapi, terdapat definisi yang lebih jelas yang mendefinisikan fermentasi sebagai respirasi dalam lingkungan anaerobik dengan tanpa akseptor elektron eksternal. Gula adalah bahan yang umum dalam fermentasi. Beberapa contoh hasil fermentasi adalah etanol, asam laktat, dan hidrogen. Akan tetapi beberapa komponen lain dapat juga dihasilkan dari fermentasi seperti asam butirat dan aseton. Ragi dikenal sebagai bahan yang umum digunakan dalam fermentasi untuk menghasilkan etanol dalam bir, anggur dan minuman beralkohol lainnya. Respirasi anaerobik dalam otot mamalia selama kerja yang keras (yang tidak memiliki akseptor elektron eksternal), dapat dikategorikan sebagai bentuk fermentasi (Wikipedia Indonesia, 2008).

Fermentasi berasal dari bahasa latin *fervece* dan secara sempit berarti transformasi dari anggur menjadi minuman anggur (*wine*). Istilah tersebut digunakan untuk menerangkan terjadinya penggelembungan atau pendidihan yang

terlihat dalam pembuatan anggur, yaitu pada saat sebelum ditemukannya khamir. Akan tetapi setelah penemuan ahli kimia perancis Louis Pasteur, istilah tersebut biasa digunakan bagi aktivitas mikroba, dan kemudian bagi aktivitas enzim. Bahkan istilah yang berlaku sekarang dipakai untuk menjelaskan pengeluaran gas karbon dioksida selama sel-sel hidup bekerja (Desrosier, N.W, 1988 dalam Wulan, 2004).

Proses fermentasi dimaksudkan untuk mengubah glukosa menjadi etanol/bio-etanol (alkohol) dengan menggunakan ragi. Alkohol yang diperoleh dari proses fermentasi ini, biasanya alkohol dengan kadar 8 sampai 10 persen. Sementara itu, bila fermentasi tersebut digunakan bahan baku gula (molases), proses pembuatan etanol dapat lebih cepat. Pembuatan etanol dari molases tersebut juga mempunyai keuntungan lain, yaitu memerlukan bak fermentasi yang lebih kecil. Etanol yang dihasilkan proses fermentasi tersebut perlu ditingkatkan kualitasnya dengan membersihkannya dari zat-zat yang tidak diperlukan (Nurdyastuti, 2008).

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. 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 20-30⁰C 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 22,5%.

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 peremajaan jamur *S. cerevisiae*, analisis kadar karbohidrat, larutan *S. cerevisiae*, proses hidrolisis, fermentasi, dan distilasi. dan pengujian kadar etanol 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, *ent case*, ruang asam, inkubator, *oven*, desikator, dan pendingin tegak.

2. Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah pati sagu sebanyak 4 kg, jamur *S. cerevisiae*, air suling, HCl (37%, 3% dan 0,2 molar), KI, KIO₃, larutan Na₂S₂O₃, H₂SO₄ 4 N, larutan luff, alkohol, faselin, pH indikator, toge,

bacto agar, glukosa, aluminium foil, faselin, pupuk urea dan NPK, kertas saring dan kertas label, *tissue*.

C. Prosedur Penelitian

Prosedur pembuatan bioetanol dapat dibagi ke dalam beberapa tahapan yaitu : persiapan bahan baku, peremajaan jamur *S. cerevisiae*, analisis kadar karbohidrat, larutan *S. cerevisiae*, proses hidrolisis, fermentasi, dan distilasi.

1. Persiapan Bahan Baku

Empulur dari pohon sagu yang di belah, lalu diserut sedemikian rupa. Hasil serutan dikumpulkan, lalu disiram dengan air bersih dan diaduk sampai rata kemudian disaring dan di endapkan. Hasil endapan dipisahkan dari air yang sudah mulai jernih, sehingga diperoleh aci sagu basah. Aci sagu basah lalu dikeringkan sehingga didapatkan aci kering. Aci kering di saring, lalu di timbang sebanyak 4 kg dan disimpan dalam wadah yang tertutup, untuk perlakuan proses hidrolisis dan fermentasi.

