

**PEMANFAATAN LIMBAH KULIT UBI KAYU (*Manihot utilissima* Pohl.)  
DAN KULIT NANAS (*Ananas comosus* L.) PADA PRODUKSI  
BIOETANOL MENGGUNAKAN *Aspergillus niger***

**Skripsi**

Untuk memenuhi sebagian persyaratan  
guna memperoleh gelar Sarjana Sains



Oleh :

Ani Rahmawati

NIM. M0406001

**JURUSAN BIOLOGI  
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
UNIVERSITAS SEBELAS MARET  
SURAKARTA**

**2010**

## **BAB I**

### **PENDAHULUAN**

#### **A. Latar Belakang Masalah**

Bahan Bakar Minyak (BBM) dalam negeri menjadi semakin berkurang, bahkan di beberapa tempat terpencil mengalami kelangkaan pasokan. Oleh karena itu sudah saatnya Indonesia mencari alternatif lain, sumber energi fosil yang sifatnya tidak terbarukan beralih ke sumber energi berbahan baku nabati yang sifatnya terbarukan. Sebagai negara agraris dan tropis, Indonesia telah dianugerahi kekayaan alam yang melimpah yang dapat digunakan sebagai bioenergi. Selain merupakan solusi menghadapi kelangkaan energi fosil pada masa mendatang, bioenergi bersifat ramah lingkungan, dapat diperbaharui (*renewable*), serta terjangkau masyarakat (Hambali dkk, 2007).

Sesuai dengan Peraturan Pemerintah No.5/2006, kurun waktu 2007-2010, pemerintah menargetkan mengganti 1,48 miliar liter bensin dengan bioetanol. Diperkirakan kebutuhan bioetanol akan meningkat 10% pada tahun 2011-2015, dan 15% pada 2016-2025. Pada kurun pertama 2007-2010 selama 3 tahun pemerintah memerlukan rata-rata 30.833.000 liter bioetanol/ bulan. Saat ini bioetanol baru dapat dipasok sebanyak 137.000 liter setiap bulannya (0,4%). Hal ini berarti setiap bulan pemerintah kekurangan pasokan 30.696.000 liter bioetanol sebagai bahan bakar (Nurianti, 2007).

Bioetanol adalah cairan biokimia pada proses fermentasi gula dari sumber karbohidrat dengan menggunakan bantuan mikroorganisme dilanjutkan dengan proses destilasi. Sebagai bahan baku digunakan tanaman yang mengandung pati, selulosa dan sukrosa. Dalam perkembangannya produksi bioetanol yang paling banyak digunakan adalah metode fermentasi dan destilasi. Bioetanol dapat digunakan sebagai pengganti bahan bakar minyak tergantung dari tingkat kemurniannya. Bioetanol dengan kadar 95-99% dapat dipakai sebagai bahan substitusi premium (bensin), sedangkan kadar 40% dipakai sebagai bahan substitusi minyak tanah (Nurianti, 2007).

Ubi kayu merupakan jenis ubi yang banyak dikonsumsi masyarakat. Ubi kayu merupakan sumber karbohidrat yang paling penting setelah beras, sesuai dengan kemajuan teknologi pengolahan ubi kayu tidak hanya terbatas pada produksi pangan, tetapi merambah sebagai bahan baku industri pellet atau pakan ternak, tepung tapioka pembuatan alkohol, tepung gaplek, ampas tapioka yang digunakan dalam industri kue, roti, kerupuk, dan lain-lain (Rukmana, 1996).

Kulit ubi kayu yang diperoleh dari produk tanaman ubi kayu (*Manihot esculenta* Cranz atau *Manihot utilissima* Pohl) merupakan limbah utama pangan di negara-negara berkembang. Semakin luas areal tanaman ubi kayu diharapkan produksi umbi yang dihasilkan semakin tinggi sehingga tinggi pula limbah kulit yang dihasilkan. Setiap kilogram ubi kayu biasanya dapat menghasilkan 15 – 20 % kulit umbi. Kandungan pati kulit ubi kayu yang cukup tinggi, memungkinkan digunakan sebagai sumber energi bagi mikroorganisme (Muhiddin dkk, 2000). Kulit ubi kayu mempunyai komposisi yang terdiri dari karbohidrat dan serat.

Menurut Grace (1977), persentase kulit ubi kayu yang dihasilkan berkisar antara 8-15% dari berat umbi yang dikupas, dengan kandungan karbohidrat sekitar 50% dari kandungan karbohidrat bagian umbinya.

Tanaman nanas merupakan salah satu tanaman komoditi yang banyak ditanam di Indonesia. Prospek agrobisnis tanaman nanas sangat cerah, cenderung semakin meningkat baik untuk kebutuhan buah segar maupun sebagai bahan olahan. Bagian utama yang bernilai ekonomi penting dari tanaman nanas adalah buahnya, memiliki rasa manis sampai agak asam menyegarkan, sehingga disukai oleh masyarakat luas. Di samping itu buah nanas mengandung gizi yang cukup tinggi dan lengkap. Permintaan nanas sebagai bahan baku industri pengolahan buah-buahan juga semakin meningkat misal untuk sirup, keripik, dan berbagai produk olahan nanas seperti nata (Rukmana, 1996). Untuk pemanfaatan nanas hanya terbatas pada daging buahnya saja, sementara kulit dan bonggolnya dibuang. Padahal kulit dan bonggol nanas tersebut masih memiliki manfaat. Menurut Wijana dkk, (1991) kulit nanas mengandung 81,72 % air; 20,87 % serat kasar; 17,53 % karbohidrat; 4,41 % protein dan 13,65 % gula reduksi.

Berdasarkan uraian di atas limbah kulit ubi kayu dan limbah kulit nanas merupakan salah satu sumber karbohidrat dan glukosa yang cukup tinggi, sehingga dilakukan penelitian untuk mengetahui kuantitas etanol dari limbah tersebut.

## **B. Perumusan Masalah**

Berdasarkan latar belakang di atas, maka didapatkan perumusan masalah yaitu: Berapa kuantitas etanol yang dihasilkan dari bahan limbah kulit ubi kayu, limbah kulit nanas, serta campuran limbah kulit ubi kayu dan kulit nanas menggunakan *Aspergillus niger* ?

## **C. Tujuan Penelitian**

Untuk mengetahui kuantitas etanol yang dihasilkan pada limbah kulit ubi kayu, limbah kulit nanas, serta campuran limbah kulit ubi kayu dan kulit nanas menggunakan *Aspergillus niger*.

## **D. Manfaat Penelitian**

1. Untuk mensosialisasikan kepada masyarakat Indonesia secara luas tentang bioetanol sebagai energi alternatif bahan bakar mesin.
2. Dapat digunakan sebagai dasar untuk mempertimbangkan peranan bioetanol sebagai energi alternatif yang dapat menyelesaikan masalah krisis energi, juga dinilai ramah lingkungan dan murah bagi masyarakat.

## BAB II

### LANDASAN TEORI

#### A. Tinjauan Pustaka

##### 1. Ubi Kayu (*Manihot utilissima* Pohl., *Manihot esculenta* Crantz sin.)



Gambar 1. Ubi Kayu (*Manihot utilissima* Pohl., *Manihot esculenta* Crantz sin.)

**Klasifikasi:**

Divisio : Spermatophyta (tumbuhan berbiji)

Sub Divisio : Angiospermae (berbiji tertutup)

Classis : Dicotyledoneae

Ordo : Euphorbiales

Familia : Euphorbiaceae

Genus : *Manihot*

Spesies : *Manihot utilissima* Pohl., *Manihot esculenta* Crantz sin.

(Steenis, 2005)

Ubi kayu (*Manihot utilissima* Pohl.) merupakan tanaman pangan berupa perdu dengan nama lain ketela pohon, singkong, atau kasape. Ubi kayu berasal dari benua Amerika, tepatnya dari negara Brasil. Penyebarannya hampir ke seluruh dunia, antara lain Afrika, Madagaskar, India, dan Tiongkok. Ubi kayu diperkirakan masuk ke Indonesia pada tahun 1852 (Hambali, 2007).

Ubi kayu merupakan tanaman yang berkayu arah tumbuhnya tegak. Daun tunggal atau majemuk, duduk tersebar atau berhadapan dengan daun-daun penumpu yang sering kali menyerupai kelenjar. Bunga hampir selalu berkelamin tunggal, berumah satu atau dua, dengan bentuk dan susunan yang beraneka rupa. Buahnya biasanya buah kendaga yang kalau masak pecah menjadi tiga bagian buah. Adapula yang berupa buah buni (Tjitrosoepomo, 2002).

Ubi kayu merupakan sumber karbohidrat yang paling penting setelah beras, tetapi sesuai dengan kemajuan teknologi pengolahan ubi kayu tidak hanya terbatas pada produksi pangan, tetapi merambah sebagai bahan baku industri pellet atau pakan ternak, tepung tapioka pembuatan etanol, tepung gaplek, ampas tapioka yang digunakan dalam industri kue, roti, kerupuk, dan lain-lain (Rukmana, 1996).

