

## **LAPORAN TUGAS AKHIR**

### **PEMBUATAN ALAT PRODUKSI BIOETANOL DENGAN PENGGABUNGAN PROSES FERMENTASI DAN *STRIPPING***



**Disusun Oleh;**

<b>Adi Pamungkas</b>	<b>I83 08 069</b>
<b>Arief Febrianto</b>	<b>I83 08 075</b>
<b>Aswamedhika</b>	<b>I83 08 076</b>
<b>M. Syaiful Hakim</b>	<b>I83 08 095</b>

**PROGRAM STUDI DIPLOMA III TEKNIK KIMIA  
JURUSAN TEKNIK KIMIA  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS SEBELAS MARET  
SURAKARTA**

**2011**

*commit to user*

**LEMBAR PENGESAHAN**  
**LAPORAN TUGAS AKHIR**

Nama/NIM : 1. Adi Pamungkas I 83 08 069  
2. Arief Febrianto I 83 08 075  
3. Aswamedhika I 83 08 076  
4. M. Syaiful Hakim I 83 08 095

Judul Tugas Akhir : Pembuatan Alat Produksi Bioetanol dengan Penggabungan  
Proses Fermentasi dan *Stripping*

Tanggal : Desember 2011

Dosen Pembimbing : Dr. Margono S.T., M.T

Surakarta, Desember 2011

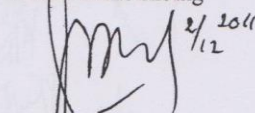
Mengetahui,

Ketua Program Studi DIII Teknik Kimia



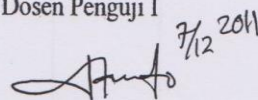
Bregas S.T. Sembodo, S.T., M.T.  
NIP. 19711206 199903 1 002

Dosen Pembimbing



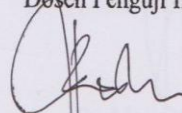
Dr. Margono S.T., M.T.  
NIP. 19681107 199702 1 001

Dosen Penguji I



Ir. Paryanto, M.S.  
NIP. 19580425 198601 1 001

Dosen Penguji II



Mr. Endah Retno D, M.T.  
NIP. 196907 19200003 2 001

## LEMBAR KONSULTANSI

## Tugas Akhir

Nama : Adi Pamungkas I 83 08 069  
 Arief Febrianto I 83 08 075  
 Aswamedhika I 83 08 076  
 M. Syaiful Hakim I 83 08 095  
 Judul TA : Pembuatan Alat Produksi Bioetanol dengan  
 Penggabungan Proses Fermentasi dan *Stripping*  
 Tanggal Mulai Bimbingan : 1 Agustus 2011  
 Pembimbing : Dr. Margono S.T., M.T

No.	Tanggal	Konsultansi	Paraf		Keterangan
			Mhs	Dosen	
1	18 Oktober 2011	Bab 1 revisi			
2	19/11	Bab 1 revisi			
3	21/11	Bab 1 <i>see</i> Bab 2 revisi			
4	24/11	Bab 3 revisi			
5	28/11	Bab 2 revisi Bab 3 revisi			

Dinyatakan selesai

Tanggal : 11-2011

Dosen Pembimbing

Dr. Margono S.T., M.T

NIP. 19681107 199702 1 001

Commit to user

## LEMBAR KONSULTANSI

### Tugas Akhir

Nama : Adi Pamungkas I 83 08 069  
 Arief Febrianto I 83 08 075  
 Aswamedhika I 83 08 076  
 M. Syaiful Hakim I 83 08 095  
 Judul TA : Pembuatan Alat Produksi Bioetanol dengan  
 Penggabungan Proses Fermentasi dan *Stripping*  
 Tanggal Mulai Bimbingan :  
 Pembimbing : Dr. Margono S.T., M.T

No.	Tanggal	Konsultasi	Paraf		Keterangan
			Mhs	Dosen	
6	1 Nov 2011	Bab 3 revisi			
		Bab 4 revisi			
		Bab 5 Acc			
7	10 Nov 2011	Bab 4 revisi			
		Bab 5 revisi			
		Bab 3 Acc			
8	7 Nov 2011	Bab 4 revisi			
9	8 Nov 2011	Bab 4 revisi			
10	9 Nov 2011	Bab 4 & 5 Acc			

Dinyatakan selesai

Tanggal : 9-11-2011

Dosen Pembimbing

Dr. Margono S.T., M.T

NIP. 19681107 199702 1 001



## KATA PENGANTAR

Segala puji syukur kehadiran Allah SWT. Yang telah melimpahkan rahmat dan anugerahNya sehingga penyusun dapat menyelesaikan laporan tugas akhir ini. Laporan ini merupakan salah satu syarat dalam menyelesaikan Program Studi Diploma III Teknik Kimia Universitas Sebelas Maret Surakarta.

