

**SKRIPSI**

**PRODUKSI BIOETANOL KULIT PISANG KEPOK (*Musa paradisiaca* L.)  
DENGAN VARIASI HIDROLISIS ASAM DAN LAMA FERMENTASI**

Disusun oleh:  
**Vania Vincentia Darmodjo**  
**NPM: 140801441**



**UNIVERSITAS ATMA JAYA YOGYAKARTA  
FAKULTAS TEKNOBIOLOGI  
PROGRAM STUDI BIOLOGI  
YOGYAKARTA  
2020**

**PRODUKSI BIOETANOL KULIT PISANG KEPOK (*Musa paradisiaca* L.)  
DENGAN VARIASI HIDROLISIS ASAM DAN LAMA FERMENTASI**

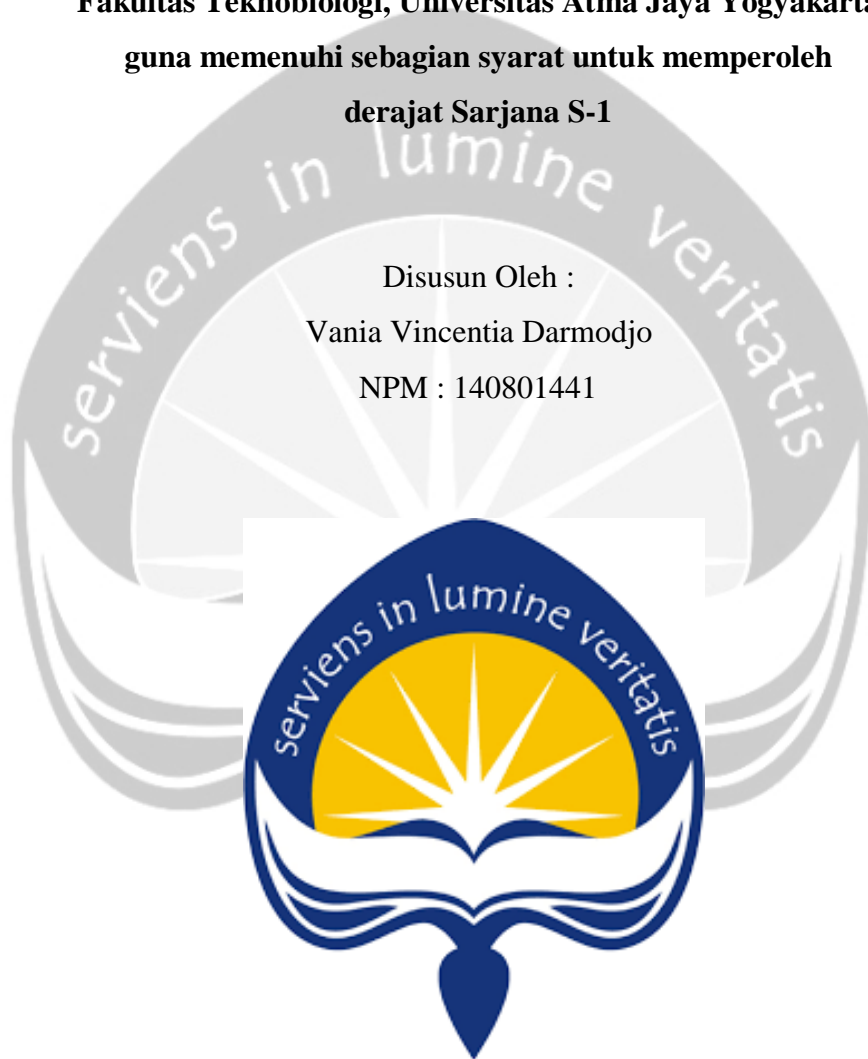
**SKRIPSI**

**Diajukan Kepada Program Studi Biologi  
Fakultas Teknobiologi, Universitas Atma Jaya Yogyakarta  
guna memenuhi sebagian syarat untuk memperoleh  
derajat Sarjana S-1**

Disusun Oleh :

Vania Vincentia Darmodjo

NPM : 140801441



**UNIVERSITAS ATMA JAYA YOGYAKARTA  
FAKULTAS TEKNOBIOLOGI  
PROGRAM STUDI BIOLOGI  
YOGYAKARTA  
2020**

## PENGESAHAN

Mengesahkan skripsi dengan judul :

Produksi Bioetanol Kulit Pisang Kepok (*Musa parasidiaca* l.) dengan Variasi Hidrolisis Asam dan Lama Fermentasi

Yang dipersiapkan dan disusun oleh :

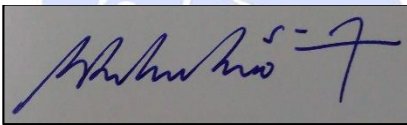
Vania Vincentia Darmodjo

140801441

Telah dipertahankan di depan Tim Penguji  
Pada hari Rabu, 19 Februari 2020  
Dan dinyatakan telah memenuhi syarat

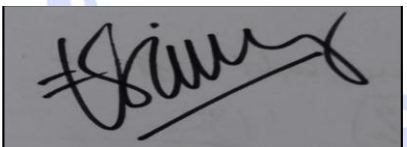
### SUSUNAN TIM PENGUJI

Dosen Pembimbing Utama



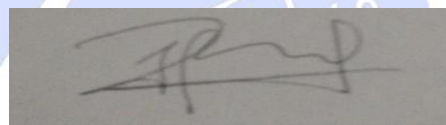
(Drs. B. Boy R. Sidharta, M.Sc)

Dosen Pembimbing Pendamping



(Drs. F. Sinung Pranata, M.P)

Anggota Tim Peguji



(Dr. rer. nat. Yuliana Reni Swasti, S.TP, M.P)

Yogyakarta, 6 April 2020  
UNIVERSITAS ATMA JAYA YOGYAKARTA  
FAKULTAS TEKNOBIOLOGI  
Dekan,



(Dr. Dra. Exsyupransia Mursyanti, M.Si)



PERNYATAAN BEBAS PLAGIARISME

Saya yang bertandatangan di bawah ini:

Nama : Vania Vincentia Darmodjo

NPM : 140801441

Judul Skripsi : Produksi Bioetanol Kulit Psang Kepok (*Musa parasidiaca* L.) dengan Variasi Hidrolisis Asam dan Lama Fermentasi

Menyatakan bahwa skripsi dengan judul tersebut di atas adalah benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri dan saya susun dengan sejujurnya berdasarkan norma akademik dan bukan merupakan hasil plagiat. Adapun semua kutipan di dalam skripsi ini telah saya sertakan nama penulisnya dan telah saya cantumkan ke dalam Daftar Pustaka

Pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya dan apabila ternyata di kemudian hari ternyata terbukti melanggar pernyataan tersebut, saya bersedia menerima sanksi akademik yang berlaku (dicabut predikat kelulusan dan gelar keserjanaan saya).

Yogyakarta, 27 Januari 2020

Yang menyatakan



Vania Vincentia Darmodjo

140801441

## KATA PENGANTAR

Puji dan syukur Penulis panjatkan kepada Tuhan Yang MahaEsa karena atas berkat, rahmat dan perlindungan-Nya memberikan kekuatan dan kemampuan kepada penulis untuk dapat menyelesaikan penelitian dan penyusunan naskah skripsi dengan judul “PRODUKSI BIOETANOL KULIT PISANG KEPOK (*Musa paradisiaca* L.) DENGAN VARIASI HIDROLISIS ASAM DAN LAMA FERMENTASI” ini dengan baik.

Penulis menyadari dalam penyusunan laporan ini tidak lepas dari kebaikan dan dukungan dosen, para pembimbing, dan teman-teman dengan membantu dan membimbing penulis baik melalui doa maupun perbuatan. Pada kesempatan ini penulis ingin menyampaikan rasa terima kasih kepada:

1. Tuhan Yesus Kristus yang telah memberkati, melindungi dan menyayangi Penulis sehingga naskah skripsi dapat terselesaikan.
2. Drs. B. Boy Rahardjo Sidharta, M.Sc. sebagai dosen pembimbing Utama, Drs. F. Sinung Pranata, M.P selaku dosen pembimbing Pendamping, serta Dr. rer. nat. Yuliana Reni Swasti, S.TP, M.P selaku dosen Penguji yang telah membimbing dalam penelitian, perkuliahan, dan penulisan naskah yang baik
3. Bapak dan Ibu Dosen, Staf Tata Usaha dan Laboran yang telah memberikan masukan dan bantuan dalam laboratorium
4. Orang tua dan seluruh anggota keluarga yang telah memberikan motivasi, semangat dan memenuhi segala kebutuhan penulis

5. Markus Tandyta Surya yang menemani saat penelitian sedang berlangsung
6. Cornelia Ratna Kusuma, buat semua dukungan, dorongan semangat untuk menyelesaikan penelitian ini,
7. Mimi yang telah memberi semangat , hiburan, menjadi alarm setiap pagi serta membantu penulisan naskah skripsi ini.
8. Teman-teman mahasiswa/i seperjuangan Fakultas Teknobiologi Universitas Atma Jaya Yogyakarta yang memberikan dukungan moril kepada penullis
9. Semua pihak yang telah memberikan saran dan kritik yang sangat membantu dalam penulisan naskah yang tidak dapat Penulis sebutkan satu per satu.