Ubi kayu sebagai bahan baku bioetanol memiliki kelebihan yaitu dapat tumbuh di tanah yang kurang subur, memiliki daya tahan yang tinggi terhadap penyakit, dan dapat diatur waktu panen. Potensi ubi kayu di Indonesia sangat besar (Hambali, 2007).

Di Indonesia ubi kayu sekarang banyak dimanfaatkan sebagai bahan baku dalam industri secara optimal, hal ini berarti akan memberi dampak positif terhadap kesejahteraan para petani, membuka lapangan pekerjaan serta memberi nilai lebih terhadap ubi kayu.

Kulit umbi ubi kayu yang diperoleh dari produk tanaman ubi kayu (*Manihot esculenta* Cranz atau *Manihot utilissima* Pohl) merupakan limbah utama pangan di negara-negara berkembang. Semakin luas areal tanaman ubi kayu diharapkan produksi umbi yang dihasilkan semakin tinggi yang pada gilirannya semakin tinggi pula limbah kulit yang dihasilkan. Setiap kilogram ubi kayu biasanya dapat menghasilkan 15 – 20 % kulit umbi. Kandungan pati kulit ubi kayu yang cukup tinggi, memungkinkan digunakan sebagai sumber energi bagi mikroorganisme (Muhiddin dkk, 2000). Kulit ubi kayu mempunyai komposisi yang terdiri dari karbohidrat dan serat. Menurut Grace (1977), persentase kulit ubi kayu yang dihasilkan berkisar antara 8-15% dari berat umbi yang dikupas, dengan kandungan karbohidrat sekitar 50% dari kandungan karbohidrat bagian umbinya.

## 2. Nanas (*Ananas comosus* L.)



Gambar 2. Nanas (*Ananas comosus* L.)

### **Klasifikasi**

Divisio : Spermatophyta (tumbuhan berbiji)

Sub Divisio : Angiospermae (berbiji tertutup)

Classis : Monocotyledoneae

Ordo : Bromeliales

Familia : Bromeliaceae

Genus : *Ananas*

Spesies : *Ananas comosus* L.

(Steenis, 2005)

Nanas merupakan salah satu jenis buah-buahan yang banyak dihasilkan di Indonesia, mempunyai penyebaran yang merata. Dari data statistik, produksi nanas di Indonesia untuk tahun 1997 adalah sebesar 542.856 ton dengan nilai konsumsi 16,31 kg/kapita/tahun. Dengan semakin meningkatnya produksi nanas, maka limbah yang dihasilkan akan semakin meningkat pula (Novitasari dkk, 2008).

Bagian utama yang bernilai ekonomi penting dari tanaman nanas adalah buahnya. Buah nanas selain dikonsumsi segar juga diolah menjadi berbagai macam makanan dan minuman, seperti selai, buah dalam sirup, bahan baku industri pertanian dan lain-lain. Rasa buah nanas manis sampai agak masam segar, sehingga disukai masyarakat luas. Disamping itu, buah nanas mengandung gizi cukup tinggi dan lengkap. Buah nanas mengandung enzim bromelain, (enzim protease yang dapat menghidrolisa protein, protease atau peptide), sehingga dapat digunakan untuk melunakkan daging. Enzim ini sering pula dimanfaatkan sebagai alat kontrasepsi keluarga berencana (Anonim, 2008).

Selama ini masyarakat Indonesia memanfaatkan nanas terbatas pada daging buahnya saja atau sebatas tanaman konsumsi saja, sementara kulit dibuang tidak dimanfaatkan atau diolah lebih lanjut karena struktur fisik kulitnya yang kasar dan keras.

Menurut Wijana, dkk (1991) kulit nanas mengandung 81,72 % air; 20,87 % serat kasar; 17,53 % karbohidrat; 4,41 % protein dan 13,65 % gula reduksi. Mengingat kandungan karbohidrat dan gula yang cukup tinggi tersebut maka kulit nanas memungkinkan untuk dimanfaatkan sebagai bahan baku pembuatan bahan kimia, salah satunya etanol melalui proses fermentasi.

### 3. Bioetanol

Bioetanol adalah cairan biokimia pada proses fermentasi gula dari sumber karbohidrat dengan menggunakan bantuan mikroorganisme dilanjutkan dengan proses destilasi. Sebagai bahan baku digunakan tanaman yang mengandung pati, ligno selulosa dan sukrosa. Dalam perkembangannya produksi bioetanol yang paling banyak digunakan adalah metode fermentasi dan destilasi (Rizani, 2000).

Etanol atau etil alkohol yang dipasarkan lebih dikenal sebagai alkohol merupakan senyawa organik dengan rumus kimia  $C_2H_5OH$ . Dalam kondisi kamar, etanol berwujud cairan yang tidak berwarna, mudah menguap, mudah terbakar, mudah larut dalam air dan tembus cahaya. Etanol adalah senyawa organik golongan alkohol primer. Sifat fisik dan kimia etanol bergantung pada gugus hidroksil (Rizani, 2000). Sifat fisik etanol dapat dilihat pada Tabel 1 berikut ini:

**Tabel 1. Sifat Fisik Etanol**

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

(Rizani, 2000)

Indonesia perlu mengembangkan bioetanol karena :

- Konsumsi energi meningkat
- Bahan bakar fosil akan habis
- Devisa (impor BBM)
- Potensi penggunaan biofuel
- Potensi lahan
- Potensi sumber daya manusia (petani) (MahasiswaNegerawan, 2007).

## Produksi Bioetanol

Produksi bioetanol dapat dibagi menjadi 3 tahap yaitu :

### ➤ Persiapan Bahan Baku

Bahan baku untuk produksi bioetanol didapatkan dari berbagai tanaman, baik yang secara langsung menghasilkan gula sederhana, semisal tebu (*sugarcane*), gandum manis (*sweet sorghum*) atau yang menghasilkan tepung seperti jagung (*corn*), singkong (*cassava*), gandum (*grain sorghum*) dan sago (*sago*). Persiapan bahan baku beragam bergantung pada bahan bakunya, tetapi secara umum terbagi menjadi beberapa proses, yaitu: (a) tebu dan gandum manis harus digiling untuk mengekstrak gula, (b) pati dan material selulosa harus dihancurkan untuk memecahkan susunan patinya agar bisa berinteraksi dengan air secara baik, dan (c) pemasakan, pati dikonversi menjadi gula melalui proses pemecahan menjadi gula kompleks (*liquefaction*) dan sakarifikasi (*saccharification*). Pemilihan jenis enzim sangat bergantung terhadap supplier untuk menentukan pengontrolan proses pemasakan. Tahap *liquefaction* memerlukan penanganan sebagai berikut: (1) pencampuran dengan air secara merata hingga menjadi bubur, (2) pengaturan pH agar sesuai dengan kondisi kerja enzim, (3) penambahan enzim ( $\alpha$ -amilase) dengan perbandingan yang tepat, dan (4) pemanasan bubur hingga kisaran 80° - 90°C, dimana tepung-tepung yang bebas akan mengalami gelatinasi (mengental seperti Jelly) seiring dengan kenaikan suhu, sampai suhu optimum enzim bekerja memecahkan struktur tepung secara kimiawi menjadi gula kompleks. Proses

*liquefaction* selesai ditandai dengan parameter dimana bubur yang diproses menjadi lebih cair seperti sup. Tahap sakarifikasi (pemecahan gula kompleks menjadi gula sederhana) melibatkan proses sebagai berikut: (a) pendinginan bubur sampai suhu optimum enzim sakarifikasi bekerja, (b) pengaturan pH optimum enzim, (c) penambahan enzim (glukoamilase) secara tepat, (d) mempertahankan pH dan temperature pada rentang 50°-60°C sampai proses sakarifikasi selesai (dilakukan dengan pengetesan gula sederhana yang dihasilkan) (Bustaman, 2008).

➤ Fermentasi

Pada tahap ini, tepung telah menjadi gula sederhana (glukosa dan sebagian fruktosa) dimana proses selanjutnya melibatkan penambahan enzim yang diletakkan pada ragi (yeast) agar dapat bekerja pada suhu optimum. Ragi adalah suatu inokulum atau *starter* untuk melakukan fermentasi dalam pembuatan produk tertentu. Proses fermentasi ini akan menghasilkan etanol dan CO<sub>2</sub>. Bubur kemudian dialirkan ke dalam tangki fermentasi dan didinginkan pada suhu optimum kisaran 27°- 32°C, dan membutuhkan ketelitian agar tidak terkontaminasi oleh mikroba lainnya. Karena itu keseluruhan rangkaian proses dari *liquefaction*, sakarifikasi dan fermentasi haruslah dilakukan pada kondisi bebas kontaminan. Selanjutnya ragi akan menghasilkan etanol sampai kandungan etanol dalam tangki mencapai 8-12% (biasa disebut dengan cairan beer), dan selanjutnya ragi tersebut akan menjadi tidak aktif, karena kelebihan etanol akan berakibat racun bagi ragi. Langkah selanjutnya adalah destilasi, sebelum destilasi perlu dilakukan

pemisahan padatan-cairan, untuk menghindari terjadinya penyumbatan selama proses destilasi (Bustaman, 2008).