Selama melaksanakan Tugas Akhir maupun selama pembuatan laporan ini penyusun mendapat bantuan dan dukungan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penyusun mengucapkan terima kasih secara khusus kepada :

1. Bapak Bregas S.T. Sembodo, S.T.,M.T., Ketua Program Studi Diploma III Fakultas Teknik Universitas Sebelas Maret Surakarta.
2. Bapak Dr. Margono S.T., M.T., selaku dosen pembimbing yang telah banyak memberikan dorongan dan pengarahan selama penyelesaian Tugas Akhir penyusunan laporan ini.
3. Bapak dan ibu yang telah memberikan doa dan dorongan kepada kami.
4. Semua pihak yang telah membantu pelaksanaan Tugas Akhir dan penyusunan laporan ini.

Penyusun menyadari bahwa dalam penyusunan laporan ini terdapat kekurangan dan keterbatasan. Oleh karena itu, penyusun mengharapkan adanya kritik dan saran yang sifatnya membangun untuk kesempurnaan laporan ini.

Akhir kata, penyusun berharap agar laporan Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi para pembaca.

Surakarta, November 2011

Penyusun

*commit to user*

## DAFTAR ISI

	halaman
Halaman Judul.....	i
Lembar Pengesahan .....	ii
Lembar Konsultasi .....	iii
Kata Pengantar .....	v
Daftar Isi.....	vi
Daftar Tabel .....	vii
Daftar Gambar.....	viii
Intisari .....	ix
 <b>BAB I PENDAHULUAN</b>	
A. Latar Belakang .....	1
B. Perumusan Masalah .....	2
C. Tujuan .....	2
D. Manfaat .....	2
 <b>BAB II LANDASAN TEORI</b>	
A. Fermentasi .....	3
B. Bioreaktor.....	5
 <b>BAB III METODOLOGI</b>	
A. Alat dan Bahan.....	11
B. Pengujian Alat.....	12
 <b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN</b>	
A. Alat.....	15
B. Pengujian Alat.....	17
 <b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN</b>	
A. Kesimpulan .....	21
B. Saran.....	21
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>x</b>
 <b>LAMPIRAN</b>	

*commit to user*

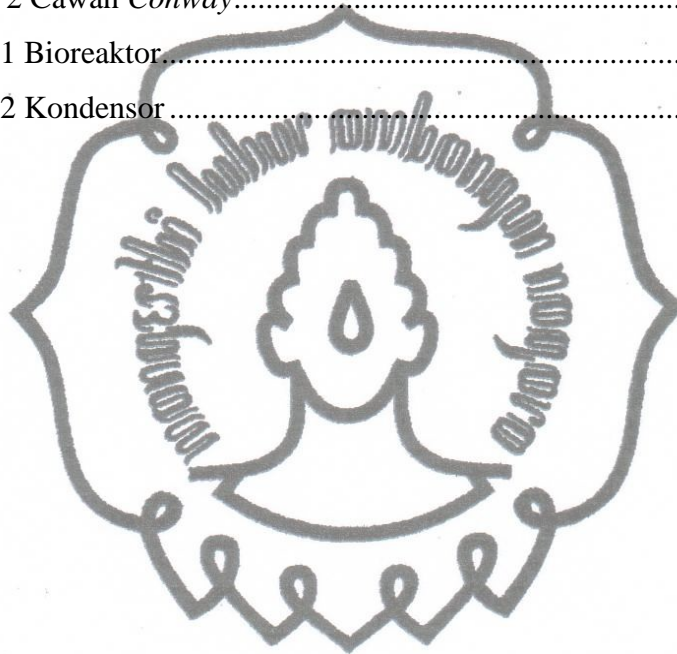
**DAFTAR TABEL**

	Halaman
Tabel IV.1 Konsentrasi bioetanol pada posisi input dan output bioreaktor serta produk keluar dari kondensor dengan gas Nitrogen.....	17
Tabel IV.2 Konsentrasi bioetanol pada posisi input dan output bioreaktor serta produk keluar dari kondensor dengan gas Karbondioksida .....	19