Penulis menyadari bahwa penulisan dan penyusunan naskah skripsi ini masih jauh dari sempurna dan banyak kekurangan karena keterbatasan penulis. Oleh karena itu, penulis mengharapkan berbagai kritik dan saran dari para pembaca dan semua pihak. Akhir kata, penulis berharap agar naskah skripsi ini dapat bermanfaat dan memberikan pengetahuan bagi para pembaca dan semua pihak yang membutuhkan

Yogyakarta, November 2019

Penulis

## DAFTAR ISI

	Halaman
Lembar Judul .....	i
Lembar Pengesahan .....	ii
Pernyataan Bebas Plagiarisme .....	iii
Kata Pengantar .....	iv
Daftar Isi.....	vi
Daftar Tabel .....	vii
Daftar Gambar.....	viii
Daftar Lampiran.....	ix
Intisari .....	x
<b>I. PENDAHULUAN</b>	
A. Latar Belakang .....	1
B. Keaslian Penelitian.....	3
C. Perumusan Masalah .....	4
D. Tujuan Penelitian .....	4
E. Manfaat Penelitian .....	4
<b>I. TINJAUAN PUSTAKA</b>	
A. Bioetanol .....	5
B. Pisang Kepok .....	8
C. Lignoselulosa .....	10
D. <i>Pretreatment</i> basa .....	12



E. Hidrolisis Pati.....	14
F. Gula Pereduksi .....	17
G. <i>Saccharomyces cerevisiae</i> .....	19
H. Proses Fermentasi .....	20
I. Hipotesis .....	21
II. METODE PENELITIAN	
A. Waktu dan Tempat Penelitian .....	22
B. Alat dan Bahan.....	22
C. Rancangan Percobaan .....	23
D. Cara Kerja .....	24
a. Uji Kemurnian <i>Saccharomyces cerevisiae</i> .....	24
b. Persiapan Starter dan Uji Viabilitas sel.....	26
c. Persiapan Bahan Baku .....	27
d. <i>Pretreatment</i> basa .....	28
e. Analisis Lignoselulosa .....	28
f. Hidrolisis Asam .....	29
g. Analisis Gula Reduksi.....	30
h. Fermentasi Kulit Pisang Kepok .....	32
1. Pola pertumbuhan <i>Saccharomyces cerevisiae</i> .....	32
2. Pengukuran pH.....	32
i. Kadar Etanol menggunakan Kromatografi Gas .....	35
j. Teknik Analisis Data.....	35

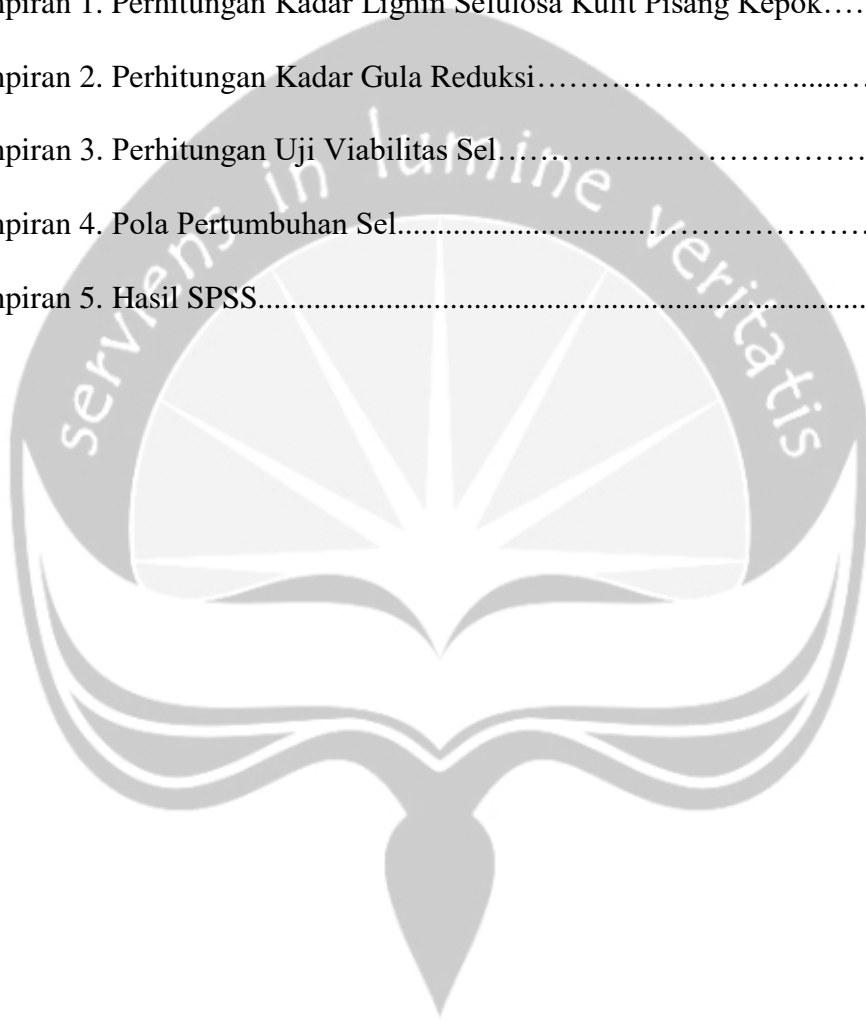
III.	HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN	
A.	Isolasi dan Uji Kemurnian <i>Saccharomyces cerevisiae</i> .....	37
B.	Preparasi Kulit Pisang Kepok .....	41
C.	Pengaruh Hidrolisis Asam Terhadap Kadar Glukosa .....	43
D.	Fermentasi .....	44
E.	Pengukuran Pola Pertumbuhan <i>Saccharomyces cerevisiae</i> .....	46
F.	Pengukuran Kadar Etanol Sampel .....	48
IV.	SIMPULAN DAN SARAN	
A.	Simpulan .....	50
B.	Saran .....	50
V.	DAFTAR PUSTAKA .....	51
	LAMPIRAN .....	56

## DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 1. Kandungan Kulit Pisang Kepok.....	11
Tabel 2. Rancangan Percobaan Untuk Variasi Konsentrasi Asam .....	28
Tabel 3. Rancangan Percobaan Untuk Variasi Lama Fermentasi.....	29
Tabel 4. Uji Kemurnian <i>Saccharomyces cerevisiae</i> .....	36
Tabel 5. Pengukuran Kadar Gula Reduksi.....	43
Tabel 6. Kadar Etanol .....	48
Tabel 7. Absorbansi Gula Standar .....	56
Tabel 8. Gula Reduksi Sampel.....	58
Tabel 9. Pola Pertumbuhan Sel.....	58
Tabel 10. Pengaruh konsentrasi Asam Terhadap Kadar Gula Reduksi .....	59
Tabel 11. Pengaruh Lama Fermentasi terhadap Kadar Etanol.....	59

## DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran 1. Preparasi Sampel Kulit Pisang Kepok .....	55
Lampiran 1. Perhitungan Kadar Lignin Selulosa Kulit Pisang Kepok.....	55
Lampiran 2. Perhitungan Kadar Gula Reduksi.....	55
Lampiran 3. Perhitungan Uji Viabilitas Sel.....	57
Lampiran 4. Pola Pertumbuhan Sel.....	58
Lampiran 5. Hasil SPSS.....	58



## DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 1. Buah Pisang Kepok.....	10
Gambar 2. Reaksi Pembentukan Etanol dari Glukosa.....	21
Gambar 3. Morfologi Koloni <i>Saccharomyces cerevisiae</i> .....	37
Gambar 4. Pengamatan sel <i>Saccharomyces cerevisiae</i> .....	38
Gambar 5. Pengamatan Spora <i>Saccharomyces cerevisiae</i> .....	38
Gambar 6. Hasil Uji Fermentasi Karbohidrat.....	40
Gambar 7. Kadar Lignin Selulosa Sebelum dan Sesudah <i>Pretreatment</i> Basa.....	41
Gambar 8. Botol Medium Fermentasi.....	44
Gambar 9. Perhitungan <i>Counting Chamber</i> .....	45
Gambar 10. Pola Pertumbuhan <i>Saccharomyces cerevisiae</i> Selama 72 Jam.....	46
Gambar 12. Pengukuran pH Medium Fermentasi <i>Saccharomyces cerevisiae</i> .....	47
Gambar 13. Kulit Pisang Kepok diayak menggunakan mesh ukuran 40 .....	55

## INTISARI

Kulit pisang kepok merupakan sumber yang potensial untuk biomassa karena mengandung pati sebesar 11,48% sebagai nutrisi yang dapat membantu pertumbuhan mikroba sebagai bahan baku pembuatan bioetanol. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh konsentrasi asam pada proses hidrolisis untuk menghasilkan kadar gula reduksi yang tinggi dan mengetahui pengaruh lama fermentasi untuk menghasilkan kadar bioetanol tertinggi. Variasi konsentrasi HCl pada hidrolisis asam yang digunakan adalah 0, 0,5, 0,75, dan 1 M selama 15 menit. Parameter yang diamati yaitu pola pertumbuhan sel *Saccharomyces cerevisiae* dan pengukuran pH pada medium fermentasi. Rancangan percobaan yang digunakan adalah rancangan acak lengkap. Data yang diperoleh dianalisis dengan ANAVA menggunakan SPSS versi 20.0 pada tingkat kepercayaan 95 %. Kadar gula reduksi tertinggi didapatkan oleh konsentrasi HCl 1 M sebesar 35,41 ppm dan kadar etanol tertinggi didapatkan pada fermentasi selama 72 jam sebesar 2,43%



## I. PENDAHULUAN

### A. Latar Belakang

Kebutuhan BBM di Indonesia setiap tahun semakin tinggi. Hal ini dikarenakan adanya kemajuan infrastruktur dan sarana transportasi yang meningkat. Menurut direktur Pemasaran PT. Pertamina (Persero), Pertamina hanya memberi pasokan sekitar 1,03 juta kiloliter per tahun, sedangkan kebutuhan BBM nasional sekitar 1,4 juta kiloliter per tahun. Salah satu cara untuk mengurangi krisis BBM adalah dengan memproduksi bioetanol sehingga dapat mengurangi konsumsi bahan bakar fosil. Bioetanol merupakan bentuk energi alternatif berupa etanol yang dapat diproduksi dari fermentasi glukosa (gula) (Samsuridkk, 2007).