Mikroorganisme yang digunakan untuk fermentasi alkohol :

Bakteri : *Clostridium acetobutylicum*, *Klebsiella pneumoniae*, *Leuconoctoc mesenteroides*, *Sarcina ventriculi*, *Zymomonas mobilis*, dll.

Fungi : *Aspergillus oryzae*, *Aspergillus niger*, *Endomyces lactis*, *Kloeckera sp.*, *Kluyveromyces fragilis*, *Mucor sp.*, *Neurospora crassa*, *Rhizopus sp.*, *Saccharomyces beticus*, *S. cerevisiae*, *S. ellipsoideus*, *S. oviformis*, *S. saki*, *Torula sp.*, dll (MahasiswaNegarawan, 2007)

Menurut Desrosier (1987), ada beberapa faktor yang mempengaruhi proses fermentasi, antara lain adalah sebagai berikut :

a. pH

Mikroba tertentu dapat tumbuh pada kisaran pH yang sesuai untuk pertumbuhannya.

b. Suhu

Suhu yang digunakan dalam fermentasi akan mempengaruhi mikroba yang berperan dalam proses fermentasi. Suhu optimal pada proses fermentasi yaitu 35<sup>0</sup>C dan 40<sup>0</sup>C.

c. Oksigen

Derajat an aerobiosis adalah merupakan faktor utama dalam pengendalian fermentasi. Bila tersedia O<sub>2</sub> dalam jumlah besar, maka produksi sel-sel khamir dipacu. Bila produksi alkohol yang

dikehendaki, maka diperlukan suatu penyediaan  $O_2$  yang sangat terbatas. Produk akhir dari suatu fermentasi sebagian dapat dikendalikan dengan tegangan  $O_2$  substrat apabila faktor-faktor lainnya optimum.

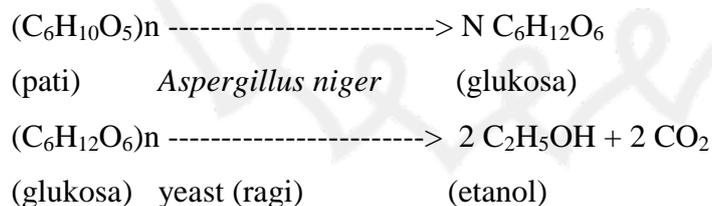
#### d. Substrat

Mikroba memerlukan substrat yang mengandung nutrisi sesuai dengan kebutuhan untuk pertumbuhannya.

#### ➤ Destilasi

Destilasi dilakukan untuk memisahkan etanol dari beer (sebagian besar adalah air dan etanol). Titik didih etanol murni adalah  $78^\circ C$  sedangkan air adalah  $100^\circ C$  (kondisi standar). Dengan memanaskan larutan pada suhu rentang  $78^\circ-100^\circ C$  akan mengakibatkan sebagian besar etanol menguap, dan melalui unit kondensasi akan bisa dihasilkan etanol dengan konsentrasi 95% volume (Bustaman, 2008).

Reaksi yang terjadi pada proses produksi bioetanol secara sederhana ditunjukkan pada reaksi :



(Nurdyastuti, 2007)

#### 4. *Aspergillus niger*



Gambar 3. *Aspergillus niger*

##### Klasifikasi

Kingdom	: Fungi
Phylum	: Ascomycota
Class	: Ascomycetes
Order	: Eurotiales
Family	: Eurotiaceae
Genus	: <i>Aspergillus</i>
Species	: <i>Aspergillus niger</i>

(Hardjo *et al.*, 1989)

*Aspergillus niger* mempunyai miselium bersekat-sekat. Pemiakannya secara vegetatif dengan konidia, sedangkan secara generatif dengan spora yang terbentuk di dalam askus. Bersifat sporofit, dalam bentuk koloni menghasilkan warna coklat-kekuningan, kehijau-hijauan dan kehitam-

hitaman. *Aspergillus niger* dapat berfungsi untuk menyederhanakan amilum (Dwidjoseputro, 1990).

*Aspergillus niger* mempunyai ukuran diameter 4-5cm. Dan terdiri dari suatu lapisan basal yang kompak berwarna putih hingga kuning dan suatu lapisan konidiofor yang lebat yang berwarna coklat tua hingga hitam. Kepala konidiofor berwarna hitam, berbentuk bulat. Vesikula bulat hingga semi bulat dan berdiameter 50-100 $\mu$ m. Konidia berbentuk bulat hingga semi bulat, berukuran 3,5-4,5 $\mu$ m. Berwarna coklat memiliki ornamentasi berupa tonjolan dan duri-duri yang tidak beraturan. Habitat spesies ini kosmopolit di daerah tropis dan subtropis dan mudah diisolasi dari tanah, udara, air dan lain sebagainya (Gandjar, 1999).

*Aspergillus niger* menghasilkan enzim  $\alpha$ -amilase dan glukamilase yang berperan mengurai pati menjadi glukosa dengan kata lain gula sederhana. Setelah menjadi gula difermentasi menjadi etanol (Fardiaz, 1988).

## 5. *Saccharomyces cerevisiae*

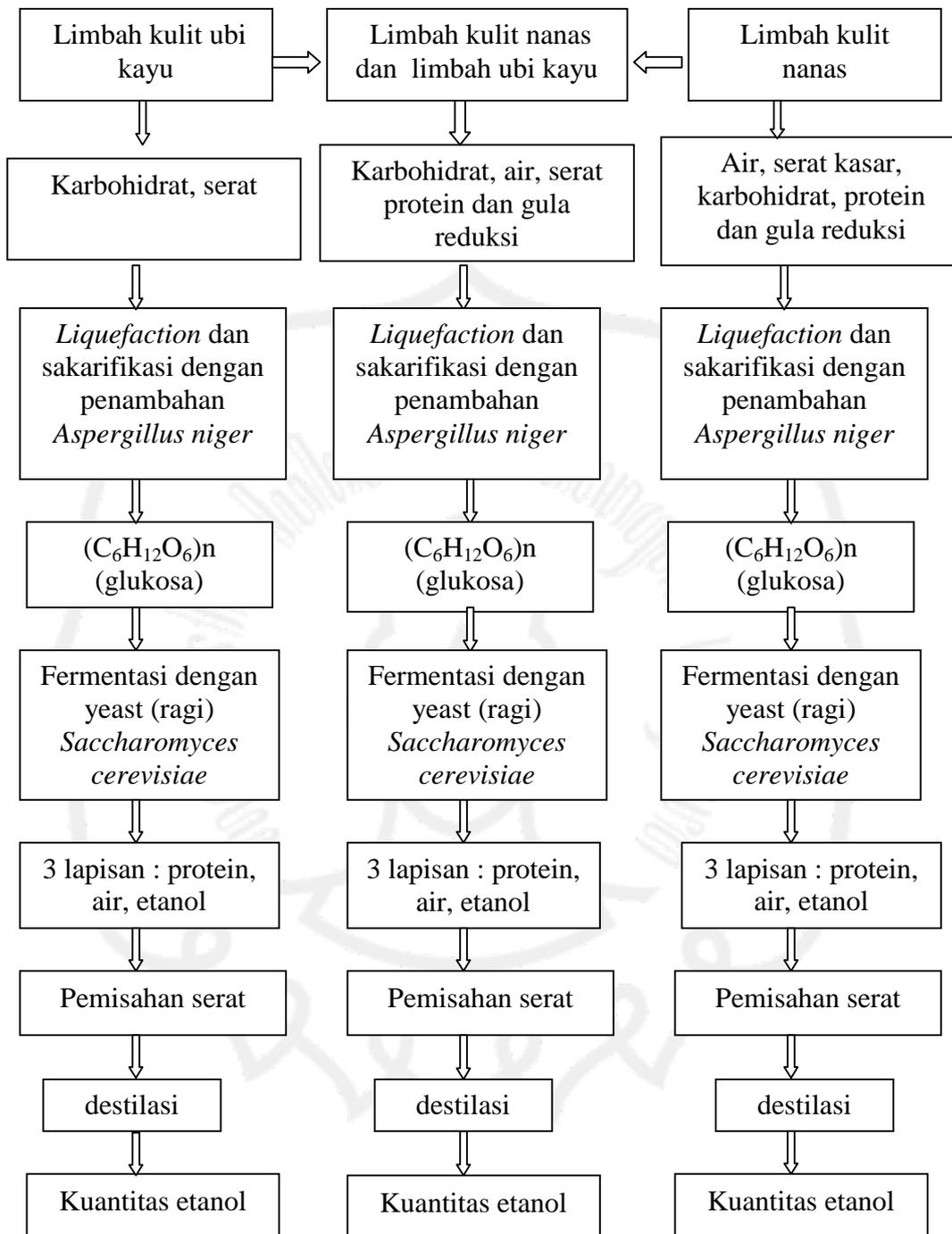
*Saccharomyces cerevisiae* mempunyai sel-sel yang bundar, lonjong, memanjang seperti benang dan menghasilkan pseudomiselium, berkembangbiak secara vegetatif dengan cara penguncupan multilateral. Konjugasi isogami atau heterogami dapat mendahului atau dapat terjadi setelah pembentukan askus. Dapat berbentuk tonjolan-tonjolan, setiap askus dapat mengandung satu sampai empat spora dengan berbagai bentuk, spora dapat berkonjugasi (Pelczar, 1988).