2. Peremajaan Jamur *S. cerevisiae*

1. Empat puluh g kecamba kacang hijau ditimbang 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 sebanyak 4 g dan 12 g, lalu dicampurkan ekstrak touge dan diaduk sampai rata, kemudian dimasukan kedalam tabung reaksi.
3. Tabung reaksi kemudian ditutup dengan kapas dan *aluminium foil*, lalu dimasukan kedalam *autoclave* dengan suhu 121°C selama 15 menit.

4. Setelah dari *autoclave*, tabung reaksi didinginkan dengan cara dimiringkan.
5. Media yang sudah dingin dipindahkan kedalam *ent case* tempat untuk memindahkan mikroba.
6. Pemindahan mikroba dari tabung reaksi yang berisi *S. cerevisiae* kedalam media yang telah dibuat dengan menggunakan ose.
7. Setelah dipindahkan ke media yang baru, maka media tersebut dimasukkan kedalam incubator selama 2 hari.

3. Analisis kadar karbohidrat

1. Satu g contoh sagu ditimbang, lalu dimasukkan dalam erlenmeyer asah
2. Seratus lima puluh ml HCl 3 % dan batu didih ditambahkan kedalam erlenmeyer asah
3. Campuran tadi dihidrolisis selama 2 jam dengan menggunakan pendingin tegak
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 pendingin tegak, dididihkan selama 10 menit setelah mendidih.
7. Setelah mendidih campuran tadi 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 $Na_2S_2O_3$ yang diperoleh setelah dititrasi adalah 12 ml.

4. Larutan Jamur *S. cerevisiae*

1. Sampel contoh sagu sebanyak 120 g diambil dan ditimbang sebanyak 5 kali, lalu dimasukkan dalam 5 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 dikeluarkan dari *autoclave*, dan dibiarkan sampai mencapai suhu kamar
4. Isi labu erlenmeyer disaring dengan menggunakan kertas saring 1 mikron sampai didapatkan filtrat
5. Filtrat yang diperoleh diatur pH sampai mencapai 5. Setelah itu, ditambahkan urea 1,35 g dan NPK 0,45 g, lalu diaduk sampai rata.
6. Filtrat lalu dimasukkan dalam 5 botol fermentasi masing-masing 450 ml. Kemudian botol fermentasi dipasteurisasi selama 30 menit
7. Setelah itu 5 botol fermentasi dikeluarkan dari tempat pasteurisasi, lalu dibiarkan sampai mencapai suhu kamar. setelah mencapai suhu kamar, dimasukkan jamur *S. cerevisiae* masing-masing 3 ose
8. Lima 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. cerevisiae* difermentasi selama 2 hari.

5. Hidrolisis

1. Seratus dua puluh g contoh sagu ditimbang sebanyak 27 kali, lalu dimasukkan ke dalam labu erlenmeyer, dan 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. Labu erlenmeyer dikeluarkan dari *autoclave*, dan dibiarkan sampai mencapai suhu kamar
4. Menyaring isi labu erlenmeyer tadi dengan kertas saring 1 mikron sampai didapatkan filtratnya, kemudian mengatur pH sampai mencapai 5.

6. Fermentasi

1. Larutan dari hasil proses hidrolisis dimasukan kedalam 27 botol fermentasi masing-masing 450 ml lalu dipasteurkan selama 30 menit.
2. Setelah pasteurisasi, botol didinginkan sampai mencapai suhu kamar.
3. Setelah mencapai suhu kamar, kemudian dimasukan *S. cereviceae* masing-masing 90 ml (perbandingan berat), urea (2,25 g, 4,5 g, 6,75g, 9 g) dan NPK (2,25 g, 4,5 g, 6,75 g, 9 g) dimana setiap perlakuan diulang sebanyak 3 kali.
4. Botol fermentasi ditutup dan bagian tutupnya disambungkan selang dan ujung selang satu dimasukkan kedalam gelas kimia yang telah diisi air suling. Kemudian dibiarkan beberapa hari sampai gelembung CO₂ pada filtrat tidak muncul lagi.

7. Destilasi

Percobaan ini menggunakan destilasi fraksionasi untuk memisahkan etanol dari alkohol yang tadinya bercampur dengan air. Campuran alkohol dengan air dipanaskan pada suhu 80°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 analisa kerapatan, kadar etanol, dan rendemen dari etanol yang dihasilkan.