## DAFTAR GAMBAR

	halaman
Gambar II.1 Grafik Fase Pertumbuhan sel mikrobia .....	4
Gambar II.2 Alat <i>Stripper</i> .....	7
Gambar II.3 Kerangka Pemikiran Perancangan Alat .....	10
Gambar III.1 Rangkaian Alat Produksi Bioetanol .....	11
Gambar III. 2 Cawan <i>Conway</i> .....	14
Gambar IV.1 Bioreaktor.....	15
Gambar IV.2 Kondensor .....	16





## ABSTRACT

**ADI PAMUNGKAS, ARIEF FEBRIANTO, ASWAMEDHIKA, MUHAMMAD SYAIFUL HAKIM**, 2011. FINAL TASK REPORT "MAKING EQUIPMENT PRODUCTION OF BIOETHANOL BY COMBINATION FERMENTATION AND *STRIPPING* " DIPLOMA III PROGRAM CHEMICAL ENGINEERING SEBELAS MARET UNIVERSITY SURAKARTA

Petroleum and natural gas is a natural source of non-renewable energy needed to overcome the alternative, one with bioethanol. Bioethanol can be produced by means of a batch fermentation, but this way produce bioethanol with fairly low concentrations, ie 10-12%. To overcome this we used a combination of fermentation and stripping method, so that the concentration of bioethanol can be controlled no more than 12% and *Saccharomyces cerevisiae* did not experience toxicity.

Bioethanol production equipment consists of two main parts, namely the bioreactor and the condenser. Bioreactor in the form of a column with the packing material as a cell belay *S. Saccharomyces cerevisiae*. Another completeness of the compressor and the gas stripper. Fermentation is done in two stages, namely stage of growth and production of bioethanol. Growth phase lasted for 2 days, then enter the production phase by changing the flow of air from the compressor with the stripper gas (N<sub>2</sub> or CO<sub>2</sub>). Stripper gas stream to absorb condensed bioethanol solution back in the condenser. This tool was tested using nitrogen gas stripper and carbon dioxide, nitrogen gas which is to use variations of the medium flow rate 1.44 L / h and 3.36 L/h and for the medium carbon dioxide gas flow rate 1.44 L/h and 4.56 L/hour.

Production test results indicate that the process occurs simultaneously between bioethanol fermentation and stripping solution. The highest concentration of ethanol in the product gas of 3.85% to 3.57% stripper N<sub>2</sub> and CO<sub>2</sub> to the gas stripper.

## BAB I

### PENDAHULUAN

#### A. Latar Belakang

Minyak bumi dan gas alam merupakan sumber energi utama dalam kehidupan sehari-hari. Minyak bumi dan gas alam merupakan sumber alam yang tidak dapat diperbaharui. Menurut Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral (ESDM) RI, Darwin Zahedy Saleh cadangan minyak bumi di Indonesia masih 23 tahun lagi, sedangkan gas alam masih 63 tahun lagi, (RiauBisnis.com, 2011). Keterbatasan cadangan sumber energi tersebut perlu diantisipasi, yaitu dengan sumber energi terbarukan. Salah satunya adalah bioetanol.

Proses pembuatan bioetanol di Indonesia masih menggunakan cara konvensional, yaitu fermentasi secara *batch*. Fermentasi secara *batch* mempunyai keterbatasan, yaitu konsentrasi bioetanol yang dihasilkan cukup rendah yaitu 10%-12% (Taylor, 1995). Hal ini terjadi karena bila konsentrasi bioetanol lebih dari 12% akan meracuni *Saccaromyces cerevisiae* sebagai mikroba penghasil bioetanol. Terbatasnya konsentrasi bioetanol tersebut berakibat pada produktivitas rendah dan biaya proses pemurnian tinggi. Dua masalah tersebut dapat diatasi dengan cara mengambil (memisahkan) bioetanol dari medium fermentasi. Dengan demikian, konsentrasi bioetanol dapat dikontrol tidak lebih dari 12% sehingga akan selalu terjadi produksi bioetanol oleh *S. cerevisiae* tanpa adanya keracunan.