Salah satu jenis khamir yang biasa dipakai pada produk alkohol secara fermentasi adalah *Saccharomyces cerevisiae* (Volk, 1993). *Saccharomyces cerevisiae* merupakan khamir yang paling penting pada fermentasi utama dan akhir, karena mampu memproduksi alkohol dengan konsentrasi tinggi dan fermentasi spontan (Soedarmadji, 1997).

*Saccharomyces cerevisiae* merupakan galur terpilih yang biasa digunakan untuk fermentasi alkohol sebab mempunyai toleransi yang tinggi terhadap alkohol. *Saccharomyces cerevisiae* dapat memfermentasikan sukrosa menjadi etanol pada kondisi netral atau sedikit asam dalam kondisi anaerob, pada kondisi ini 10% glukosa dapat direspirasi menjadi CO<sub>2</sub> dan menghasilkan kadar etanol kurang dari 50% (Hawab, 2004).

## B. Kerangka Pemikiran

Kulit ubi kayu merupakan salah satu limbah tanaman yang memiliki kandungan pati cukup tinggi. Kulit nanas juga memiliki kandungan karbohidrat dan gula cukup tinggi. Kedua biomassa tersebut belum banyak dimanfaatkan oleh masyarakat, dan akan di uji coba produksi bioetanol dengan memanfaatkan limbah kulit ubi kayu dan kulit nanas dengan *Aspergillus niger*. Campuran bahan limbah kulit ubi kayu dan kulit nanas akan dihasilkan pati yang dikonversi menjadi gula melalui proses *liquefaction* (pemecahan menjadi gula kompleks) dan sakarifikasi (pemecahan gula kompleks menjadi gula sederhana) dengan penambahan *Aspergillus niger*, terbentuk glukosa. Glukosa yang dihasilkan difermentasi dengan yeast (ragi) *Saccharomyces cerevisiae*. Proses fermentasi ini akan dihasilkan etanol, air, dan protein. Proses pemisahan serat fermentasi sehingga didapat etanol dan air, proses selanjutnya destilasi. Dengan pencampuran kedua bahan tersebut diharapkan dapat diperoleh hasil etanol lebih tinggi. Diagram kerangka pemikiran tersaji pada gambar 4 berikut :



Gambar 4. Diagram Kerangka Pemikiran

### C. Hipotesis

Hipotesis yang diajukan dalam penelitian ini adalah : limbah kulit ubi kayu, limbah kulit nanas, dan campuran dari limbah kulit ubi kayu dan limbah kulit nanas dengan menggunakan *Aspergillus niger* akan menghasilkan bioetanol dalam jumlah tertentu.



## **BAB III**

### **METODE PENELITIAN**

#### **A. Waktu dan Tempat Penelitian**

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Pusat Sub Lab Kimia dan Sub Lab Biologi Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sebelas Maret. Dilakukan selama 3 bulan, pada bulan Desember 2009 sampai Februari 2010.

#### **B. Alat dan Bahan**

##### **1. Alat**

Alat- alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah blender, saringan, gelas beker, tabung reaksi, rak tabung reaksi, cawan petri, jarum ose, bunsen burner, erlenmeyer, timbangan analitik, pH meter, stopwatch, kompor listrik, termometer, 1 set alat destilasi, piknometer, pengaduk, pisau.

##### **2. Bahan**

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah limbah kulit ubi kayu, limbah kulit nanas, *Aspergillus niger*, yeast (ragi) *Saccharomyces cerevisiae*, akuades, medium PDA.

#### **C. Rancangan Percobaan**

Rancangan percobaan yang dilakukan dalam penelitian ini adalah Rancangan Acak Lengkap dengan dua faktor perlakuan. Faktor pertama adalah

variasi bahan antara limbah kulit ubi kayu dan limbah kulit nanas, sedangkan faktor kedua adalah variasi konsentrasi pada masing-masing bahan. Masing-masing perlakuan dengan 3 ulangan. Semua perlakuan ditambah *Aspergillus niger* sebesar 10% dari total bubur. Kombinasi perlakuan yang diperoleh adalah sebagai berikut:

S0 = tanpa limbah kulit ubi kayu

N0 = tanpa limbah kulit nanas

S1 = limbah kulit ubi kayu 100 gram

N1 = limbah kulit nanas 100 gram

S2 = limbah kulit ubi kayu 150 gram

N2 = limbah kulit nanas 150 gram

S3 = limbah kulit ubi kayu 200 gram

N3 = limbah kulit nanas 200 gram

Kombinasi perlakuan ditampilkan dalam bentuk tabel :

Tabel 2. Rancangan Percobaan Proses Pembuatan Bioetanol.

Kulit Ubi Kayu (S)	Kulit Nanas (N)	Ulangan		
		I	II	III
S0	N0	S0N0	S0N0	S0N0
	N1	S0N1	S0N1	S0N1
	N2	S0N2	S0N2	S0N2
	N3	S0N3	S0N3	S0N3
S1	N0	S1N0	S1N0	S1N0
	N1	S1N1	S1N1	S1N1
	N2	S1N2	S1N2	S1N2
	N3	S1N3	S1N3	S1N3
S2	N0	S2N0	S2N0	S2N0
	N1	S2N1	S2N1	S2N1
	N2	S2N2	S2N2	S2N2
	N3	S2N3	S2N3	S2N3
S3	N0	S3N0	S3N0	S3N0
	N1	S3N1	S3N1	S3N1
	N2	S3N2	S3N2	S3N2
	N3	S3N3	S3N3	S3N3

## D. Prosedur Penelitian

Limbah kulit ubi kayu dan limbah kulit nanas merupakan salah satu sumber pati. Pati merupakan senyawa karbohidrat yang kompleks. Sebelum difermentasi pati diubah menjadi glukosa, karbohidrat yang lebih sederhana. Dalam penguraian pati memerlukan bantuan *Aspergillus niger*. *Aspergillus niger* akan menghasilkan enzim  $\alpha$ -amilase dan glucoamilase yang akan berperan dalam mengurai pati menjadi glukosa atau gula sederhana. Setelah menjadi gula baru difermentasi dan destilasi menjadi etanol. Proses fermentasi dengan menggunakan yeast (ragi) *Saccharomyces cerevisiae*, proses fermentasi dimaksudkan untuk mengubah glukosa menjadi etanol (alkohol). Dan tahap selanjutnya adalah destilasi untuk memisahkan alkohol dan air. Langkah – langkah dalam produksi bioetanol berbahan dasar limbah kulit ubi kayu, limbah kulit nanas, dan campuran limbah kulit ubi kayu dan kulit nanas adalah :

### 1. Persiapan Bahan Baku

Disiapkan limbah kulit ubi kayu dan kulit nanas. Dicuci bersih dan ditunggu agak kering agar air bekas cucian mengering. Kemudian diblender dan disaring sehingga diperoleh pati limbah kulit ubi kayu dan kulit nanas. Pati dikonversi menjadi gula melalui proses pemecahan menjadi gula kompleks (*liquefaction*) dan pemecahan gula kompleks menjadi gula sederhana (sakarifikasi). Proses *liquefaction*, pati yang didapat dimasukkan ke dalam wadah besar lalu ditambahkan air dan diaduk sambil dipanasi menggunakan kompor listrik hingga 100<sup>0</sup>C selama seperempat jam. Aduk rebusan sampai mendidih.

Dinginkan selama 1 jam, lalu dimasukkan ke dalam tempat sakarifikasi. Sakarifikasi adalah proses penguraian pati menjadi glukosa. Dimasukkan *Aspergillus niger* yang akan memecah pati menjadi glukosa. Untuk menguraikan bubur pati limbah kulit ubi kayu dan kulit nanas diperlukan 10% larutan *Aspergillus niger* dari total larutan. Setelah proses ini dilakukan perhitungan jumlah *Aspergillus niger* (Lampiran 2). *Aspergillus niger* berkembang biak dan bekerja mengurai pati. Ditunggu dua jam bubur akan berubah menjadi 2 lapisan: air dan endapan gula. Diaduk pati yang sudah menjadi gula.