D. Variabel Pengamatan

1. Rendemen

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

2. 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 air suling dengan rumus:

$$\text{Volume air suling} = \frac{\text{Berat air suling (g)}}{\text{BJ air suling pada suhu } 28^{\circ}\text{C (0,999534)}} \times 100\%$$

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 tanda batas
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).

3. Kadar Etanol

1. Memipet larutan etanol yang telah didestilasi masing-masing 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:

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

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

E. Analisis Data

Rancangan percobaan yang digunakan adalah rancangan percobaan faktorial dengan rancangan dasar rancangan acak lengkap (RAL), di mana setiap kombinasi perlakuan diulang masing-masing sebanyak tiga kali yang terdiri atas 2 faktor, yaitu:

- Jenis starter (faktor A) yang terdiri atas 2 taraf:

A_1 = pupuk urea

A_2 = pupuk NPK

- Jumlah kosentrasi (faktor B) yang terdiri atas 4 taraf:

B_1 = kosentrasi 0,5%

B_2 = kosentrasi 1 %

B_3 = kosentrasi 1,5%

B_4 = kosentrasi 2 %

Model matematis untuk rancangan faktorial menurut Gaspertz (1991), sebagai berikut:

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + (\alpha\beta)_{ij} + \epsilon_{ijk}$$

Di mana :

Y_{ijk} = Nilai pengamatan pada satuan percobaan ke-k yang memperoleh kombinasi perlakuan ij (taraf ke-i dari faktor A dan taraf ke-j dari

faktor B).

- μ = Nilai tengah populasi (rata-rata yang sesungguhnya)
- α_i = Pengaruh aditif taraf ke-i dari faktor A.
- B_j = Pengaruh aditif taraf ke-j dari faktor B.
- $(\alpha\beta)_{ij}$ = Pengaruh interaksi taraf ke-i faktor A dan taraf ke-j faktor B
- ϵ_{ijk} = Pengaruh galat dari satuan percobaan ke-k yang memperoleh kombinasi ij.

Disamping perlakuan tersebut, juga dilakukan percobaan dengan tanpa pemberian *starter* (kontrol) yang diulang sebanyak 3 kali. Data rendemen bioetanol, kadar etanol dan berat jenis dianalisis dengan menggunakan analisis ragam, sedangkan untuk mengetahui pengaruh kontrol dengan perlakuan dan pengaruh perlakuan (penambahan *starter*) pada beberapa tingkat konsentrasi yang berbeda, diuji lanjut dengan uji beda nyata jujur (BNJ) atau *Tukey Test*, dengan rumus sebagai berikut :

$$w = q_{\alpha} (p, fe) S_y$$

Di mana :

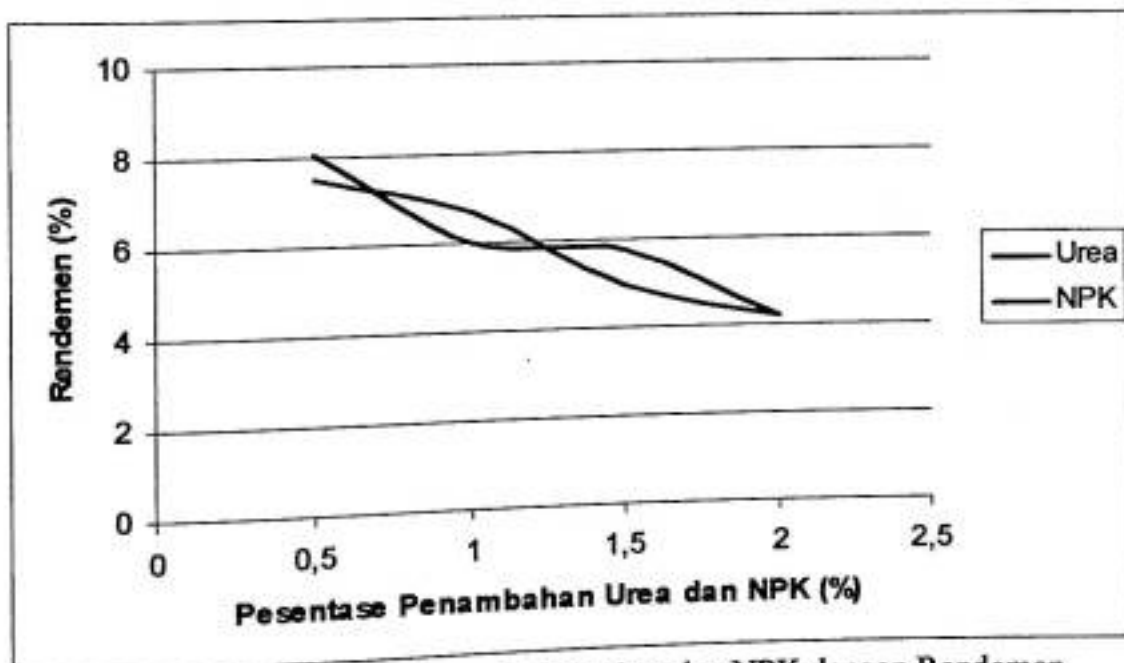
- w = Nilai uji Tukey (BNJ)
- q_{α} = Nilai tabel Tukey
- p = Jumlah perlakuan
- fe = Derajat bebas galat
- S_y = Galat baku nilai tengah = $(s^2/r)^{1/2}$
- s^2 = Kuadrat tengah galat
- r = Jumlah ulangan