Banyak limbah organik yang dimanfaatkan sebagai bahan baku pembuatan etanol seperti kulit buah pisang kepok. Menurut Munadjim (1982), dua per tiga bagian dari buah pisang yang dapat dikonsumsi dan sisanya yaitu sepertiga bagian merupakan limbah pisang berupa kulit. Sebagai sumber biomassa, kulit pisang merupakan sumber yang potensial karena mengandung pati sebesar 11,48%. Menurut Dyah (2008), kulit pisang kepok memiliki karbohidrat yang diubah menjadi glukosa dengan bantuan proses hidrolisis dan diolah menjadi bahan baku pembuatan bioetanol.

Pada pembuatan bioetanol perlakuan pertama menggunakan hidrolisis pati menggunakan asam yang digunakan untuk mengubah lignoselulosa menjadi bioetanol dengan tujuan memecah ikatan lignin, selulosa dan hemiselulosa agar dapat didegradasi menjadi glukosa (Pudjaatmaka dan Qodratillah, 2002). Menurut penelitian Sukowati dkk., (2014), kadar asam dari hidrolisis asam optimal menggunakan  $H_2SO_4$  sebesar 0,05M selama 15 menit mampu meningkatkan kadar gula reduksi sebesar 11,25 mg / 100 ml.

Proses fermentasi menggunakan mikroorganisme yang dapat menghasilkan alkohol yaitu *Saccharomyces cerevisiae* sebesar 8-20% pada kondisi pertumbuhan yang optimum yaitu pada fase pertumbuhan (fase log) pada jam ke-48 dengan rentang pH antara 4,5 hingga 5,5. Terdapat banyak faktor yang mempengaruhi proses fermentasi salah satunya yaitu waktu fermentasi (Fardiaz, 1992). Waktu fermentasi pada proses fermentasi yang dipengaruhi oleh suhu, konsentrasi gula, pH dan faktor – faktor lainnya tetapi biasanya waktu yang diperlukan antara 30 – 72 jam (Fardiaz, 1992).

Penelitian yang akan dilakukan adalah pembuatan bioetanol dengan substrat kulit pisang untuk menghasilkan konsentrasi bioetanol yang optimum dengan perlakuan konsentrasi asam untuk hidrolisis dan lama fermentasi. Semakin tinggi kadar glukosa yang dihasilkan maka kadar etanol yang terbentuk semakin tinggi, karena bahan yang akan digunakan untuk fermentasi menjadi etanol adalah glukosa. Kadar etanol



yang dihasilkan akan semakin tinggi sampai waktu optimal kemudian kadar etanol yang dihasilkan menurun karena adanya fase kematian mikroorganisme sehingga tidak adanya mikroorganisme yang akan memfermentasi glukosa menjadi etanol kembali (Prescott dan Dunn, 1959).

## **B. Keaslian Penelitian**

Keaslian penelitian mengacu penelitian Dewati (2008) mengenai proses pembuatan bioetanol dari kulit pisang. Pada penelitian ini tidak dilakukan proses *pretreatment* langsung dilakukan proses hidrolisis asam menggunakan HCl 0,5M dan dilanjutkan proses fermentasi menggunakan *Saccharomyces cerevisiae* dengan lama fermentasi selama 5 hari dan dianalisis kadar alkohol yang dihasilkan menggunakan spektrofotometer IR. Hasil terbaik didapatkan pada kondisi fermentasi pada hari ketiga dengan penambahan jumlah nutrient ammonium phosphat sebesar 5,5 gram yang dihasilkan jumlah biomassa sebesar  $329 \times 10^{10}$  cfu / ml yang memiliki kadar etanol sebesar 9,06%.

Penelitian oleh Sukowati dkk (2014) dilakukan proses hidrolisis asam menggunakan asam sulfat dengan parameter konsentrasi asam dan waktu hidrolisis. Hasil penelitian menunjukkan bahwa perlakuan optimum untuk hidrolisis asam menggunakan larutan H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> pada konsentrasi 0,050 M selama 15 menit menghasilkan gula yang berkurang pada konsentrasi 11,25 mg / 100 ml. Kemudian dilakukan proses fermentasi dengan suhu 27°C selama 72 jam dengan parameter konsentrasi starter *Saccharomyces*

*Cerevisiae* dihasilkan kadar bioetanol yang optimum dengan konsentrasi 0,03% menggunakan starter dengan konsentrasi 10% (b/v).

Penelitian oleh Bestari dkk., (2014), digunakan kulit pisang kepok dan pisang raja pada pembuatan bioetanol. Hasil penelitian menunjukkan kadar bioetanol yang paling tinggi dihasilkan oleh kulit pisang kepok dengan penambahan ragi fermentasi sebanyak 7 gram selama 8 hari senilai 17,05% sedangkan pada kulit pisang raja dengan jumlah ragi sebanyak 7 gram selama 8 hari memiliki kadar bioetanol sebanyak 16,55%.

### **C. Perumusan Masalah**

1. Apakah ada pengaruh konsentrasi asam pada proses hidrolisis dan lama fermentasi untuk menghasilkan kadar gula reduksi yang tinggi?
2. Berapakah konsentrasi asam pada proses hidrolisis dan lama fermentasi yang menghasilkan kadar bioetanol tertinggi?

### **D. Tujuan Penelitian**

1. Mengetahui pengaruh konsentrasi asam pada proses hidrolisis dan lama fermentasi untuk menghasilkan kadar gula reduksi yang tinggi
2. Mengetahui konsentrasi asam pada hidrolisis dan lama fermentasi untuk menghasilkan kadar bioetanol tertinggi

### **E. Manfaat Penelitian**

Penelitian ini diharapkan dapat memberi informasi ilmiah mengenai konsentrasi asam pada hidrolisis asam yang optimum untuk menghasilkan kadar gula reduksi yang tinggi pada proses fermentasi

bioetanol kulit pisang kepok dan memberikan informasi mengenai pengaruh lama fermentasi untuk menghasilkan bioetanol yang optimum pada kulit pisang kepok



## II. TINJAUAN PUSTAKA

### A. Proses Produksi Bioetanol

Bioetanol merupakan etanol yang dapat diproduksi dari fermentasi glukosa (gula) (Samsuridkk., 2007). Etanol yang dibuat secara fermentasi dengan cara merekayasa produk dari biomassa yaitu tumbuhan yang memiliki karakteristik bahan berpati, bergula dan berselulosa (Prihandana, 2007). Bahan yang mengandung glukosa dapat difermentasi langsung menjadi etanol namun bahan disakarida, pati maupun karbohidrat kompleks harus dihidrolisis terlebih dahulu menjadi komponen yang sederhana untuk digunakan proses fermentasi dapat berjalan secara optimal (Ketut, 2009).

Bioetanol sering digunakan untuk *biofuel* atau sebagai bahan bakar alternatif yang lebih ramah lingkungan dan sifatnya terbarukan. Bioetanol memiliki karakteristik yang lebih baik dibandingkan bensin yaitu mengandung 35% oksigen, memiliki nilai oktan yang tinggi yaitu sebesar 96-113, bersifat ramah lingkungan serta bioetanol dapat diperbaharui (Hambali dkk, 2007)

Secara garis besar, produksi bioetanol terdiri dari 4 proses, yaitu persiapan bahan baku, hidrolisis, fermentasi serta pemurnian (Hidayat, 2006). Persiapan bahan baku tergantung dari jenis bahan bakunya dan dibagi menjadi beberapa proses yaitu pengecilan ukuran untuk

mengekstrak gula kemudian tepung dan material selulosa dihancurkan untuk memecah susunan tepung agar bisa berinteraksi baik dengan air. Kemudian dilakukan pemasakan, tepung dikonversi menjadi gula dengan proses pemecahan gula kompleks dan sakarifikasi dengan penambahan air (Hidayat, 2006).