## 2. Fermentasi

Selanjutnya difermentasikan dengan menggunakan yeast (ragi) *Saccharomyces cerevisiae*. Dimasukkan ragi ke dalam bubur, kemudian diukur nilai pH (lampiran 3). Ditutup wadah fermentasi untuk mencegah kontaminasi dan *Saccharomyces* bekerja mengurai glukosa lebih optimal. Fermentasi berlangsung anaerob (tidak membutuhkan oksigen). Fermentasi optimal pada suhu pada 28—32<sup>0</sup>C dan pH 4,5—5,5.

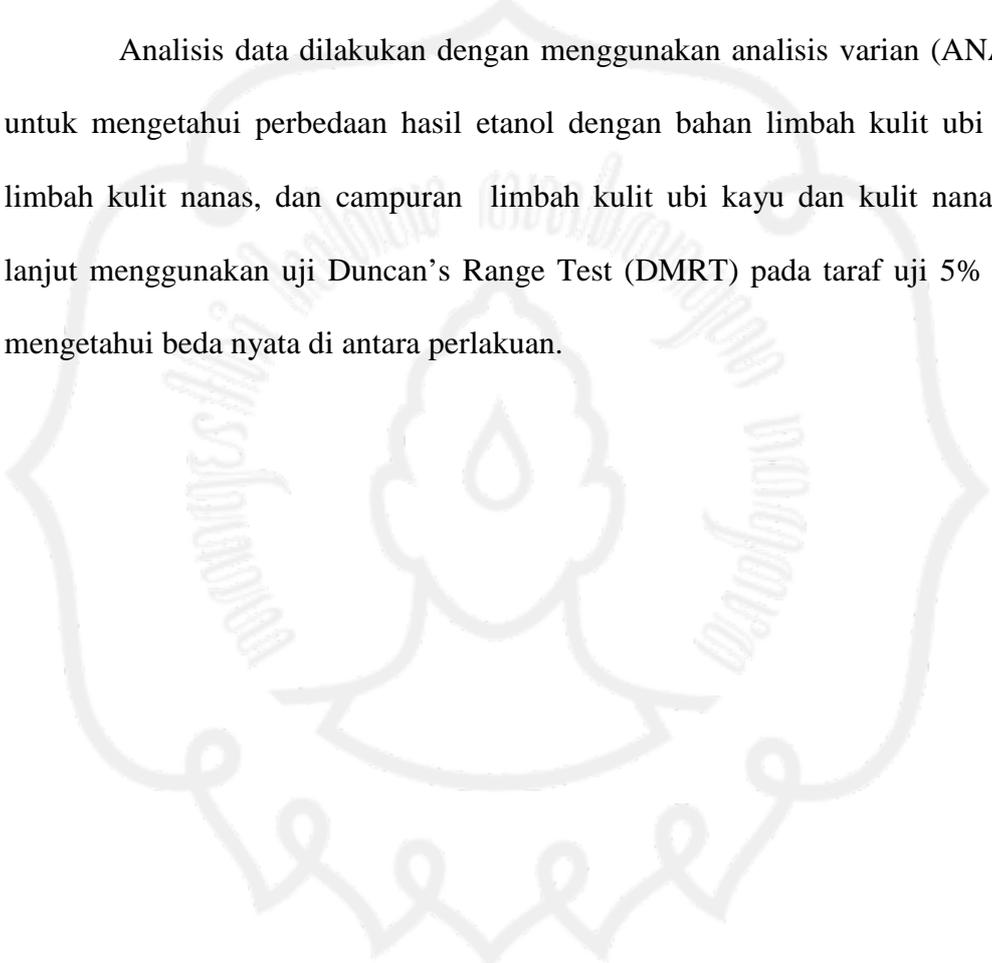
## 3. Destilasi

Ditunggu selama 7 hari, larutan pati berubah menjadi 3 lapisan. Lapisan terbawah berupa endapan protein, di atasnya air, dan etanol. Untuk proses pemisahan dilakukan destilasi. Sebelumnya diukur nilai pH (Lampiran 3) dan disaring dengan kertas saring untuk menyaring endapan protein. Etanol yang disaring masih bercampur air. Kemudian dipisahkan dengan destilasi atau

penyulingan. Campuran air dan etanol dipanaskan pada suhu  $78^{\circ}\text{C}$  atau setara titik didih etanol. Pada suhu itu etanol lebih dahulu menguap dan dialirkan melalui pipa yang terendam air sehingga terkondensasi dan kembali menjadi etanol cair dan diukur.

### **E. Analisis Data**

Analisis data dilakukan dengan menggunakan analisis varian (ANAVA) untuk mengetahui perbedaan hasil etanol dengan bahan limbah kulit ubi kayu, limbah kulit nanas, dan campuran limbah kulit ubi kayu dan kulit nanas. Uji lanjut menggunakan uji Duncan's Range Test (DMRT) pada taraf uji 5% untuk mengetahui beda nyata di antara perlakuan.



## BAB IV

### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### **A. Hasil kadar etanol substrat kulit ubi kayu dan kulit nanas dengan menggunakan *Aspergillus niger***

Pada pembuatan alkohol dengan cara fermentasi biasanya dengan bantuan mikroorganisme. Bahan dasar yang dapat dipakai untuk membuat alkohol dengan cara fermentasi merupakan bahan yang mengandung pati (karbohidrat) menjadi glukosa. *Aspergillus niger* mengubah bahan yang mengandung pati menjadi glukosa, selanjutnya *Saccharomyces cerevisiae* akan mengubah glukosa menjadi alkohol. Untuk memisahkan alkohol dan air dapat dilakukan penyulingan atau destilasi sehingga dapat diperoleh alkohol dengan kadar kurang lebih 90% (Fessenden dan Fessenden, 1999).

Hasil penelitian etanol dari proses fermentasi dilanjutkan destilasi dengan menggunakan substrat limbah kulit ubi kayu dan limbah kulit nanas dengan menggunakan *Aspergillus niger*, diperoleh hasil sebagai berikut :

Tabel 3. Hasil etanol substrat limbah kulit ubi kayu, limbah kulit nanas dan campuran dari kedua limbah kulit ubi kayu dan kulit nanas.

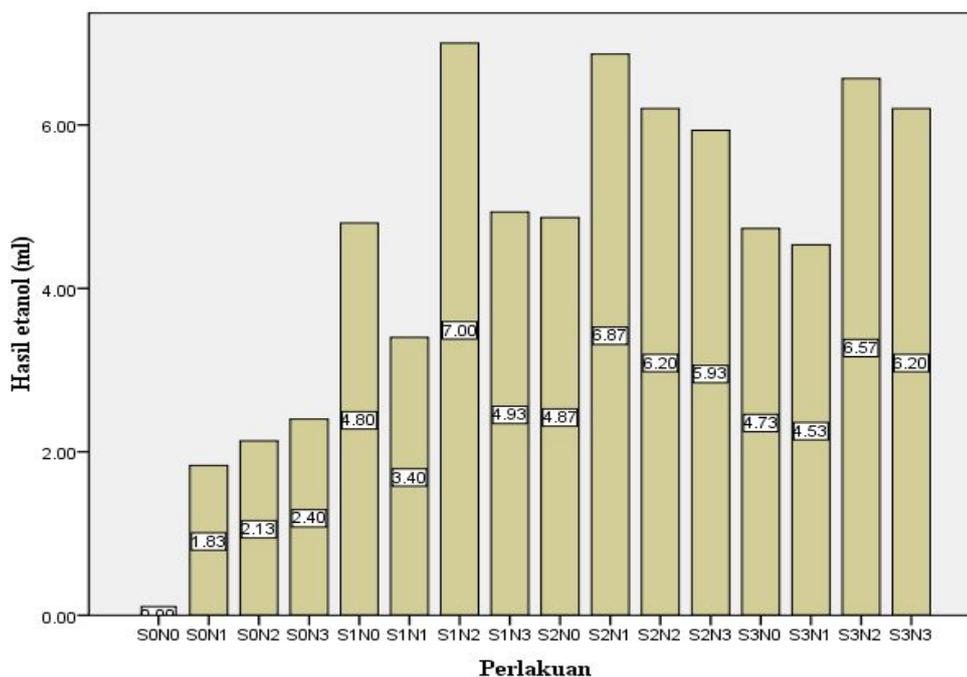
Limbah kulit nanas	Limbah kulit ubi kayu				Rerata
	S0	S1	S2	S3	
N0	0,0	4,8	4,8	4,7	3,6c
N1	1,8	4,5	6,8	4,5	4,1bc
N2	2,1	7,0	6,2	6,5	4,8ab
N3	2,4	4,9	5,9	6,2	5,4a
Rerata	1,5f	5,0e	5,5de	5,9d	(-)

Ket :