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil

1. Rendemen

Rendemen rata-rata etanol yang diperoleh dari hasil fermentasi sagu berkisar antara 4,18 - 8,05% (Lampiran 2). Berdasarkan hasil analisis ragam (Lampiran 3), pemberian perlakuan menghasilkan rendemen yang berbeda sangat nyata dengan kontrol. Jenis starter dan interaksinya dengan konsentrasi menghasilkan rendemen berbeda tidak nyata, sedangkan perbedaan konsentrasi menghasilkan rendemen yang berbeda sangat nyata. Rendemen rata-rata yang dihasilkan untuk setiap jenis starter masing-masing konsentrasi disajikan pada gambar 3.



Gambar 3. Kurva Hubungan Penambahan Urea dan NPK dengan Rendemen

Dari Gambar 3, dapat dilihat bahwa ada kecenderungan semakin besar konsentrasi menghasilkan rendemen yang lebih rendah. Untuk mengetahui perbedaan pengaruh konsentrasi terhadap rendemen dilakukan uji beda nyata jujur sebagai berikut :

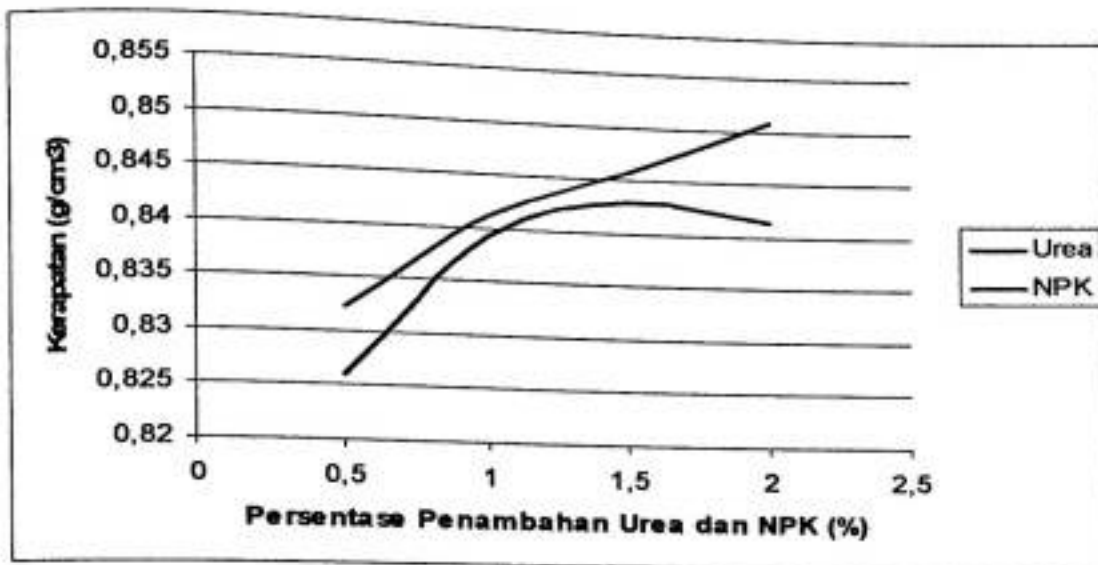
Tabel 1. Uji BNJ Pengaruh Kosentrasi Terhadap Rendemen Rata-Rata