Pada proses hidrolisis prinsip selulosa dari hidrolisis ini adalah pemutusan ikatan beta 1,4 glikosidik menjadi unit-unit dektrosa ( $C_6H_{12}O_6$ ) (Irawan, 2013). Kemudian dilanjutkan proses fermentasi prinsipnya adalah perubahan kimia yang spesifik pada substrat karbohidrat yang diinduksi oleh enzim yang dihasilkan dari mikroorganisme (Rogers dan Cail, 1991). Dalam proses ini berlangsung pemecahan gula sederhana menjadi etanol pada suhu 27-32°C. Gas  $CO_2$  akan dihasilkan sebagai limbahnya (Erliza, 2008). Proses terakhir dilakukan destilasi yang digunakan untuk memisahkan etanol dengan air. Titik didih etanol murni adalah 78,4°C dan air 100°C. Dengan memanfaatkan perbedaan titik didih, dapat dipanaskan dalam rentang suhu 78-100 °C sehingga etanol akan menguap dan dari kondensasi akan didapatkan etanol 95 % (Hidayat, 2006).

Menurut Winarno dan Fardiaz (1992) faktor yang mempengaruhi pembuatan bioetanol dalam proses fermentasi antara lain bahan baku, suhu, pH, lama fermentasi, kadar gula, dan nutrisi.

1. Bahan baku

Bahan baku yang mengandung senyawa organik terutama glukosa, pati maupun selulosa dapat digunakan sebagai substrat dalam proses fermentasi bioetanol (Prescott dan Dunn, 1959).

2. Suhu

Suhu yang optimum umumnya digunakan berkisar 27 – 32°C (Erliza, 2008).

3. pH

Pada umumnya pH untuk fermentasi dibutuhkan keasaman 3,4 – 4 tergantung dari lingkungan hidup dari starter yang dapat tumbuh dan melakukan metabolisme pada pH tersebut (Winarno dan Fardiaz, 1992)

4. Lama fermentasi

Lama fermentasi biasanya ditentukan pada jenis bahan dan jenis yeast serta gula. Fermentasi berhenti ditandai dengan tidak terproduksinya lagi CO<sub>2</sub>. Kadar etanol yang dihasilkan akan semakin tinggi sampai waktu optimal dan setelah itu kadar etanol yang dihasilkan menurun (Prescott dan Dunn, 1959)

5. Kadar gula

Kadar gula yang optimum untuk aktivitas pertumbuhan starter adalah 10-18%. Gula sebagai substrat, yaitu sumber karbon bagi nutrient khamir yang mempercepat pertumbuhan untuk menguraikan karbohidrat menjadi etanol. Apabila terlalu pekat, aktivitas enzim akan

terhambat sehingga waktu fermentasi menjadi lambat dan terdapat sisa gula yang tidak dapat terpakai dan jika terlalu encer maka alkohol yang dihasilkan rendah. Jika kadar gula di bawah 10% fermentasi dapat berjalan tetapi etanol yang dihasilkan terlalu encer sehingga tidak efisien untuk didestilasi dan biayanya mahal. Jika kadar gula di atas 18 % fermentasi akan menurun dan alkohol yang terbentuk akan menghambat aktivitas khamir, sehingga waktu fermentasi bertambah lama dan ada sebagian gula yang tidak terfermentasi (Winarno dan Fardiaz, 1992).

#### 6. Nutrisi

Nutrisi diperlukan sebagai tambahan makanan bagi pertumbuhan ragi. Nutrisi yang diperlukan misalnya: garam ammonium ( $\text{NH}_4\text{Cl}$ ) dan garam *triple super phosphate* (pupuk TSP) (Winarno dan Fardiaz, 1992).

### **B. Kulit Buah Pisang Kepok**

Tanaman pisang kepok (*Musa paradisiaca* L.) adalah tanaman monokotil berbentuk pohon yang tersusun atas batang semu yang merupakan tumpukan pelepah daun yang tersusun secara rapat dan teratur. Pada buah pisang kepok memiliki panjang buah sebesar 10-12 cm dan memiliki berat 80-120 gram tiap buahnya. Kulit buah pisang kepok sangat tebal, memiliki warna kuning kehijauan dan kadang bernoda coklat

(Suhardiman, 1997). Buah pisang kepok kuning dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Buah pisang kepok berwarna kuning dan biasanya , panjang buah sekitar 10-12cm, dan berat 80-120 gram tiap buahnya. Sumber:Cahyono, 2009)

Kulit pisang kepok biasanya digunakan sebagai makanan ternak dan dapat digunakan untuk menghasilkan alkohol karena mengandung pati maupun selulosa yang akan diubah menjadi glukosa dan menggunakan bantuan mikroorganisme yang akan mengubah glukosa menjadi alkohol (Munadjim,1982). Selama pemasakan buah, kandungan selulosa dan hemiselulosa yang terdapat pada kulit buah pisang kepok akan menurun karena kandungan lignin yang telah terurai dari struktur kompleksnya pada proses pemasakan buah (Bennet dkk., 1987).

Kulit buah pisang kepok memiliki nilai karbohidrat yang tinggi yaitu 18,05% serta kulit pisang dapat digunakan sebagai nutrisi yang dapat membantu pertumbuhan mikroba (Dyah, 2008). Kulit pisang kepok memiliki kandungan karbohidrat yang akan diubah menjadi glukosa dengan bantuan proses hidrolisis, kemudian diolah menjadi bahan baku pembuatan bioetanol (Dyah, 2008). Menurut penelitian Sukowati dkk., (2014) kandungan hemiselulosa, selulosa dan lignin pada kulit pisang



yaitu sebesar 23,2; 14,56; dan 21,29%. Kandungan selulosa yang terdapat dalam kulit pisang juga berpotensi sebagai bahan pembuatan etanol. Kandungan kulit pisang kepok dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Kandungan kulit pisang kepok

No	Hasil tes kimiawi laboratorium	Kadar
1	Air	73,60 %
2	Protein	2,15 %
3	Lemak	1,34 %
4	Gula reduksi	7,62 %
5	Pati	11,48 %
6	Serat kasar	1,52 %
7	Abu	1,03 %
8	Vitamin	
	Vitamin C mg / 100 gr	36
9	Mineral	
	Ca, mg / 100 gr	31
	Fe, mg / 100 gr	26
	P, mg / 100 gr	63

(Sumber : Dewati, 2008)

### C. Selulosa, Hemiselulosa, dan Lignin

Lignoselulosa adalah biomassa yang berasal dari tanaman dengan komponen utama berupa selulosa, hemiselulosa dan lignin (Hermiati, dkk., 2010). Selulosa merupakan komponen struktur utama dinding sel berupa polimer linier dari  $\beta$ -D-glukosa yang dihubungkan dengan ikatan glikosidik  $\beta$  (1- $\rightarrow$ 4) (Lehninger, 1982). Selulosa tidak berwarna, tidak mempunyai rasa dan bau, tidak larut dalam air maupun basa, relatif stabil terhadap panas, tidak meleleh jika dipanaskan, mulai terurai (dekomposisi) pada suhu 260 – 270<sup>0</sup>C, tahan terhadap hidrolisis, dan stabil terhadap oksidasi tetapi selulosa akan larut dalam larutan asam mineral dengan konsentrasi tinggi (akibat hidrolisis), dan jika hidrolisisnya belum

berlangsung terlalu jauh maka selulosa dapat diendapkan kembali membentuk fragmen-fragmen padatan polimer dengan berat molekul yang lebih kecil melalui pengenceran larutan dalam asam kuat tersebut dan air. Selulosa baru mengalami hidrolisis dalam asam mineral encer pada suhu yang tinggi ( $>100^{\circ}\text{C}$ ) (Lehninger, 1982).

Hemiselulosa merupakan heteropolisakarida yang mengandung berbagai gula, memiliki derajat polimerisasi yang lebih rendah, mudah dihidrolisis menggunakan asam, mempunyai suhu bakar lebih rendah dibandingkan selulosa, dan larut dalam alkali dengan konsentrasi rendah (Kusnandar, 2010). Hemiselulosa mempunyai rantai polimer yang pendek dan tak berbentuk, sehingga sebagian besar dapat larut dalam air. Rantai utama dari hemiselulosa dapat berupa homopolimer (umumnya terdiri dari satu jenis gula yang berulang) atau juga berupa heteropolimer (campuran beberapa jenis gula) (Ibrahim, 1998).

Lignin merupakan kerangka dinding sel tumbuhan yang terdiri dari lapisan-lapisan serat selulosa yang panjang, melebar, saling bersimpangan diliputi oleh matriks seperti semen yang terdiri dari polisakarida struktural jenis lain (Lehninger, 1982) bersifat sangat *inert*, tidak larut serta tahan terhadap pencernaan (Kusnandar, 2010). Lignin adalah polimer berkadar aromatik-fenolik yang tinggi, berwarna kecoklatan, dan relatif lebih mudah teroksidasi. Lignin relatif stabil terhadap aksi kebanyakan larutan asam mineral, tetapi larut dalam larutan basa panas dan larutan ion bisulfit ( $\text{HSO}_3^-$ ) (Lehninger, 1982).