Teknik pengambilan bioetanol dari medium dapat dilakukan dengan cara *Stripping*. *Stripping* dapat dilakukan pada kolom bahan isian dengan aliran medium menetes dari atas dan gas *stripper* dari bawah. Gas *stripper* selalu dialirkan ke dalam bioreaktor sehingga sebagian larutan etanol-air akan menguap dan kemudian diembunkan pada tempat yang terpisah. Cara ini akan mengurangi konsentrasi bioetanol dalam medium sehingga *S. cerevisiae* selalu memproduksi bioetanol dan tidak mati keracunan. Keuntungan lain adalah uap air-etanol dapat diembunkan dan akan didapat larutan bioetanol dengan konsentrasi yang lebih tinggi. Jika peningkatan konsentrasi bioetanol cukup signifikan, maka akan menurunkan biaya proses pemurnian.

## B. Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dipaparkan, maka permasalahan dapat dirumuskan sebagai berikut:

Apakah proses fermentasi dapat berlangsung secara simultan dengan proses *Stripping*?

## C. Tujuan

Tujuan tugas akhir ini adalah:

1. Membuat alat produksi bioetanol dengan metode penggabungan proses fermentasi dan *Stripping*.
2. Menguji kinerja alat proses fermentasi dan *Stripping* yang berlangsung secara simultan.

## D. Manfaat

1. Bagi mahasiswa
  - a. Dapat mengaplikasikan ilmu yang telah diperoleh selama kuliah dalam kehidupan sehari-hari.
  - b. Meningkatkan kreativitas dalam pengembangan teknologi.
2. Bagi masyarakat

Diharapkan alat ini dapat bermanfaat bagi masyarakat sebagai alat produksi bioetanol alternatif.

## BAB II

### LANDASAN TEORI

#### A. Fermentasi

Menurut Hidayat dkk. (2006) fermentasi adalah perubahan gradual oleh enzim beberapa bakteri, khamir, dan jamur. Contoh hasil proses fermentasi antara lain: pengasaman susu, dekomposisi pati, gula menjadi alkohol dan karbon dioksida, serta oksidasi senyawa nitrogen organik.

Ada beberapa tujuan dalam melakukan proses fermentasi, yaitu produksi sel mikrobial, produksi enzim mikrobial, hasil metabolisme mikrobial, dan proses transformasi.

##### 1. Produksi sel mikrobial

Produksi sel mikrobial dapat dibagi menjadi dua kelompok, yaitu produksi ragi dan produksi protein sel tunggal sebagai pangan maupun pakan. Contoh: inokulum tempe dan ragi tape.

##### 2. Produksi enzim mikrobial

Produksi enzim dapat dilakukan melalui bantuan tanaman, hewan atau mikrobial. Namun demikian produksi enzim menggunakan mikrobial (proses fermentasi) memiliki keuntungan, yaitu lebih besar produktivitasnya dibandingkan produksi enzim menggunakan tanaman ataupun hewan. Contoh: lipase untuk deterjen serta untuk produksi gliserol.

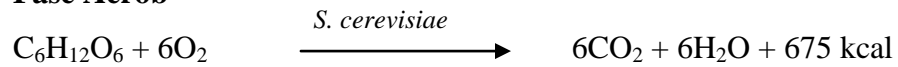
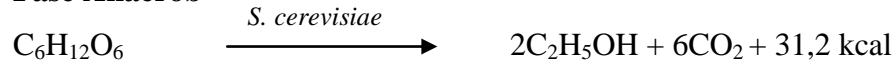
##### 3. Hasil metabolisme mikrobial

Tiap makhluk hidup mengalami metabolisme yaitu mengambil zat makanan dan membuang sisa-sisa yang tidak diperlukan lagi. Penyusunan atau pengambilan zat makanan disebut anabolisme sedangkan penggunaan atau pembongkaran zat makanan disebut katabolisme. Hasil penguraian mikroorganisme dapat berupa tape, bir, keju, yoghurt dan salah satunya bioetanol.