Perlakuan Kosentrasi	Rata-Rata Rendemen	Hasil Uji BNJ (<i>Tukey Test</i>) _{0,01} 1,609
0,5%	7.7700	a
1%	6.3633	ab
1,5%	5.3417	bc
2%	4.1967	c

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

2. Kerapatan

Kerapatan rata-rata etanol yang diperoleh dari hasil fermentasi sagu berkisar antara 0,826-0,0808% (Lampiran 4). Berdasarkan hasil analisis ragam (Lampiran 5), pemberian perlakuan menghasilkan kerapatan yang berbeda sangat nyata dengan kontrol. Jenis starter dan perbedaan konsentrasi menghasilkan kerapatan yang berbeda sangat nyata, sedangkan interaksi antara jenis starter dengan konsentrasi menghasilkan kerapatan yang berbeda tidak nyata. Kerapatan rata-rata yang dihasilkan untuk setiap jenis starter masing-masing konsentrasi disajikan pada Gambar 4.



Gambar 4. Kurva Hubungan Penambahan Urea dan NPK dengan Kerapatan

Dari Gambar 4, dapat dilihat bahwa ada kecenderungan semakin besar konsentrasi menghasilkan kerapatan yang lebih tinggi. Untuk mengetahui perbedaan pengaruh konsentrasi terhadap rendemen dilakukan uji beda nyata jujur sebagai berikut :

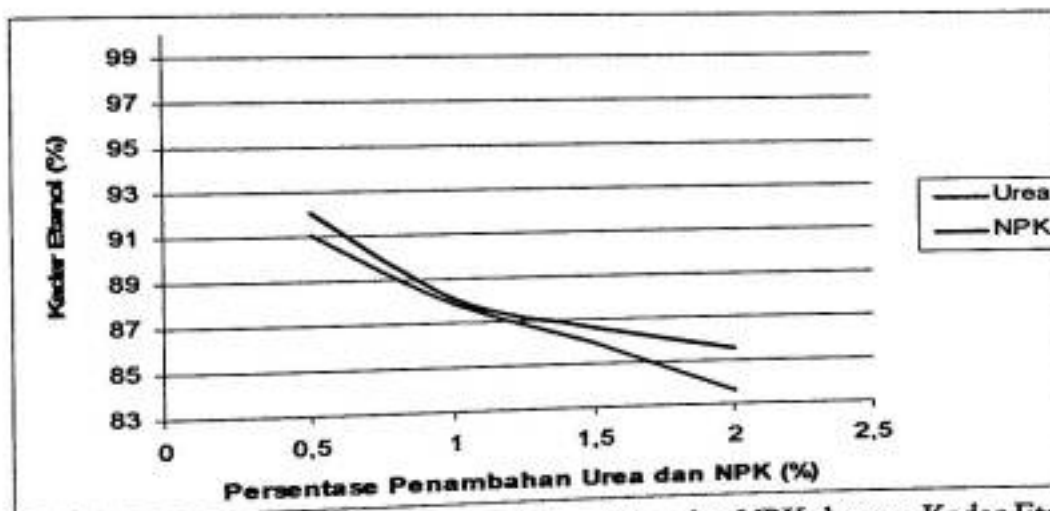
Tabel 2. Uji BNJ Pengaruh Kosentrasi Terhadap Kerapatan Rata-Rata

Perlakuan Konsentrasi	Rata-Rata Kerapatan Etanol	Hasil Uji BNJ (<i>Tukey Test</i>) <u>0,01</u> 0,011
0,5%	0,8291	a
1%	0,8402	b
1,5%	0,8444	b
2%	0,8460	b

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

3. Kadar Etanol

Kadar rata-rata etanol yang diperoleh dari hasil fermentasi sagu berkisar antara 83,6167-92,1000% (Lampiran 6). Berdasarkan hasil analisis ragam (Lampiran 7), pemberian perlakuan menghasilkan kadar etanol yang berbeda tidak nyata dengan kontrol. Jenis starter dan perbedaan konsentrasi menghasilkan kadar etanol yang berbeda sangat nyata, sedangkan interaksi antara jenis starter dengan konsentrasi menghasilkan kadar etanol yang berbeda tidak nyata. Kadar etanol rata-rata yang dihasilkan untuk setiap jenis starter masing-masing konsentrasi disajikan pada Gambar 5.