Pada kulit pisang yang mengandung selulosa, hemiselulosa dan lignin tidak dapat langsung difermentasi oleh mikrobia sebagai produksi bioetanol, karena kulit pisang merupakan senyawa kompleks lignoselulosa. Lignin dihilangkan terlebih dahulu agar proses hidrolisis selulosa dan hemiselulosa menjadi etanol berjalan secara optimal (Sukowati dkk, 2014).

#### **D. Proses *Pretreatment* Basa**

Hidrolisis selulosa dalam lignoselulosa jauh lebih sulit dibandingkan hidrolisis selulosa yang bebas karena lignoselulosa merupakan bahan yang amat rapat sehingga pada kondisi biasa bersifat inert dan tak bisa ditembus/diterobosi oleh air apalagi enzim (Soerawidjaja dan Amiruddin, 2007). Oleh sebab itu diperlukan suatu proses awal (*pretreatment*) untuk mempersiapkan bahan agar dapat disakarifikasi oleh enzim dan difermentasi oleh mikroorganisme yang bebas dari lignin dan hemiselulosa dengan tujuan untuk membuka struktur lignoselulosa agar selulosa menjadi lebih mudah dipecah polisakaridanya menjadi monomer gula karena jika lignoselulosa tidak diperlakukan awal terlebih dahulu, maka selulosa sulit untuk dihidrolisis menjadi glukosa. Lignin sangat kuat melindungi selulosa sehingga sangat sulit melakukan hidrolisis sebelum memecah pelindung lignin (Mosier dkk., 2005).

*Pretreatment* basa menggunakan NaOH digunakan untuk mendegradasi lignin dan hemiselulosa sehingga selulosa dan hemiselulosa

terdegradasi, sehingga komponen selulosa meningkat persentasenya dari total seluruh komponen pada kulit pisang. Kandungan hemiselulosa yang terdegradasi disebabkan adanya reaksi oksidasi sehingga hemiselulosa terdegradasi menjadi unit-unit yang sederhana sehingga mudah larut dalam air (Fengel dan Wegener, 1995). Tanpa adanya pretreatment, gula yang dihasilkan dari hidrolisis kurang dari 20%, sedangkan dengan adanya *pretreatment* hasilnya meningkat menjadi 90% bahkan lebih (Brown, 2003). Keberhasilan *pretreatment* ini ditentukan oleh besarnya kandungan lignin dan hemiselulosa yang hilang dari bahan (Taherzadeh dan Karimi, 2007).

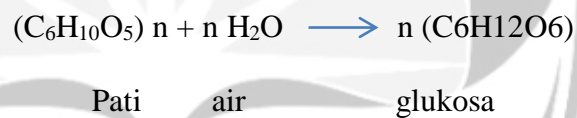
Pada proses *pretreatment* digunakan mencegah selulosa ikut terdegradasi dalam proses delignifikasi. Pada kulit pisang terdapat zat lignin dimana lignin merupakan jaringan polimer fenolik yang berfungsi merekatkan serat selulosa sehingga menjadi sangat kuat. Kekuatan lignin merupakan salah satu penghalang pada proses hidrolisis senyawa selulosa nantinya. Untuk itu perlu diberikan perlakuan pendahuluan / *pretreatment* terhadap kulit pisang yang akan dihidrolisis dengan proses delignifikasi menggunakan basa. Delignifikasi dilakukan dengan larutan NaOH karena larutan ini dapat merusak struktur lignin sehingga membebaskan selulosa tanpa merusak karbohidrat (Putri dkk, 2016).

Semakin besar konsentrasi NaOH yang digunakan untuk bahan baku pembuatan bioetanol maka semakin tinggi juga nilai kadar bioetanol

yang diperoleh. Semakin tinggi konsentrasi basa yang digunakan maka selulosa yang terhidrolisis semakin banyak.

#### E. Proses Hidrolisis Pati dan Asam

Hidrolisis merupakan reaksi kimia antara air dengan suatu zat lain yang menghasilkan satu zat baru atau lebih yang dapat digunakan untuk dekomposisi suatu larutan menggunakan air (Pudjarmaka dan Qodratillah, 2002). Proses hidrolisis melibatkan ionisasi molekul air maupun penguraian senyawa yang lain (Pudjarmaka dan Qodratillah, 2002). Reaksi hidrolisis pati berlangsung menurut persamaan reaksi sebagai berikut:



(Sumber : Agradkk., 1973)

Hidrolisis asam digunakan untuk memecah komponen polisakarida menjadi monomer-monomernya. Proses hidrolisis yang sempurna akan memecah selulosa dan pati menjadi glukosa yang nantinya akan digunakan untuk produksi bioetanol sedangkan hemiselulosa akan terpecah menjadi pentosa dan laktosa (Pudjarmaka dan Qodratillah, 2002)..

Hidrolisis asam dikelompokkan menjadi dua yaitu hidrolisis asam pekat dengan konsentrasi tinggi dan hidrolisis asam encer dengan konsentrasi rendah. Keuntungan hidrolisis menggunakan asam konsentrasi tinggi yaitu proses hidrolisis dapat dilakukan pada suhu yang rendah dan

hasil gula yang didapatkan tinggi sekitar 90% namun kelemahannya yaitu konsentrasi asam yang digunakan sangat tinggi sekitar 30-70% menimbulkan potensi korosi terhadap peralatan, dan waktu reaksi yang lama sekitar 2-6 jam. Hidrolisis menggunakan asam dengan konsentrasi rendah memiliki keuntungan yaitu jumlah asam yang digunakan sedikit dan waktu yang dibutuhkan singkat yaitu 1-2 jam namun kerugiannya yaitu membutuhkan suhu yang tinggi sekitar 90 – 110°C, gula yang didapatkan sedikit sekitar 30-40% (Taherzadeh dan Karimi, 2007).

Proses hidrolisis asam dengan konsentrasi rendah dilakukan dua tahap yaitu melibatkan asam encer untuk menghidrolisis gula dari pentose yang terdapat dalam fraksi hemiselulosa yang biasanya menggunakan konsentrasi asam 1% pada suhu 80-120°C selama 3-240 menit. Tahap kedua menggunakan asam dengan konsentrasi yang lebih tinggi untuk menghidrolisis gula yang berasal dari golongan selulosa menggunakan konsentrasi asam 5-20% dengan suhu 180°C. Proses hidrolisis bertahap ini digunakan agar dapat memaksimalkan hasil glukosa yang dihasilkan dan meminimalkan hasil samping yang tidak diinginkan yaitu degradasi gula yang dapat mengurangi hasil panen gula dan menghambat pembentukan ethanol pada tahap fermentasi (Purwadi, 2006).

Perlakuan awal hidrolisis menggunakan asam lebih banyak diterapkan dibandingkan hidrolisis menggunakan enzim karena harga enzim sangat mahal dan sulit didapatkan (Sukowati dkk., 2014). Hidrolisis dengan asam bertujuan untuk memecah ikatan lignin, selulosa dan

hemiselulosa agar selulosa dan hemiselulosa mudah didegradasi menjadi glukosa. Larutan asam dapat memotong ikatan beta 1,4 glikosidik yang diharapkan dapat meningkatkan kadar gula yang dihasilkan dan dapat mengoptimalkan kadar bioetanol yang dihasilkan (Sukowati dkk., 2014).

Salahsatu jenis asam yang dapat digunakan pada proses hidrolisis patisecara nonenzimatik adalah HCl. HCl merupakan asammonoprotik yang paling sulit menjalani reaksi redoks dan juga merupakan asamkuat yang paling tidak berbahaya untuk ditangani dibandingkan dengan asam kuatlainnya. Walaupun bersifat asam, asam klorida mengandung ion klorida yang tidak reaktif dan tidak beracun. Asam klorida dalam konsentrasi menengah cukup stabil untuk disimpan dan terus mempertahankan konsentrasinya (Purwadi, 2006).

Katalis HCl menghasilkan glukosa lebih tinggi sebesar 10,04% dibandingkan  $H_2SO_4$ . Hal ini terjadi karena  $H_2SO_4$ bersifat merusak selulosa sedangkan HCl tidak, sehingga glukosa yang dihasilkan lebih sedikit (Siswati dkk., 2009). Konsentrasiasam yang semakin tinggi akanmemberikan kesempatan yang lebih bagi selulosa dan hemiselulosa untuk dihidrolisis menjadi gula-gula sederhana sehingga kadar gula reduksi mengalami peningkatan,tetapi jika konsentrasi asam melebihi waktu optimalnya maka akanterjadi penurunan kadar gula reduksi (Sukowati dkk., 2014). Jika waktu hidrolisis terlalu lama glukosa akan terhidrolisis menjadi hydroksymethylfurfural dan bereaksi membentuk

asam formiat, sehingga menyebabkan kadar glukosa menurun (Idral, 2012).

Faktor-faktor yang mempengaruhi proses hidrolisis yaitu :

1. Jumlah kandungan karbohidrat pada bahan baku : jika kandungan karbohidrat sedikit maka jumlah gula yang terbentuk sedikit
2. pH : pH terbaik yang digunakan hidrolisis asam sekitar 2,3
3. konsentrasi katalis : katalisator digunakan untuk memperbesar kereaktifan zat (Dewati, 2008).