Bioetanol adalah hasil fermentasi yang menggunakan bantuan mikroorganisme dengan nama latin *Saccharomyces cerevisiae*, dimana mikroorganisme ini menguraikan glukosa sebagai berikut (Dwidjoseputro, 1994):

*commit to user*



**Fase Aerob****Fase Anaerob**

Pertumbuhan mikrobial dibagi dalam empat tahap, yaitu:

## 1. Fase adaptasi

Fase dimana setelah inokulasi kultur ke dalam medium nutrisi tidak tampak adanya pertumbuhan.

## 2. Fase eksponensial

Dalam fase ini pertumbuhan sel akan terus meningkat hingga kecepatan maksimal.

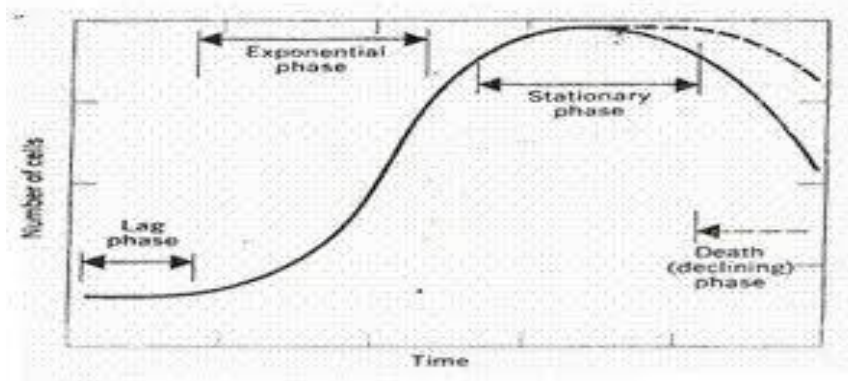
## 3. Fase stasioner

Pertumbuhan sel akan selalu tetap.

## 4. Fase kematian

Penurunan jumlah sel dan kemudian sel akan mati.

Selama proses pertumbuhan sel akan menghasilkan produk metabolit yang berupa asam amino, nukleotida, protein, asam nukleat, lipida, karbohidrat.



Gambar II.1 Grafik Fase Pertumbuhan sel mikrobial

## 4. Proses transformasi

Dalam proses ini sel mikrobial dapat mengubah suatu senyawa menjadi senyawa lain yang mempunyai nilai ekonomi yang lebih tinggi.

*commit to user*





Menurut Hidayat dkk. (2006) proses fermentasi mempunyai enam komponen dasar, yaitu:

1. Susunan medium yang digunakan selama pengembangan inokulum dan di dalam bioreaktor.
2. Sterilisasi medium, bioreaktor, dan peralatan yang lain.
3. Aktivitas produksi, pemanfaatan kultur murni, jumlah inokulum untuk produksi.
4. Pertumbuhan mikrobial dalam bioreaktor produksi pada kondisi optimum untuk pembentukan hasil.
5. Ekstraksi produk dan pemurnian.
6. Penanganan limbah yang dihasilkan selama proses.

## B. BIOREAKTOR

Bioreaktor atau bioreaktor adalah sebuah peralatan atau sistem yang mampu menyediakan sebuah lingkungan biologis yang dapat menunjang terjadinya reaksi biokimia dari bahan mentah menjadi bahan yang dikehendaki, misalnya bioetanol. Jenis bioreaktor semikontinu menghasilkan produk yang lebih baik dari pada jenis bioreaktor lainnya. Pengambilan produk di dalam bioreaktor menggunakan metode *Stripping*.

### B.1. Bioetanol

Etanol, disebut juga etil alkohol, merupakan alkohol murni, alkohol absolut, atau alkohol saja, adalah sejenis cairan yang mudah menguap, mudah terbakar, tak berwarna, dan merupakan alkohol yang paling sering digunakan dalam kehidupan sehari-hari. Senyawa ini merupakan obat psikoaktif dan dapat ditemukan pada minuman beralkohol dan termometer modern. Pada umumnya etanol diperoleh dengan cara reaksi kimia sedangkan Bioetanol yang berartikan Bio=Makhluk hidup dan etanol adalah senyawa hidrokarbon dengan rantai OH, jadi bioetanol adalah etanol yang diperoleh dari makhluk hidup (mikrobia).