- Angka yang diikuti huruf yang sama pada baris dan kolom yang sama menunjukkan tidak ada beda nyata pada uji DMRT (Duncan) taraf 5 %
- N = Limbah kulit nanas ; N0 : 0 gram; N1: 100 gram; N2 : 150 gram; N3 : 200 gram
- S = Limbah kulit ubi kayu ; S0: 0 gram; S1 : 100 gram; S2 : 150 gram; S3 : 200 gram
- (-)= Tidak terdapat interaksi

Berdasarkan tabel di atas terlihat bahwa campuran limbah kulit ubi kayu dan limbah kulit nanas menghasilkan etanol yang lebih tinggi daripada hasil masing-masing limbah kulit ubi kayu dan limbah kulit nanas yaitu sebesar 7,0 ml. Dari hasil analisis anava menunjukkan hasil yang signifikan artinya perlakuan berpengaruh terhadap hasil etanol yang diperoleh. Kemudian dilanjutkan uji lanjut DMRT untuk mengetahui nilai beda nyata antar perlakuan. Dari hasil uji lanjut di atas terlihat bahwa nilai tertinggi pada limbah kulit ubi kayu 200 gram dan limbah kulit nanas 200 gram namun dari hasil campuran nilai tertinggi pada limbah kulit ubi kayu 100 gram dan limbah kulit nanas 150 gram . Perbedaan kadar bioetanol ini sangat berkaitan erat dengan cepat dan lambatnya pertumbuhan sel ragi yang

diinginkan untuk menfermentasi bahan, sedangkan pertumbuhan dari sel ragi atau khamir itu sendiri juga dipengaruhi oleh media dan kondisi medium, pemilihan khamir, nutrisi, kandungan gula, keasaman (pH), oksigen, dan suhu. Adapun suhu yang optimum adalah 26-28<sup>0</sup>C, diatas 30<sup>0</sup>C produksi bioetanol akan menurun (Budiyanto, 2002). Hasil etanol juga dipengaruhi oleh kandungan karbohidrat. Hal ini didukung oleh penelitian Oyeleke and Jibrin (2009), bahwa volume etanol dari kulit jagung lebih tinggi daripada kulit padi-padian karena kandungan kulit jagung lebih banyak mengandung karbohidrat. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada histogram di bawah ini :



Gambar 5. Hasil etanol substrat limbah kulit ubi kayu, limbah kulit nanas dan campuran dari kedua limbah kulit ubi kayu dan kulit nanas.

Menurut penelitian Maretni (2006), pertumbuhan khamir juga dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor. Faktor yang mempengaruhi diantaranya adalah formulasi media yang digunakan sebagai proses pengembangbiakan mikroba sejak persiapan inokulum sampai tahap fermentasi akan didapatkan hasil yang optimum ketika pertumbuhan enzim maksimum dan ketersediaan substrat cukup.

Faktor keberhasilan fermentasi sangat dipengaruhi oleh interaksi antar substrat dengan mikroba. Mikroba membutuhkan energi yang berasal dari karbohidrat, protein, lemak, mineral, dan zat lain yang terdapat di dalam substrat. Sehingga mikroba harus mampu tumbuh pada substrat dan mudah beradaptasi dengan lingkungan. Selain itu mikroba juga mampu mengeluarkan enzim penting yang dapat melakukan perubahan yang dikehendaki secara kimia (Bioindustri, 2008).

Menurut Desrosier (1987), kecepatan reaksi dalam suatu proses kimia maupun reaksi yang ditolong oleh enzim tidaklah konstan. Pada permulaan reaksi tampak giat kemudian kegiatan berkurang. Hal ini disebabkan oleh adanya hasil akhir yang tertimbun.

## **B. Pengaruh nilai pH**

Nilai pH merupakan suatu simbol untuk derajat keasaman atau alkalinitas suatu larutan. Nilai pH sangat penting untuk pertumbuhan mikroorganisme, karena kerja enzim sangat dipengaruhi oleh pH.

Tabel 4. Nilai pH pada awal proses pembuatan etanol

Limbah kulit nanas	Limbah kulit ubi kayu			
	S0	S1	S2	S3
N0	0,0	5,8	6	6
N1	4,5	4,5	5	5
N2	4,6	5	5	5
N3	4,6	5	5	5

Ket :

- N = Limbah kulit nanas ; N0 : 0 gram; N1: 100 gram; N2 : 150 gram; N3 : 200 gram
- S = Limbah kulit ubi kayu ; S0: 0 gram; S1 : 100 gram; S2 : 150 gram; S3 : 200 gram

Tabel 5. Nilai pH pada akhir proses pembuatan etanol

Limbah kulit nanas	Limbah kulit ubi kayu			
	S0	S1	S2	S3
N0	0,0	3,9	3,9	3,9
N1	3,8	3,8	3,9	3,5
N2	3,8	3,7	3,9	3,5
N3	3,7	3,8	3,9	3,5

Ket :

- N = Limbah kulit nanas ; N0 : 0 gram; N1: 100 gram; N2 : 150 gram; N3 : 200 gram
- S = Limbah kulit ubi kayu ; S0: 0 gram; S1 : 100 gram; S2 : 150 gram; S3 : 200 gram

Pada penelitian ini untuk pH awal substrat limbah kulit nanas nilai pH rata-rata 4,6, substrat limbah kulit ubi kayu nilai pH rata-rata 6, dan untuk substrat limbah kulit nanas dan limbah kulit ubi kayu nilai pH rata-rata 5. Dengan pH awal yang demikian maka *Aspergillus niger* akan bekerja dengan baik. Sedangkan untuk hasil pH akhir substrat limbah kulit nanas nilai pH rata-rata 3,8, substrat

limbah kulit ubi kayu nilai pH rata-rata 3,9, dan untuk substrat limbah kulit nanas dan limbah kulit ubi kayu nilai pH rata-rata 3,5.

Selama fermentasi perubahan pH dapat disebabkan oleh hasil fermentasi yang merupakan asam atau basa yang dihasilkan selama pertumbuhan mikroorganisme dan komponen organik dalam medium (Keenan dkk, 1990). Kecenderungan media fermentasi semakin asam disebabkan amonia yang digunakan sel khamir sebagai sumber nitrogen diubah menjadi  $\text{NH}_4^+$ . Molekul  $\text{NH}_4^+$  akan menggabungkan diri ke dalam sel sebagai  $\text{R-NH}_3$ . Dalam proses ini  $\text{H}^+$  ditinggalkan dalam media, sehingga semakin lama waktu fermentasi semakin rendah pH media (Judoamidjojo dkk, 1989).

Menurut Yasmeeen *et al.*, (2002), *Aspergillus Niger* memiliki pH optimum untuk pertumbuhan 4,0-6,0, sehingga penurunan pH sangat berpengaruh terhadap pertumbuhan *Aspergillus niger*. Cendawan ini menghasilkan enzim  $\alpha$ -amilase dan glukoamilase yang berperan mengurai pati menjadi glukosa karbohidrat yang lebih sederhana. Setelah menjadi gula difermentasi menjadi etanol. Menurut Stewart (1984), enzim  $\alpha$ -amilase mampu memutuskan ikatan  $\alpha$ -1,4 secara acak di bagian dalam dari pati, baik dalam amilosa maupun amilopektin. Akibat dari aktivitas tersebut rantai pati terputus-putus menjadi maltosa, maltotriosa, glukosa dan dekstrin. Sedangkan enzim glukoamilase akan memecah ikatan  $\alpha$ -1,4 maupun  $\alpha$ -1,6 glikosida pada molekul pati menjadi gula reduksi. Menurut Berka *et al.*, (1992), enzim  $\alpha$ -amilase dan glukoamilase bekerja efektif pada kondisi pati cair. Menurut Fessenden dan Fessenden (1997), *Aspergillus niger* mengubah bahan yang mengandung pati menjadi alkohol.

Dalam proses sakarifikasi (pemecahan gula kompleks menjadi gula sederhana) *Aspergillus niger* ini bekerja selama 2 jam karena setelah 2 jam dilakukan proses fermentasi menggunakan ragi. Menurut Schegel (1994), produsen utama alkohol adalah ragi terutama *Saccharomyces cerevisiae*, yang meragikan karbohidrat menjadi etanol dan CO<sub>2</sub>. Peragian glukosa oleh ragi merupakan peristiwa anaerob. Pada kondisi anaerob terjadi penimbunan alkohol atau etanol. *Saccharomyces cerevisiae* sendiri merupakan jenis khamir fakultatif anaerob.

### C. Pengaruh jumlah mikroorganism

Jumlah jamur berpengaruh terhadap hasil etanol yang diperoleh. Semakin banyak jamur yang digunakan hasil etanol yang diperoleh juga semakin banyak. Hal ini didukung oleh penelitian Dwi (2008), dosis ragi dan lama inkubasi berpengaruh terhadap kuantitas bioetanol pada fermentasi tepung gaplek ketela pohon.