#### **F. Karbohidrat Sebagai Gula Pereduksi**

Karbohidrat memiliki sifat sebagai gula pereduksi disebabkan adanya gugus aldehid dan keton bebas yang dapat mereduksi ion logam seperti tembaga (Cu) dan perak (Ag) (Girindra, 1986). Penentuan gula reduksi dilakukan menggunakan Metode Nelson-Somogyi yang memiliki daya reduksi sederhana terhadap ion tembaga menjadi kuprooksida dan senyawa gula lain. Kuprooksida direaksikan dengan arsenomolibdat akan membentuk senyawa molibdenum (senyawa kompleks berwarna biru) yang akan diukur pada spektrofotometer absorbansinya (Suhardi, 1997). Penambahan reagen Nelson digunakan untuk mereduksi kuprioksida / tembaga (II) oksida (CuO) menjadi kuprooksida / tembaga (I) oksida (Cu<sub>2</sub>O). Senyawa K-Na-tartrat yang terkandung dalam reagen Nelson berfungsi untuk mencegah terjadinya pengendapan kuprioksida (Suhardi, 1997).



Gula reduksi menunjukkan jumlah komponen gula yang ujung rantainya mengandung gugus aldehid atau keton bebas. Besarnya kadar gula pereduksi menunjukkan hidrolisat berpotensi besar untuk menghasilkan etanol yang tinggi dalam proses fermentasi karena gula pereduksi yang terukur dimanfaatkan oleh *Saccharomyces cerevisiae* dalam proses metabolisme menghasilkan etanol (Osho, 2005). Pada pengukuran kadar gula reduksi salah satunya dengan metode *Nelson Somogyi* oleh Fauziah (2014) menghasilkan kadar gula reduksi paling tinggi pada sampel kulit pisang kepok menggunakan  $H_2SO_4$  sebesar 0,8N selama 180 menit yang nantinya kadar gula reduksi paling tinggi akan dibawa ke proses fermentasi bioetanol. Hal ini juga dilakukan oleh Sukowati dkk (2015) pada penggunaan asam sulfat sebesar 0,05M selama 15 menit menghasilkan kadar gula reduksi yang tinggi yaitu 11,26 mg/100ml.

#### **G. Khamir *Saccharomyces cerevisiae***

*Saccharomyces cerevisiae* digunakan untuk melakukan fermentasi, bahan makanan maupun minuman yang mengandung alkohol (Osho, 2005). *Sacharomyces cerevisiae* dapat mengubah senyawa yang mengandung gula menjadi alkohol dan gas  $CO_2$  secara cepat dan efisien (Osho, 2005). *Saccharomyces cerevisiae* toleran pada kadar alkohol yang tinggi dan kadar alkohol yang dihasilkan sebesar 8-20 % pada kondisi optimum (Osho, 2005).

*Saccharomyces cerevisiae* tumbuh sangat baik pada suhu 20-30°C dengan rentang pH antara 4,5 hingga 5,5. *Saccharomyces cerevisiae* merupakan mikroorganisme anaerob fakultatif dan umumnya tidak dapat tumbuh dengan baik di bawah kondisi benar-benar anaerobik karena oksigen diperlukan sebagai faktor pertumbuhan untuk membran biosintesis (Samsuri dkk., 2007). Dinding sel *Saccharomyces cerevisiae* terdiri atas polisakarida, lapisan membran sel tersusun atas lipoprotein yang berfungsi untuk transportasi zat yang dibutuhkan dan untuk zat sisa metabolisme, di bagian dalamnya terdapat enzim yang berfungsi sintesis komponen dinding sel (Amaria dkk., 1999). Reproduksi *Saccharomyces cerevisiae* dilakukan dengan membentuk tunas dan spora seksual (Fardiaz, 1992).

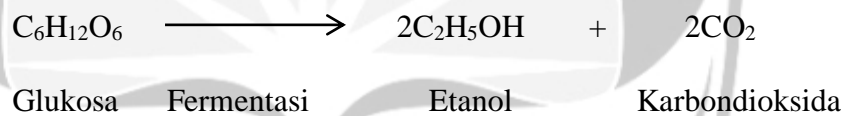
Pola pertumbuhan *Saccharomyces cerevisiae* melalui 4 fase tahap pertumbuhan yaitu fase adaptasi berada pada jam ke-0 hingga jam ke-8. Pertumbuhan mulai meningkat pada jam ke-8 hingga jam ke-16. Tahap ini biasa disebut dengan fase log. Pada jam ke-16 hingga jam ke-48 terjadi pertumbuhan yang konstan atau biasa disebut dengan fase stasioner. Pada jam ke-48 hingga jam ke-72 terjadi penurunan pertumbuhan atau biasa disebut dengan fase kematian (Bailey dan Ollis, 1986).

Khamir sangat peka terhadap etanol. Konsentrasi etanol 1-2 % (v/v) akan mengganggu proses fermentasi (Haryani, 2008). Ketika konsentrasi etanol sebesar 10% (v/v) laju pertumbuhan khamir akan berhenti sama sekali. Kadar etanol maksimal yang bisa dihasilkan sebelum

fermentasi berhenti sebesar 13% (v/v) (Lopes dkk., 2009) dan konsentrasi etanol sebesar 40% akan menghambat pertumbuhan biomassa dan produksi etanol (Solikhin dkk., 2012).

## H. Proses Fermentasi Bioetanol

Fermentasi merupakan proses oksidasi karbohidrat secara anaerob (Tahezadeh dan Karimi, 2007). Pada proses fermentasi, tepung yang telah berubah menjadi gula sederhana (glukosa maupun fruktosa) akan melibatkan mikroorganisme pada proses selanjutnya agar dapat bekerja pada suhu optimum. Reaksi pembentukan etanol dari glukosa dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Reaksi pembentukan etanol dari glukosa (Sumber : Tahezadeh dan Karimi, 2007)

## I. Hipotesis

1. Variasi konsentrasi asam pada proses hidrolisis akan memengaruhi kadar gula reduksi yang tinggi menggunakan HCl sebesar 0,5M
2. Lama fermentasi selama 72 jam akan menghasilkan kadar etanol yang optimum sebesar 10%

## V. SIMPULAN DAN SARAN

### A. SIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian diperoleh simpulan sebagai berikut:

1. Konsentrasi HCl 1M pada hidrolisis asam memiliki kadar gula reduksi yang tinggi yaitu 35,41 ppm
2. Pada proses fermentasi bietanol selama 72 jam menghasilkan kadar etanol tertinggi yaitu sebesar 2,43%

### B. SARAN

Berdasarkan hasil penelitian didapatkan saran sebagai berikut :

1. Pada saat proses fermentasi dilakukan penggojogan / menggunakan *shaker incubator* agar terjadi homogenisasi
2. Dilakukan pengukuran pH medium fermentasi lebih lanjut sehingga pertumbuhan mikroorganisme optimum
3. Pada proses destilasi bioetanol digunakan alat destilasi yang lebih baik agar hasilnya lebih optimal dan mendapatkan etanol yang murni
4. Ditambahkan perlakuan lain selain pengukuran lama fermentasi pada proses fermentasi agar dihasilkan kadar etanol yang lebih tinggi
5. Dilakukan uji kadar gula reduksi pada saat *pretreatment* basa maupun sebelum dilakukan *pretreatment* basa sehingga dapat dibedakan gula reduksi yang didapatkan dari pati maupun selulosa.

## DAFTAR PUSTAKA

- Agra, I.B., Warnijati, S., Pujiyanto, B.. 1973. *Hidrolisis Ketela Rambat Pada Suhu Lebih dari 100°C*. Forum Teknik Jilid 3 UGM, Yogyakarta, halaman 20-23.
- Amaria, Isnawati, R., dan Tukiran. 1999. *Biomassa Saccharomyces cerevisiae* dari Limbah Buah dan sayur Sebagai Sumber Vitamin B. Pusat Kajian Makanan Tradisional. Lemlit Universitas Negri Surabaya. Surabaya, halaman 56-57.
- Arnata, W., Setraningsih, D., dan Nur, R. 2009. Produksi Bioetanol dari Ubi Kayu melalui Proses Sakarifikasi Fermentasi Simultan Menggunakan Kultur Campuran *Trichoderma viridae*, *Aspergillus niger*, dan *Saccharomyces cerevisiae*. *Naskah Skripsi S1*. Institut Pertanian Bogor, Bogor.
- Bailey, J. E. dan Ollis, E.L. 1986. *Biochemical Engineering Fundamentals*, 2nd edition. McGraw-Hill, New York, halaman 77-79
- Bestari, A., Endro S, dan Sri Sumiyati. 2014. Pengaruh lama fermentasi terhadap kadar bioetanol dari pisang kepok dan raja. *Jurnal Penelitian Ilmiah*. 1 (1) : 3-5
- Brown, M. M. 2003. Technology Diffusion and the “Knowledge Barrier”: The Dilemma of Stakeholder Participation, 26(4) : 345–359.
- Buckle, K. A., Edwards, R. A., Fleet, G. H., Wootton M. 1987. *Ilmu Pangan*. Universitas Indonesia-Press. Jakarta, halaman 66-67
- Cahyono, B. 2009. Pisang Usaha Tani dan Penanganan Pascapanen. Kanisius, Yogyakarta, halaman 99-105.
- Cappucino, G. J., dan Sherman, N. 2011. *Microbiology a Laboratory Manual 8 Edition*. State University of New York, Rockland Community College. United States, halaman 44-50.
- Devis, H. F., 2008. Bioetanol Berbahan Dasar Ampas Rumput Laut *Kappaphycus Alvarezii*. *Skripsi*. Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Dewati, R. 2008. Limbah Kulit Pisang Kepok Sebagai Bahan Baku Pembuatan Ethanol. *Skripsi*. UPN Veteran, Jatim.
- Dyah, T. R. 2008. Pembuatan Bioetanol Dari Kulit Pisang. *Skripsi*. Program Studi Teknik Kimia UPN Veteran, Yogyakarta.