Gambar 5. Kurva Hubungan Penambahan Urea dan NPK dengan Kadar Etanol

Dari Gambar 5, dapat dilihat bahwa ada kecenderungan semakin besar konsentrasi menghasilkan kadar etanol yang lebih rendah. Untuk mengetahui perbedaan pengaruh konsentrasi terhadap kadar etanol dilakukan uji beda nyata jujur sebagai berikut :

Tabel 3. . Uji BNJ Pengaruh Kosentrasi Terhadap Rendemen Rata-Rata

Perlakuan Konsentrasi	Rata-Rata Kadar Etanol	Hasil Uji BNJ (<i>Tukey Test</i>) <u>0,01</u> 1,80
0,5%	91,5833	a
1%	87,9667	b
1,5%	86,2733	bc
2%	84,5800	cd

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

B. Pembahasan

1. Rendemen

Hasil uji BNJ pada Lampiran 3, menunjukkan bahwa kontrol (tanpa pupuk), berbeda sangat nyata dengan perlakuan pemberian starter. Perlakuan 0,5% (urea, NPK) akan menghasilkan rendemen yang lebih tinggi dari kontrol. Sedangkan perlakuan 1% (urea, NPK), 1,5% (urea, NPK) dan 2% (urea, NPK), akan menghasilkan rendemen yang lebih rendah dari kontrol. Hal ini mengindikasikan bahwa semakin tinggi perlakuan pemberian starter, maka rendemen yang dihasilkan semakin rendah. Karena penambahan 0,5% hanya sebagai pemancing dari jamur, akan tetapi jika penambahan diatas 0,5% menghasilkan rendemen yang rendah karena jamur terkonsentrasi pada starter yang diberikan. Rendemen etanol 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, hal ini diperkuat dengan

Rianto (2005) mengatakan bahwa 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.

Hasil pada Gambar 3, menunjukkan bahwa perlakuan dengan pupuk urea (5,9983%) lebih tinggi dibandingkan pupuk NPK (5,8375) karena pupuk urea memiliki kandungan nitrogen lebih banyak dibandingkan dengan pupuk NPK. Hal ini diperkuat dengan Tenriola (2004), bahwa jamur membutuhkan nutrisi (zat gizi) untuk pertumbuhan dan perkembangbiakannya seperti nitrogen.

Berdasarkan hasil uji BNJ pada Tabel 1, menunjukkan bahwa rata-rata rendemen perlakuan konsentrasi 0,5%, 1%, 1,5%, dan 2% masing-masing 7,7700%, 6,3633%, 5,3417%, dan 4,1967%. Hal ini menunjukkan bahwa perlakuan 0,5% berbeda tidak nyata dengan perlakuan 1% namun berbeda sangat nyata dengan perlakuan 1,5% dan 2%. Perlakuan 1% berbeda tidak nyata dengan perlakuan 1,5% namun berbeda nyata dengan perlakuan 0,5% dan 2%. Hasil ini menyatakan bahwa konsentrasi yang bagus untuk digunakan dalam pembuatan etanol guna menghasilkan rendemen yang tinggi yaitu perlakuan konsentrasi 0,5%. Sedangkan interaksi antara pupuk dengan konsentrasi berpengaruh tidak nyata.