Tabel 6. Jumlah mikroorganism

Limbah kulit nanas	Limbah kulit ubi kayu			
	S0	S1	S2	S3
N0	0,0	4.90E+08	1.80E+10	7.30E+09
N1	1.20E+10	8.70E+10	5.40E+08	1.20E+09
N2	5.70E+08	9.40E+08	2.50E+10	2.20E+09
N3	7.10E+09	1.20E+09	1.30E+09	2.10E+08

Ket :

- N = Limbah kulit nanas ; N0 : 0 gram; N1: 100 gram; N2 : 150 gram; N3 : 200 gram
- S = Limbah kulit ubi kayu ; S0: 0 gram; S1 : 100 gram; S2 : 150 gram; S3 : 200 gram

Pada penelitian ini, proses fermentasi dilakukan selama 7 hari karena menurut peneliti sebelumnya (Hartatik, 2008), kadar bioetanol yang tertinggi pada lama fermentasi 7 hari. Pada lama 7 hari adanya aktifitas khamir *Saccharomyces cerevisiae* yang bekerja secara optimal dengan substrat gula yang difermentasi serta kegiatan enzimatik yang tidak terhambat. Kadar bioetanol yang terendah pada lama fermentasi 5 hari karena glukosa belum dipecah menjadi etanol. Sedangkan pada fermentasi 10 hari kadar bioetanol menurun karena aktivitas khamir dan kapang sudah habis.

Hal ini juga didukung oleh Buckle (1988) menyatakan bahwa ada 4 tipe fase pertumbuhan mikroorganisme yaitu fase lambat, digambarkan tidak terjadi pembelahan sel. Pada fase ini dibutuhkan untuk kegiatan metabolisme dalam rangka persiapan dan penyesuaian diri dengan kondisi pertumbuhan dalam lingkungan yang baru. Fase log, setelah beradaptasi dengan kondisi lingkungan sel-sel akan tumbuh dan membelah diri secara eksponensial sampai jumlah maksimum yang dapat dibantu oleh kondisi lingkungan yang dicapai. Fase tetap populasi mikroorganisme jarang dapat tetap tumbuh secara eksponensial dalam jangka waktu yang lama. Pertumbuhan populasi biasanya dibatasi oleh habisnya bahan gizi akibatnya pertumbuhan menurun. Fase menurun sel mikroorganisme akhirnya akan mati bila tidak dipindahkan dalam media yang baru.

Dalam industri alkohol digunakan khamir permukaan (top yeast) yaitu khamir yang bersifat fermentatif kuat dan tumbuh dengan cepat, tumbuh secara menggerombol dan melepaskan karbondioksida dengan cepat yang mengakibatkan sel mengapung pada permukaan (Budiyanto, 2002).

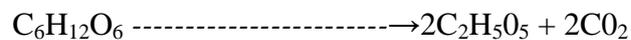
*Saccharomyces cerevisiae* merupakan galur terpilih yang biasa digunakan untuk fermentasi alkohol sebab mempunyai toleransi yang tinggi terhadap alkohol. *Saccharomyces cerevisiae* dapat menfermentasikan sukrosa menjadi etanol pada kondisi netral atau sedikit asam dalam kondisi anaerob, pada kondisi ini 10% glukosa dapat direspirasi menjadi CO<sub>2</sub> dan menghasilkan kadar etanol kurang dari 50% (Hawab, 2004).

Menurut Winarno (1986), *Saccharomyces cerevisiae* mempunyai daya konversi gula sangat tinggi karena menghasilkan enzim invertase dan zimase. Enzim invertase berfungsi sebagai pemecah sukrosa menjadi monosakarida (glukosa dan fruktosa). Enzim zimase mengubah glukosa menjadi etanol. Sehingga semakin lama difermentasi kadar glukosa yang dihasilkan rendah karena sebagian glukosa telah terkonversi menjadi etanol.

Untuk pemberian kadar ragi diberikan 10% dari total bahan. Menurut Schlegel (1994) semakin tinggi dosis ragi yang diberikan maka semakin tinggi pula kadar bioetanol yang dihasilkan. Hal tersebut disebabkan karena produsen utama bioetanol adalah ragi terutama dari strain *Saccharomyces*. Fermentasi gula menjadi etanol oleh ragi yang dikatalisis "fermen" atau yang dinamakan enzim (di dalam ragi) tidak dapat dipisahkan dari struktur sel ragi hidup (Lehninger, 1997).

Hal ini juga didukung oleh pendapat Nurwantoro (1998), selama fermentasi terjadi peningkatan kadar glukosa sampai fermentasi hari ketiga, tetapi mulai fermentasi hari keempat terjadi penurunan glukosa, karena selama fermentasi terjadi, pati menjadi gula (glukosa) selanjutnya glukosa dimanfaatkan

untuk metabolisme dari mikroba dengan mengeluarkan hasil samping berupa alkohol, air, dan karbon dioksida. Ditunjukkan dalam reaksi berikut ini :



*S.cerevisiae*

Hal ini didukung oleh Gaman dan Serrington (1995), dalam proses fermentasi karbohidrat akan diuraikan menjadi monosakarida dan oligosakarida. Kemudian oligosakarida dihidrolisis menjadi glukosa. Pada proses ini khamir berperan dalam hidrolisis oligosakarida karena kandungan enzim zimase.

Menurut Fessenden dan Fessenden (1997), adanya pengaruh waktu fermentasi dapat disebabkan karena pada saat proses fermentasi terjadi perubahan glukosa menjadi etanol.

Menurut Purwoko (2007), kandungan air dalam lingkungan mikroorganisme mempengaruhi pertumbuhannya, bila kandungan air disekitar lingkungan tidak cukup maka cairan dalam sel mikroorganisme mengalir keluar sehingga sel akan mengalami proses plasmolisis. Pada keadaan ini metabolisme sel akan terhenti karena bahan yang terdapat di dalam sel sangat pekat dan menghambat aktivitas enzim. Menurut penelitian Rakin *et al.*, (2009), untuk meningkatkan hasil etanol yaitu dengan menghambat pertumbuhan sel yeast menggunakan alginate.

Menurut Schlegel (1994), etanol atau disebut juga etil alkohol di bidang industri dapat digunakan sebagai bahan bakar, alat pemanas, penerangan atau pembangkit tenaga, pelarut bahan kimia, obat-obatan, detergen, oli, lilin dan gasohol.

Menurut Prihandana dkk, (2007) etanol dikategorikan dalam dua kelompok utama :

1. Etanol 95-96% v/v, disebut "etanol berhidrat" yang dibagi dalam:
  - *Technical/raw spirit grade*, digunakan untuk bahan bakar spiritus, minuman, desinfektan, dan pelarut;
  - *Industrial grade*, digunakan untuk bahan baku industri dan pelarut;
  - *Potable grade*, untuk minuman berkualitas tinggi
2. Etanol > 99,5% v/v, digunakan untuk bahan bakar. Jika dimurnikan lebih lanjut dapat digunakan untuk keperluan farmasi dan pelarut di laboratorium analisis. etanol ini disebut *fuel grade ethanol* (FGE) atau anhydrous ethanol (etanol anhidrat ) atau etanol kering, yakni etanol yang bebas air atau hanya mengandung air minimal.

Bioetanol dengan kadar 95-99% dapat dipakai sebagai bahan substitusi premium (bensin), sedangkan kadar 40% dipakai sebagai bahan substitusi minyak tanah (Nurianti, 2007).

Etanol merupakan senyawa yang sering digunakan dalam industri kimia antara lain sebagai pelarut (40%), untuk membuat asetaldehid (36%), eter, glikol eter, etil asetat dan kloral (9%) (Anshory, 2004).

Dengan demikian kadar bioetanol yang dihasilkan dengan substrat limbah kulit ubi kayu dan limbah kulit nanas secara fermentasi termasuk etanol dalam kadar yang rendah, hal ini sesuai dengan penelitian Pratama (2009), bioetanol hasil fermentasi memiliki tingkat kemurnian yang rendah yaitu sekitar 5-20%. Dengan demikian etanol dengan substrat kulit ubi kayu dan kulit nanas dapat diproduksi dengan skala rumah tangga maupun skala industri sebagai

alternatif yang baik untuk dikembangkan mengingat pembuatan bioetanol secara fermentasi telah banyak dikembangkan karena proses pembuatannya yang relatif murah serta bahan baku yang mudah didapatkan. Ditambah lagi, dengan semakin berkembangnya penggunaan bioetanol sebagai bahan campuran premium (gasohol).



## **BAB V**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **A. KESIMPULAN**

Produksi etanol campuran limbah kulit ubi kayu (*Manihot utilissima* pohl.) dan limbah kulit nanas (*Ananas comosus*, L.) yaitu sebesar 7 ml dengan kadar etanol 2,57%, lebih banyak daripada hasil etanol pada masing masing limbah kulit ubi kayu dan limbah kulit nanas.