Etanol ataupun bioetanol termasuk ke dalam alkohol rantai tunggal, dengan rumus kimia  $C_2H_5OH$  dan rumus empiris  $C_2H_6O$ . Etanol merupakan isomer dari



dimetil eter. Etanol sering disingkat menjadi EtOH, dengan "Et" merupakan singkatan dari gugus etil ( $C_2H_5$ ). Bioetanol merupakan salah satu jenis biofuel (bahan bakar cair dari pengolahan tumbuhan) di samping *Biodiesel*. Bioetanol adalah etanol yang dihasilkan dari proses fermentasi dapat berupa glukosa (gula) yang dilanjutkan dengan proses destilasi. Menghasilkan etanol dengan konsentrasi 95% volume, untuk digunakan sebagai bahan bakar (biofuel) perlu lebih dimurnikan lagi hingga mencapai 99% yang lazim disebut *fuel grade ethanol* (FGE).

Bahan baku bioetanol yang dapat digunakan antara lain ubi kayu, tebu, sagu, atau bahan-bahan lain yang mengandung glukosa. Secara umum, proses pengolahan bahan berpati seperti ubi kayu, jagung dan sagu untuk menghasilkan bioetanol dilakukan dengan proses urutan seperti proses hidrolisis dan fermentasi.

Pada proses fermentasi untuk mengkonversi glukosa (gula) menjadi etanol dan  $CO_2$ . Fermentasi etanol adalah perubahan 1 mol gula menjadi 2 mol etanol dan 2 mol  $CO_2$ . Pada proses fermentasi etanol, khamir memetabolisme glukosa dan fruktosa membentuk asam piruvat, sedangkan asam piruvat yang dihasilkan akan didekarboksilasi menjadi asetaldehid yang kemudian mengalami dehidrogenasi menjadi etanol.

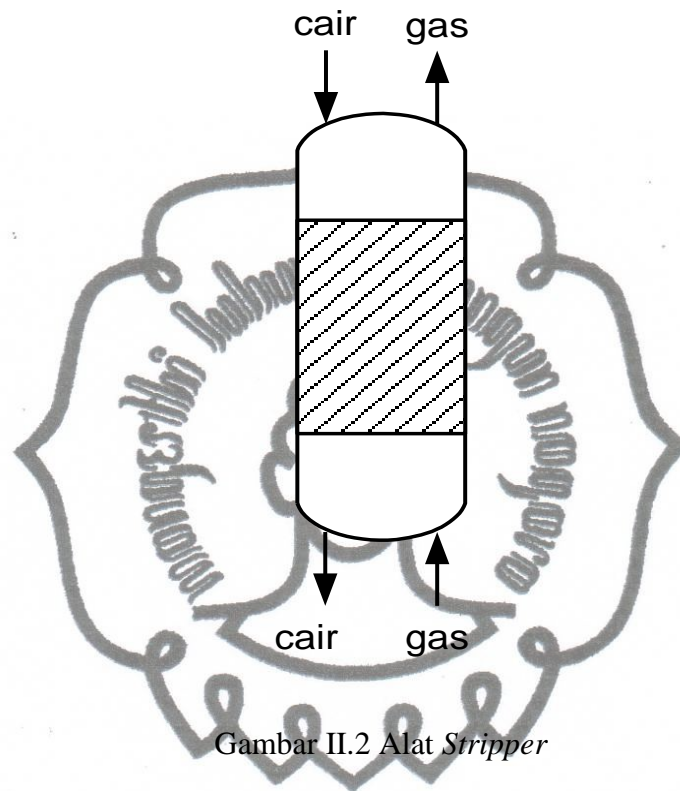
Khamir yang sering digunakan dalam fermentasi alkohol adalah *Saccharomyces cerevisiae*, karena jenis ini dapat berproduksi tinggi, toleran terhadap alkohol yang cukup tinggi (10-12)% v/v, tahan terhadap konsentrasi gula yang tinggi dan tetap aktif melakukan fermentasi pada suhu (4-32) $^{\circ}C$ . (Taylor, 1995).