- Emaga, T.H., Andrianaivo, R.H., Wathélet, B, Tchango, J.T., Paquot, M. 2007. Effect of the stage maturation and varieties on the chemical composition of banana and plantain peels. *Food Chemistry* 103(2):590-600.
- Erliza. 2008. *Teknologi Bioenergi*. Penerbit Agro Media. Jakarta. Halaman 70-77
- Fardiaz, S. 1992. *Mikrobiologi Pangan 1*. PT Gramedia Pustaka Utama. Jakarta, halaman 45-50.
- Fauziah, Vina. 2015. Pengaruh Variasi Konsentrasi Asam dan Waktu Hidrolisis Terhadap Produksi Bioetanol dari Limbah Kulit Pisang Kepok Kuning (*Musa balbisiana* BBB). *Skripsi S1 Farmasi*. UIN Syarif Hidayatullah, Jakarta.
- Fengel, D. dan Wegener, G. 1995. Kayu: Kimia, Ultrastruktur. Gadjah Mada University Press, Yogyakarta. Halaman 66-70
- Gasperz, Vincent. 2002. *Production Planning And Inventory Control*. Gramedia, Jakarta, halaman 70-77.
- Girindra, Aisjah. 1986. *Biokimia 1*. PT. Gramedia Pustaka Utama, Jakarta, halaman 34-40
- Hambali, E., Mujdalipah, S., Tambunan, H., Pattiwiri, W.A., dan Hendroko, R. 2007. *Teknologi Bioenergi*. Agromedia Pustaka, Jakarta. Halaman 110-113
- Haryani, S. 2008. Produksi Bioetanol dari Sirup Glukosa Ubi Jalar (*Ipomoea batatas* L.) Menggunakan *Saccharomyces cerevisiae*. *Skripsi*. Program Sarjana S1, Fakultas Teknologi Pertanian IPB, Bogor.
- Hermiati, E., D. Mangunwidjaja, T.C. Sunarti, O. Suparno, dan B. Prasetya. 2010. Pemanfaatan Biomassa Lignoselulosa Ampas Tebu Untuk Produksi Bioetanol. *Jurnal Litbang Pertanian*. 29 (4). 121-130
- Hidayat. 2006. *Produksi Bioetanol*. <http://www.migas-indonesia.com>. 21 September 2017
- Ibrahim, M., 1998. *Clean Fractionation of Biomass - Steam Explosion and Extraction*. Faculty of The Virginia Polytechnic Institute and State University, USA.
- Idral, D.D. M, Salim. E, Mardiah. 2012. Pembuatan Bioetanol dari Ampas Sagu dengan Proses Hidrolisis Asam dan Menggunakan *Saccharomyces cereviceae*. *Jurnal Kimia Unand*. 1(1):34-39. Sumatra Utara.
- Irawan, E. P. 2013. Optimasi Produksi Bioetanol Dari Tepung Garut (*Maranta arundinacea* Linn.) dengan Variasi pH, Kadar Pati dan sumber Khamir

Komersial. *Naskah Skripsi SI*. Universitas Atma Jaya Yogyakarta, Yogyakarta.

Judoamidjojo, R.M., Sa'id, E.G. dan Hartoto, L. 1989. *Biokonversi*. Departemen Pendidikan dan Kebudayaan, Direktorat Jendral Pendidikan Tinggi, Pusat Antar Universitas Bioteknologi. Insitut Pertanian Bogor. Bogor.

Jumiyati. Bintari, S. H., dan Mubarak, I. 2012. Isolasi dan Identifikasi Khamir secara Morfologi di Tanah Kebun Wisata Pendidikan Universitas Negeri Semarang. *Biosantifika*. 4 (1). Halaman 27-35.

Ketut, S. 2009. Produksi bioethanol dari rumput gajah secara kimia. *Jurnal Teknik Kimia* 4 (1) : 11-20

Khairani, R. 2007. *Tanaman Jagung Sebagai Bahan Bio-fuel*  
<http://www.Macklintmip.unpad.net/Biofuel/Jagung/Pati.pdf> diakses pada 3 Juni 2017

Kurnia, E. W, dan Kholifah H. 2012. Efek Vitamin C Dalam Medium DMEM terhadap pertumbuhan paru-paru fetus hamster secara *in vitro*. *El-Hayah*. 3 (1) : 1-7

Kusnandar, F. 2010. *Kimika Pangan: Komponen Makro*. Dian Rakyat, Jakarta, halaman 56-58.

Lehninger, A. L. 1982. *Dasar-dasar Biokimia Jilid 1*. Erlangga, Jakarta, halaman 69-73.

Looder, J. 1970. *The Yeast: A Taxonomy Study Second Revised and Enlarged Edition*. The Netherland, Northolland Publishing.co. Amsterdam, halaman 110-115.

Lopez, F. Noe A., Sandi Orli, Amparo Querol, dan Eladio Barrio. 2009. Effect of temperature, pH and sugar concentration on the growth parameters of *Saccharomyces cerevesiae*, *S. Kudriavzavii* and their interspecific hybrid. *International Journal of Food Microbiology*. 13 (1) : 120-127

Madigan, M., Stahl, D. A., Clark, D. P., dan Martinko, J. M. 2012. *Biology of Microorganism*. 13th edition. Prentice Hall International. Inc. New Jersey. Halaman 128.

Mistry, A. H., Schmidt, S. J., Eckhoff, dan Sutherland, J. W. 1992. Alkali Extraction of Starch from corn Flour. *Verlagsgesellschaft*. Vol 8: 284-288. Weinheim.

Mosier, N., Wayman, C., Dale, B., Elander, R., Lee, Y.Y., Holtzapple, M., Landisch, M., 2005. Features Of Promising Technologies For Pretreatment of Lignocellulosic Biomass. *Bioresource Tecnology*, 96, 673 - 686.

- Munadjim, 1982. *Teknologi Pengolahan Pisang*. Masa Baru, Bandung. Halaman 40-41
- Nasrulloh. 2009. Hidrolisis Asam dan Enzimatis Pati Ubi Jalar (*Ipomea batatas*) Menjadi Glukosa Sebagai Substrat Fermentasi Etanol. *Skripsi S1*. Universitas Islam Negeri Syarif Hidayatullah Jakarta. Jakarta.
- Osho A. 2005. Ethanol and sugar tolerance of wine yeasts isolated from fermenting cashew apple juice. *African Journal of Biotechnology* 4(1): 660-662.
- Pitt and Hocking, 1997. *Fungi and Food Spoilage 2nd Edition*. University Press. Cambridge. Halaman 457
- Prescott, dan Dunn CG. 1959. *Industrial microbiology*. Mc Graw Hill, New York. Halaman 55-60
- Prihandana. 2007. *Bioetanol Ubi kayu Bahan Bakar Masa Depan*. Agromedia, Jakarta. Halaman 77-80
- Pudjarmaka, A.H dan Qodratillah, M.T. 2002. *Kamus Kimia*. Balai Pustaka, Jakarta, halaman 74-75.
- Purwadi R. 2006. Continuous ethanol production from dilute acid hydrolyzates: detoxification and fermentation strategi. *Thesis for The Degree of Doctor of Philosophy*. Departement of Chemical and Biological Engineering. University of Technology, Sweden.
- Putri A., Zaqiyah Addarajah, dan Didi Dwi Anggoro. 2016. Hidrolisis Selulosa Eceng Gondok (*Eichhornia crassipe*) Menjadi Glukosa dengan Katalis Arang Aktif Tersulfonasi. *Jurnal Teknologi Kimia dan Industri*, Vol. 2(3):63-69.
- Richana, N. 2011. *Bioetanol: Bahan Baku, Teknologi, Produksi dan Pengendalian Mutu*. Penerbit Nuansa, Bandung. Halaman 22-27
- Rogers, P. L. dan Cail.R.G. 1991. *Ethanol as A Trasport Fuel-New Development in Production Technology*. Jogn Willey dan Sons Inc. New York, halaman 44-45.
- Samsuri, M., M. Gozan, R. Mardias, M. Baiquni, H. Hermansyah, A. Wijanarko. 2007. Pemanfaatan sellulosa bagas untuk produksi etanol melalui sakarifikasi dan fermentasi serentak dengan enzim xylanase. *Makara Journal of Technology Series*, 11(1) : 17-24
- Siswati, N. D., M. Yatim, & R. Hidayanto. 2009. Bioethanol from Coffee Peel Waste with Fermentation Process. *Jurnal Penelitian Ilmiah*. EFTI UPN Veteran, Surabaya, halaman 40-41.