#### **B. SARAN**

Diperlukan penelitian lebih lanjut untuk menjaga kondisi pH agar tetap stabil dan terobosan baru seperti penambahan probiotik pada proses fermentasi sehingga etanol yang dihasilkan maksimum.

**DAFTAR PUSTAKA**

- Anonim. 2008. *Manfaat Tanaman Nenas*. <http://attayaya.blogspot.com> [21 September 2008 ].
- Anshory. 2004. *Etanol Sebagai Bahan Bakar Alternatif*. Jakarta : Erlangga.
- Berka, R. M., D. Nigel., and W. Michael. 1992. *Industrial enzymes from Aspergillus Species*. New York : Butterwoth-Heinemann.
- Bioindustri. 2008. *Produksi Protein Sel Tunggal Hasil Proses fermentasi Kulit Ubi Kayu*. [http:// Bioindustri. Blogspot. com](http://Bioindustri.Blogspot.com) [2 November 2009 ].
- Buckle, E., dan F. Watton. 1988. *Ilmu Pangan* . Jakarta : Universitas Indonesia Press.
- Budiyanto, A. 2002. *Mikrobiologi Terapan*. Malang : Universitas Muhammadiyah Malang.
- Bustaman, S. 2008. Strategi Pengembangan Bio-etanol Berbasis Sagu di Maluku. *Perspektif* . 7(2): 65 – 79.
- Desrosier, N. W. 1987. *Teknologi Pengawetan Pangan*. Jakarta : Universitas Indonesia Press.
- Dwi, T. A. 2008. Lama Inkubasi dan Dosis Ragi Pada Fermentasi tepung gaplek (*Manihot esculenta crantz*) Terhadap Kadar Glukosa dan Bioetanol dengan Penambahan *Aspergillus Niger*. *Skripsi*. Jurusan Biologi Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan. Surakarta : Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- Dwidjoseputro, D. 1990. *Dasar-Dasar Mikrobiologi*. Jakarta : Djambatan.
- Fardiaz, S. 1988. *Fisiologi Fermentasi*. Bogor : Institut Pertanian Bogor.
- Fessenden, R dan J. Fessenden. 1997. *Kimia Organik Jilid 1*. Jakarta : Erlangga.
- Fessenden, R dan J. Fessenden. 1999. *Kimia Organik Jilid 2*. Jakarta : Erlangga.
- Gaman, P. M. and K. B. Sherrington. 1995. *Pengantar Ilmu Pangan Nutrisi dan Mikrobiologi*. Yogyakarta : Universitas Gadjah Mada Press.
- Gandjar, I. 1999. *Pengenalan Kapang Tropik Umum*. Jakarta : Universitas Indonesia Press.
- Grace, M. R. 1977. *Cassava Processing: Food and Agriculture Organization*. Roma : Henniiee.

- Hambali, E., S. Mujdalipah, A.H. Tambunan, A.W. Pattiwiri, dan R. Hendroko. 2007. *Teknologi Bioenergi*. Jakarta : Agromedia.
- Hartatik, S. 2008. Pengaruh Perbedaan Waktu Fermentasi Terhadap Etanol. *Skripsi*. Jurusan Biologi Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan. Surakarta : Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- Hardjo, S., N.S. Indrasti, dan B. Tajuddin. 1989. *Biokonveksi : Pemanfaatan Limbah Industri Pertanian*. Bogor : Pusat Antar Universitas Pangan dan Gizi Institut Pertanian Bogor.
- Hawab. 2004. *Pengantar Biokimia*. Jakarta : Erlangga.
- Horwitz, W. and Franklin. 1975. *Official Methods of Analysis of The Association of Official Analytical chemist*. Washington : Second edition.
- Judoamidjojo, M., Darwis dan Sa'id. 1989. *Teknologi Fermentasi*. Jakarta : Rajawali.
- Keenan, C. W., D. Kleinfelter, dan J. Wood. 1990. *Kimia Untuk Universitas*. Jakarta : Erlangga.
- Lehninger, A. L. 1997. *Dasar-dasar Biokimia*. Jakarta : Erlangga.
- Muhiddin, N., N. Juli, dan I.N.P. Aryantha. 2000. Peningkatan Kandungan Protein Kulit Umbi Ubi Kayu Melalui Proses Fermentasi. *Jurnal Matematika dan Sains*. 6 (1) : 1-12.
- Mahasiswaanegarawan. 2007. *Membangun Industri Bioetanol Nasional Sebagai Pasokan Energi Berkelanjutan Dalam Menghadapi Krisis Energi Global*. Jakarta : Radya Pustaka.
- Maretni, T. 2006. Perbandingan Kadar Glukosa dan Alkohol Hasil Fermentasi Umbi Talas (*Xanthosoma violaceum schott*). *Skripsi*. Jurusan Biologi Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan. Surakarta : Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- Novitasari, E. W., E. Rosaliana, I. Susanti , dan N. E. Jayanti. 2008. Pembuatan Etanol Dari Sari Kulit Nenas. *Laporan Penelitian*. Malang : Laboratorium Bioindustri Universitas Brawijaya.
- Nurianti, Y. 2007. *Pasok Langsung ke Pertamina*. <http://www.trubus-online.com> [16 Januari 2010].

- Nurdyastuti, I. 2007. Teknologi Proses Produksi Bio-Ethanol. *Makalah Prospek Pengembangan Bio-fuel sebagai Substitusi Bahan Bakar Minyak* : 75-83.
- Nurwantoro. 1998. *Pola Pemecahan Karbohidrat Selama Fermentasi Ubi Kayu Dengan Menggunakan Inokulum Murni Kering*. Dalam Sains Teks. Semarang : Universitas Semarang.
- Oyeleke, S. B. and N. M. Jibrin. 2009. Production of bioethanol from guinea cornhusk and millet husk. *African Journal of Microbiology Research*. 3 (4) : 147-152.
- Perlczar, M. J. 1998. *Dasar-Dasar Mikrobiologi Jilid 2*. Jakarta : Universitas Indonesia Press.
- Pratama, A. 2009. *Penggunaan Arang Sekam Padi Sebagai Adsorben*. <http://aditbayore.blogspot.com/feeds/posts/default> [16 Maret 2010].
- Prihandana, R., K. Noerwijan, P.G. Adinurani, D. Setyaningsih, S. Setiadi, dan R. Hendroko. 2007. *Bioetanol Ubi Kayu Bahan Bakar Masa Depan*. Jakarta : Agromedia.
- Purwoko, T. 2007. *Fisiologi Mikrobakteri*. Jakarta : Bumi Aksara.
- Rakin, M. L. Mojovic, S.Nikolic, M. Vukasinovic, and V. Nedovic. 2009. Bioethanol production by immobilized *Sacharomyces cerevisiae* var. *ellipsoideus* cells. *African Journal of Biotechnology*. 8 (3) : 464-471.
- Rizani, K. Z. 2000. Pengaruh Konsentrasi Gula Reduksi dan Inokulum (*Saccharomyces cerevisiae*) Pada Proses Fermentasi Sari Kulit Nanas (*Ananas comosus* L. Merr) untuk Produksi Etanol. *Skripsi*. Jurusan Biologi. Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam. Malang : Universitas Brawijaya.
- Rukmana, R. 1996. *Nenas Budidaya Pasca Panen*. Yogyakarta : Penerbit Kanisius.
- Schlegel, H.G. 1994. *Mikrobiologi Umum*. Yogyakarta : Universitas Gadjah Mada.
- Soedarmadji. 1997. *Prosedur Analisa untuk Bahan Makanan dan Pertanian*. Yogyakarta : Liberty.
- Steward, G. G. 1984. *Biology of Ethanol Producing Microorganism*. Critical Review Bioethanol.

- Tjitrosoepomo, G. 2002. *Taksonomi Tumbuhan*. Yogyakarta : Universitas Gadjah Mada.
- van Steenis, C.G.G.J. 2005. *Flora*. Jakarta : Erlangga.
- Volk, A.W. 1993. *Mikrobiologi Dasar Jilid 1*. Jakarta : Erlangga.
- Wijana, S., Kumalaningsih, A. Setyowati, U. Efendi dan N. Hidayat. 1991. Optimalisasi Penambahan Tepung Kulit Nanas dan Proses Fermentasi pada Pakan Ternak terhadap Peningkatan Kualitas Nutrisi. *Laporan Hasil Penelitian Balittan Malang tahun Anggaran (ARMP) (Deptan)*. Malang : Universitas Brawijaya.
- Winarno, F. G. 1986. *Kimia Pangan dan Gizi*. Jakarta : Gramedia.
- Yasmeen, A., Shahid, R., Latif, F., and Rajoka, M.I. 2002. Ethanol Production from Raw Corn Strach by Saccharification with Glucoamylase from *Aspergillus niger* Mutant M115 and Fermentation with *Saccharomyces cerevisiae*. *Simposium*. Pakistan: National Institute for Biotechnology and genetic Engineering.