2. Kerapatan

Hasil uji BNJ pada Lampiran 5, menunjukkan bahwa kontrol (tanpa pupuk), berbeda nyata dengan perlakuan pemberian starter. Perlakuan 0,5% (urea, NPK) menghasilkan kerapatan yang rendah (kualitas etanol tinggi) dibandingkan dengan kontrol. Sedangkan perlakuan 1% (urea, NPK), 1,5% (urea,

NPK), dan 2% (urea, NPK) menghasilkan kerapatan yang tinggi (kualitas etanol rendah) dibandingkan dengan kontrol. Hal ini mengindikasikan bahwa kerapatan etanol sangat tergantung pada persentase penambahan perlakuan, semakin tinggi persentase perlakuan yang diberikan maka kerapatan etanol yang dihasilkan juga tinggi, hal ini sesuai dengan Martin (1983) bahwa kerapatan etanol semakin kecil, maka kadar etanol didalam larutan tersebut semakin besar hal ini dikarenakan etanol mempunyai kerapatan lebih kecil daripada air.

Hasil pada Gambar 4, menunjukkan bahwa perlakuan dengan menggunakan pupuk urea ($0,8374 \text{ g/cm}^3$) lebih rendah dibandingkan dengan pupuk NPK ($0,8425 \text{ g/cm}^3$) hal ini disebabkan karena kemampuan jamur dalam menguraikan nutrisi berupa nitrogen sangat cepat dibandingkan dengan unsur-unsur lain.

Hasil uji BNJ pada Tabel 2, menunjukkan bahwa rata-rata kerapatan tiap perlakuan konsentrasi 0,5%, 1%, 1,5%, dan 2% masing-masing $0,8291 \text{ g/ml}$, $0,8402 \text{ g/ml}$, $0,8444 \text{ g/ml}$ dan $0,8460 \text{ g/ml}$. Hal ini menunjukkan bahwa perlakuan 0,5% berbeda sangat nyata dengan perlakuan 1%, 1,5%, 2%. Hasil ini menyatakan bahwa konsentrasi yang bagus untuk digunakan dalam pembuatan etanol guna menghasilkan kerapatan yang rendah yaitu perlakuan dengan konsentrasi 0,5%. Sedangkan interaksi antara pupuk dengan konsentrasi berbeda tidak nyata.

3. Kadar Etanol

Hasil uji BNJ pada Lampiran 7, menunjukkan bahwa kontrol (tanpa pupuk) berbeda tidak nyata dengan perlakuan pemberian starter. Perlakuan 0,5 % (urea, NPK) menghasilkan kadar etanol yang lebih tinggi daripada kontrol karena

perlakuan yang diberikan hanya sebagai pemancing dari jamur *S.cerevisiae* yang selebihnya menguraikan pati menjadi etanol sedangkan perlakuan 1%, 1,5% dan 2% menghasilkan kadar etanol yang rendah dibandingkan dengan kontrol karena jamur *S. cerevisiae* lebih terkonsentrasi pada nutrisi yang sudah ada tanpa menguraikan pati menjadi etanol. Hal ini menunjukkan bahwa kadar etanol tergantung pada jumlah persentase penambahan perlakuan, semakin tinggi persentase penambahan perlakuan maka semakin rendah kadar etanol yang dihasilkan. 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.

Hasil Gambar 5, menunjukkan bahwa perlakuan dengan menggunakan pupuk urea ($88,09 \text{ g/cm}^3$) lebih rendah dibandingkan dengan pupuk NPK ($87,1025 \text{ g/cm}^3$) pupuk urea memiliki kandungan nitrogen lebih banyak dibandingkan dengan pupuk NPK. Hal ini diperkuat dengan Tenriola (2003), bahwa jamur membutuhkan nutrisi (zat gizi) untuk pertumbuhan dan perkembangbiakannya seperti nitrogen.

Berdasarkan hasil uji BNJ pada Tabel 3, menunjukkan bahwa rata-rata kadar etanol tiap perlakuan konsentrasi 0,5%, 1%, 1,5%, dan 2% masing-masing 91,5833%, 87,9667%, 86,2733%, dan 84,5800%. Hal ini menunjukkan bahwa semua perlakuan berbeda sangat nyata dengan perlakuan lain. Hasil ini

menyatakan bahwa konsentrasi yang bagus untuk digunakan dalam pembuatan etanol guna menghasilkan kadar etanol yang tinggi yaitu perlakuan konsentrasi 0,5%.

V. KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan bahwa semakin tinggi persentase penambahan perlakuan pada sagu maka semakin tinggi kadar etanol dan rendemen etanol yang dihasilkan, sedangkan kerapatan etanol semakin rendah.