- Soemarno. 2000. Isolasi dan Identifikasi Bakteri Klinik, Edisi Ketiga. Akademi Analisis Kesehatan Yogyakarta Departemen Kesehatan Republik Indonesia. Yogyakarta, halaman 66-67.
- Soerawidjaja., T.H. dan Z.I.E.Amiruddin, A. 2007. Mengantisipasi Pemanfaatan Bahan Lignoselulosa Untuk Pembuatan Bioetanol : Peluang dan Tantangan. *Seminar Nasional*. Surakarta, halaman 4-5.
- Solikhin, Nurjani., Arum S. Prasetyo, Luqman Bu Hori. 2012. Pembuatan bioetanol hasil hidrolisis bonggol pisang dengan fermentasi menggunakan *Saccaromyces cereviceae*, *Jurnal Teknologi Kimia dan Industri*, 1(1) : 124-129
- Sudarmadji, Slamet, Bambang Haryono , Suhardi. 1984. *Prosedur Analisa Untuk Bahan Makanan dan Pertanian*. Liberty, Yogyakarta, halaman 35-40
- Suhardi. 1997. *Prosedur Analisa untuk Bahan Makanan dan Pertanian*. Liberty. Yogyakarta, halaman 55-57
- Suhardiman, P. 1997. *Budidaya Pisang Cavendish*. Kanisius, Yogyakarta. Halaman 77-80
- Sukowati, A., Sutikno, Samsul Rizal. 2014. Produksi bioethanol dari kulit pisang melalui hidrolisis asam sulfat. *Jurnal Teknologi dan Industri Hasil Pertanian* 19(3) : 274-288
- Taherzadeh, M.J. dan K, Karimi. 2007. Acid-based hydrolysis processes for ethanol from lignocellulosic materials: a review. *Bio Resources* 2 (3) : 472-499.
- Tipteerasri, T., Hanmoungjai, W., dan Hanmoungjau, P. 2009. *Ethanol Production from Crude Whey by Kluyvermyces marxianus TISTR 5695*. Chiang Mai University, Thailand, halaman 77-78.
- Webster. J., dan Weber, R. 2007. *Introduction to Fungi Third Edition*. Cambridge University Press. New York. Halaman 265.
- Wiley, J. M., Sherwood, L. M. dan Woolverton, C. J. 2009. *Presscott's Principles of Microbiology*. MCGraw-Hill. New York. Halaman 134-135.
- Winarno, F.G., dan Fardiaz S. 1992. *Pengantar Teknologi Pangan*. Gramedia, Jakarta. Halaman 60-66
- Yuliasih, Patricia. 2016. *Biosistemika Berbagai Varietas Pisang (Musa paradisiaca L.) berdasarkan Karakter Morfologi Melalui Metode Fenetik*. Skripsi. Fakultas Biologi Universitas Airlangga, Surabaya

## LAMPIRAN

### 1. PREPARASI SAMPEL KULIT PISANG KEPOK



Gambar 13. Kulit Pisang Kepok diayak menggunakan mesh ukuran 40

### 2. PERHITUNGAN KADAR LIGNIN SELULOSA KULIT PISANG KEPOK

#### a. Kulit pisang kepok sebelum pretreatment basa

$$\text{Hemiselulosa (\%)} = \frac{0,97-0,78}{1,05} \times 100\% = 18,09\%$$

$$\text{Selulosa (\%)} = \frac{0,78-0,64}{1,05} \times 100\% = 13,33\%$$

$$\text{Lignin (\%)} = \frac{0,64-0,41}{1,05} \times 100\% = 21,09\%$$

#### b. Kulit pisang kepok setelah pretreatmen basa

$$\text{Hemiselulosa (\%)} = \frac{0,97-0,77}{1,05} \times 100\% = 19,04\%$$

$$\text{Selulosa (\%)} = \frac{0,77-0,53}{1,05} \times 100\% = 23,07\%$$

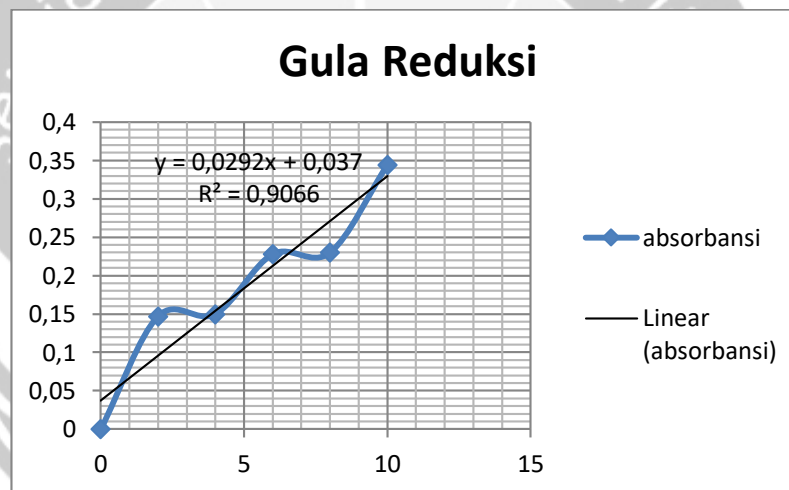
$$\text{Lignin (\%)} = \frac{0,53-0,35}{1,05} \times 100\% = 17,14\%$$

### 3. PERHITUNGAN KADAR GULA REDUKSI

#### a. GULA STANDAR

Tabel 7. Absorbansi Gula Standar

konsentrasi	Absorbansi
0	0
2	0,147
4	0,15
6	0,228
8	0,23
10	0,344



$$y = 0,0292x + 0,037$$

#### b. Konsentrasi sampel

Tabel 8. Gula reduksi Sampel

Konsentrasi Asam	Pengulangan (P)					Rata-rata
	1	2	3	4	5	
0	0,075	0,082	0,08	0,067	0,07	0,0748
0,5	0,112	0,16	0,154	0,134	0,147	0,1414
0,75	0,78	0,835	0,829	0,775	0,715	0,7868
1	1,726	1,34	1,59	1,13	0,96	1,404

1. HCl 0M

$$y = 0,0292x + 0,037$$

$$0,0748 = 0,0292x + 0,037$$

$$X = (0,0748 - 0,037) / 0,029$$

$$X = 1,303 \text{ ppm}$$

2. HCl 0,5M

$$y = 0,0292x + 0,037$$

$$0,1414 = 0,0292x + 0,037$$

$$X = (0,1414 - 0,037) / 0,0292$$

$$X = 3,575 \text{ ppm}$$

3. HCl 0,75M

$$y = 0,0292x + 0,037$$

$$0,7868 = 0,0292x + 0,037$$

$$X = (0,7868 - 0,037) / 0,0292$$

$$X = 25,678 \text{ ppm}$$

4. HCl 1 M

$$y = 0,0292x + 0,037$$

$$1,404 = 0,0292x + 0,037$$

$$X = (1,404 - 0,037) / 0,0292$$

$$X = 35,41 \text{ ppm}$$

4. Uji Viabilitas Sel

$$\% \text{ viabilitas sel} = (\sum \text{selyang hidup} / \sum \text{selyang hidup dan mati}) \times 100$$

$$\% \text{ viabilitas sel} = 260 / 265 \times 100$$

$$\% \text{ viabilitas sel} = 98,11 \%$$

## 5. Pola Pertumbuhan Sel

Tabel 9. Pola Pertumbuhan Sel

jam ke	Perlakuan			
	12	24	48	72
0	31875000	28225000	29650000	31550000
4	36725000	31175000	31500000	35600000
8	39475000	36425000	35500000	40750000
12	35925000	42600000	40500000	39550000
16		37625000	49300000	45950000
20		42100000	40675000	44925000
24		46375000	36450000	43550000
28			32400000	37925000
32			22050000	28025000
36			28100000	39150000
40			30875000	42125000
44			32400000	47750000
48			36450000	61625000
52				28500000
56				28075000
60				26875000
64				27825000
68				29450000
72				30775000

## 6. HASIL SPSS

Tabel 10. Hasil Anova Pengaruh konsentrasi Asam Terhadap Kadar Gula Reduksi

### ANOVA

Hasil

Sumber variasi	Jumlah kuadrat	Derajat bebas	Rata-rata kuadrat	F	Sig.
Antar Grup	5,409	3	1,803	70,250	,000
Dalam Grup	,411	16	,026		
Total	5,819	19			

Analisis : karena  $\alpha = 0,05 > \text{sig} = 0,00$  maka perlakuan konsentrasi asam yaitu penambahan 0, 0,5, 0,75, dan 1 M HCl , ada perlakuan yang berbeda secara signifikan

Tabel 11. Pengaruh Lama Fermentasi terhadap Kadar Etanol

**ANOVA**

Hasil

Sumber Variasi	Jumlah kuadrat	Derajat bebas	Rata-rata kuadrat	F	Sig.
Antar Grup	4,360	3	1,453	7,449	,002
Dalam Grup	3,122	16	,195		
Total	7,482	19			

Analisis : karena  $\alpha = 0,05 > \text{sig} = 0,02$  maka perlakuan lama fermentasi yaitu sebesar 12, 24, 48 dan 72 jam ada perlakuan yang berbeda secara signifikan