## B.2. Stripping

Pada proses *stripping* dipisahkan campuran *liquid*, umumnya pada perbedaan temperatur dan tekanan dengan mengontakan cairan dengan *stripping agent*. *Separating agent* ini mengeliminasi kondensat yang diperlukan pada bagian bawah kolom. *Stripping* disebut juga *desorption*, dimana didalam campuran cairan dikontakkan dengan suatu gas untuk menghilangkan komponen sehingga terjadi transfer massa dari cair ke fase gas. Tujuan proses *Stripping* adalah



memisahkan satu atau lebih komponen yang ada dalam fase cairan. Contoh aplikasi proses ini adalah pemisahan bioetanol dari larutan induknya menggunakan gas *stripper*. (Seader and Henley, 1998)



Gambar II.2 Alat *Stripper*

### B.3. Sifat Fisik dan Kimia Gas *Stripper*

#### a. Nitrogen

Sifat fisik :

- 1) Tidak berwarna dan berbau.
- 2) Berat molekul 28,0134 gr/mol.
- 3) Specific Gravity (21,11°C ; 1 atm) 0,9669.
- 4) Pada kondisi STP (standar) :
  - a. Densitas ( $\rho$ ) gas : 1,2505 kg/m<sup>3</sup>
  - b. Temperatur titik tripel : -210,002°C
  - c. Panas laten : 6,15 kcal/kg
- 5) Pada tekanan 1 atm :
  - a. Titik didih : -195,003°C



b. Panas laten : 47,459 kcal/kg

c. Densitas ( $\rho$ ) gas : 4,475 kg/m<sup>3</sup>

(Gerhartz, 1991)

6) Pada kondisi kritis :

a. Suhu kritis : -146,9°C

b. Tekanan kritis : 3,909 bar

c. Densitas ( $\rho$ ) : 314,03 kg/m<sup>3</sup>

(Austin, 1996)

Sifat kimia :

- 1) Merupakan gas inert.
- 2) Tidak mudah terbakar.

b. karbondioksida

Sifat fisis:

1. Specific gravity : 0.9
2. Titik lebur : 0°C
3. Suhu kritis : 365,6°C
4. Panas laten peleburan : 334.9 kJ/kg
5. Kalor laten penguapan : 24,9 e-3 kJ/kg

(Austin, 1996)

#### B.4. Kondensor

Kondensor merupakan sebuah alat yang berfungsi untuk mengembunkan uap atau campuran uap, baik uap itu sendiri maupun uap dalam campuran gas yang tidak dapat dikondensasikan. Prinsip kerja kondensor, air pendingin masuk ke dalam *shell* kondensor melalui bawah kondensor. Air pendingin kemudian bersinggungan dengan tube kondensor yang bertemperatur tinggi sehingga temperatur steam turun dan terkondensasi, menghasilkan kondensat yang terkumpul pada bagian bawah. Temperatur rendah pada *tube* dijaga dengan cara mensirkulasikan air yang menyerap panas dari steam pada proses kondensasi. (Perry, 1998).

*commit to user*



### B.5. Penelitian yang Sudah Dilakukan tentang Fermentasi dan *stripping*

Menurut Taylor dkk. (1995) menggabungkan metode fermentasi dan *stripping* secara kontinyu mampu meningkatkan kapasitas produksi bioetanol, yaitu bioreaktor 2 L dalam waktu 150 jam dapat mengkonversi glukosa umpan sebesar 800 g/L tanpa terjadi kontaminasi. Penelitian ini dilakukan dengan menggabungkan bioreaktor 2 L dengan kolom *packing* sebesar 10 cm, dimana fermentasi terjadi didalam tangki medium dan kolom *packing* digunakan untuk proses *stripping*. Metode ini masih dibatasi oleh kecepatan alir *broth* agar sel tidak terbawa arus.

*Stripping* juga bisa dilakukan dengan cara menggelembungkan gas CO<sub>2</sub> dalam *broth* fermentasi (walsh et al., 1983; Pham et al., 1989). Cara ini efisien karena tekanan untuk menggelembungkan gas CO<sub>2</sub> dalam *broth* cukup besar, yaitu 70 kPa. Energi untuk menghasilkan tekanan tersebut hampir sama dengan energi untuk distilasi, sehingga biaya produksi tinggi. (Walsh et al., 1983).