B. Saran

Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut untuk mengetahui kualitas etanol dari sagu dengan menggunakan destilasi *absorbent*, guna sebagai bahan informasi yang jelas bagi semua pihak dalam penggunaan bahan bakar alternatif.

DAFTAR PUSTAKA

- Biologi Kelas 1. 2000. Klasifikasi Jamur. <http://www.Jamur.co.id>.
- Dody, A. 2008. Dilema Presiden Menaikan Harga BBM. Antara. [28 September 2008]
- Harris. 1987. Tanaman Minyak Atsiri. Penebar Swadaya, Jakarta.
- Haygreen, G. J., dan J. L., Bowyer. 1982. Terjemahan Hasil Hutan dan Ilmu Kayu. Penerbit Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.
- Haryanto, B. dan Pangloli, P. 1992. Potensi dan Pemanfaatan Sagu. Penerbit Kanisius. Yogyakarta.
- Harahap, H. 2003. Karya Ilmiah. Produksi Alkohol. Program Studi Teknik Kimia. Fakultas Kimia. Universitas Sumatra Utara.
- Hambali, E., Mujdalipah s., Tambunan, A.H., Pratiwi, A.W., Henroko, R. 2007. Teknologi Bioenergi. Fakultas Teknologi Pertanian. Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Judoamidjojo Muljono. Azis Darwis. dan Sa'id Guambir, E. 1992. Teknologi Fermentasi. Rajawali Pers. Jakarta.
- 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. [21 September 2005].
- Nurdyastuti, I. 2008. Teknologi Proses Produksi Bio-Ethano. Prospek Pengembangan Bio-fuel sebagai Substitusi Bahan Bakar Minyak.
- Pikiran Rakyat, 2008. Pemupukan Berimbang Terkendala Pasokan Pupuk.
- Prihandana, R., Noerwijaya, K., Adinuraini, G.P., Setyaningsih, D., dan Hendroko, R. 2007. Bioetanol Ubi Kayu : Bahan Bakar Masa Depan. PT. Agromedia Pustaka. Jakarta.
- Riyanto. 2005. Menimbang Kelayakan Bioetanol sebagai Pengganti Bensin. <Http://www.hangtuah.or.id> [5 September 2006].

- Sa'id Guambir, E., 1987. Penerapan Teknologi Fermentasi. Mediyatama Sarana Perkasa. Jakarta.
- Sardjoko. 1991. Bioteknologi Latar Belakang dan Beberapa Penerapannya. Penerbit Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.
- Soekarto, S.T. dan S. Winjandi. 1983, Proses Pengembangan Sagu Sebagai Bahan Pangan di Indonesia. Seri Monitoring Strategis Perkembangan IPTEK No. Monstra/4/1983. Biro Koordinasi dan Kebijakan Ilmiah-LIPI. [Tidak Dipublikasikan].
- Soerawidjaja, T. 2006. Proses Pembuatan Etanol, Seminar Nasional Biofuel, Implementasi Biofuel sebagai Energi Alternatif. Departemen Energi dan Sumber Daya Mineral, Bogor [Tidak Dipublikasikan].
- Suhardi., Sudjoko, S.A., Minarningsih, Sabarnurdin. S., Dwidjono, H.D., Widodo, A. 2002. Hutan dan Kebun Sebagai Sumber Pangan Nasional. Penerbit Kanisius.
- Sutejo, M. M. 2002. *Pupuk dan Cara Pemupukan*, penerbit Rineka Cipta, Jakarta.
- Suriawira. 2007. Pengantar Mikrobiologi Umum. <http://www.wikilopedia.co.id>.
- Tenriola, A. 2003. Pembuatan Etanol dari Limbah Organik Pasar Tradisional. Jurusan Teknik Kimia. Politeknik Negeri Ujung Pandang. Makassar.
- Wulan, A. 2004. *Biokonversi Tepung Sagu dan Aplikasinya Sebagai Probiotik pada Ternak Doc (Daily Old Chicken)*. Jurusan Teknik Kimia. Politeknik Ujung Pandang. Makassar.
- Wikipedia Indonesia. 2008. Fermentasi. <http://www.wikipedia.co.id>. [1 Februari 2008].