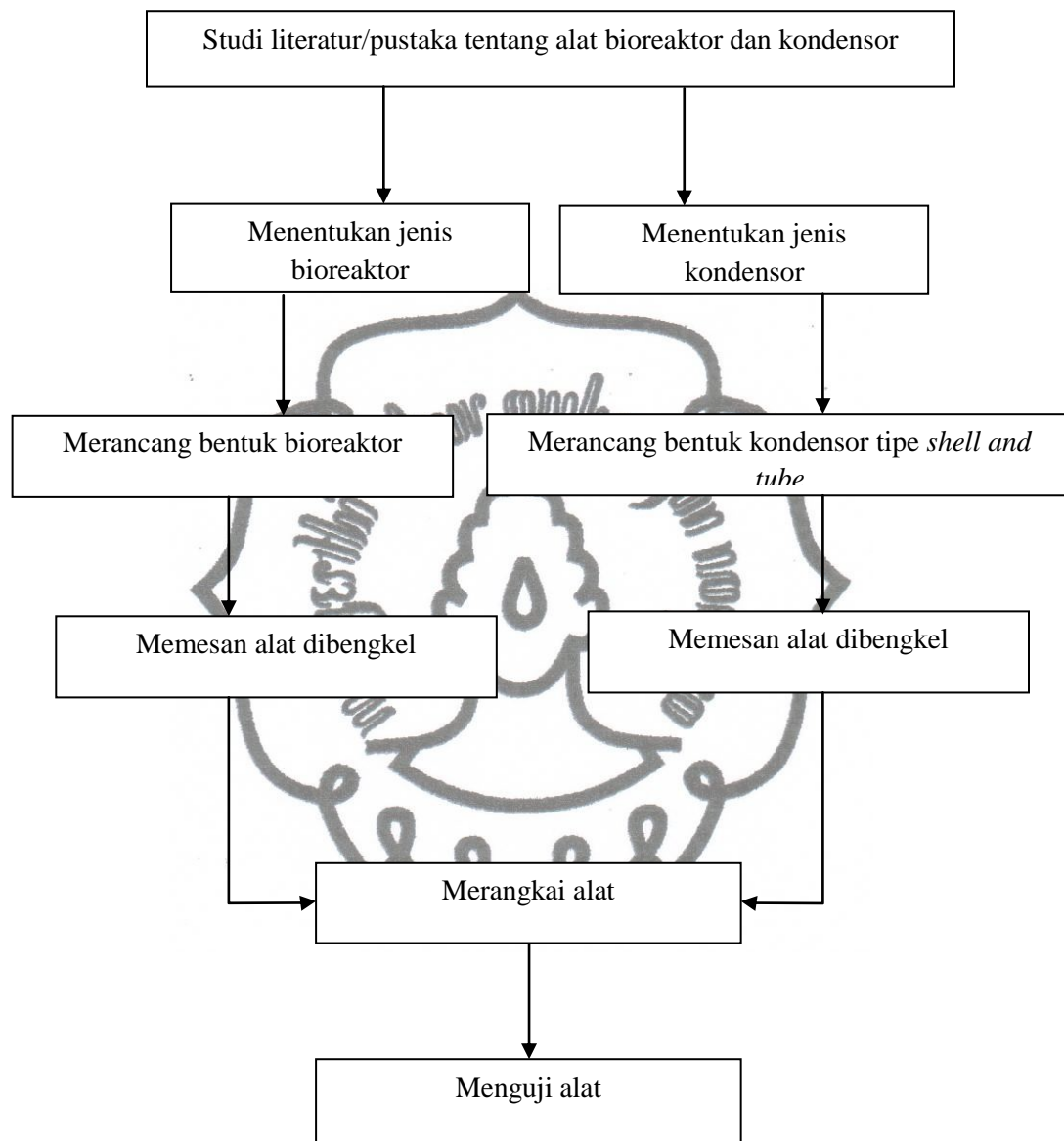
### C. Kerangka Pemikiran

Metode lain untuk melakukan penggabungan proses fermentasi dengan *stripping* adalah dengan menggunakan kolom dengan bahan isian. Kolom dengan bahan isian ini berfungsi sebagai bioreaktor sekaligus sebagai kolom *stripper*. Hasil keluaran gas *stripper* yang mengandung larutan etanol dapat diembunkan dalam kondenser sehingga didapatkan larutan bioetanol. Kerangka pemikiran urutan perancangan alat produksi bioetanol tersebut ditunjukkan pada Gambar II.3:

*commit to user*







Gambar II.3 Kerangka Pemikiran Perancangan Alat

commit to user

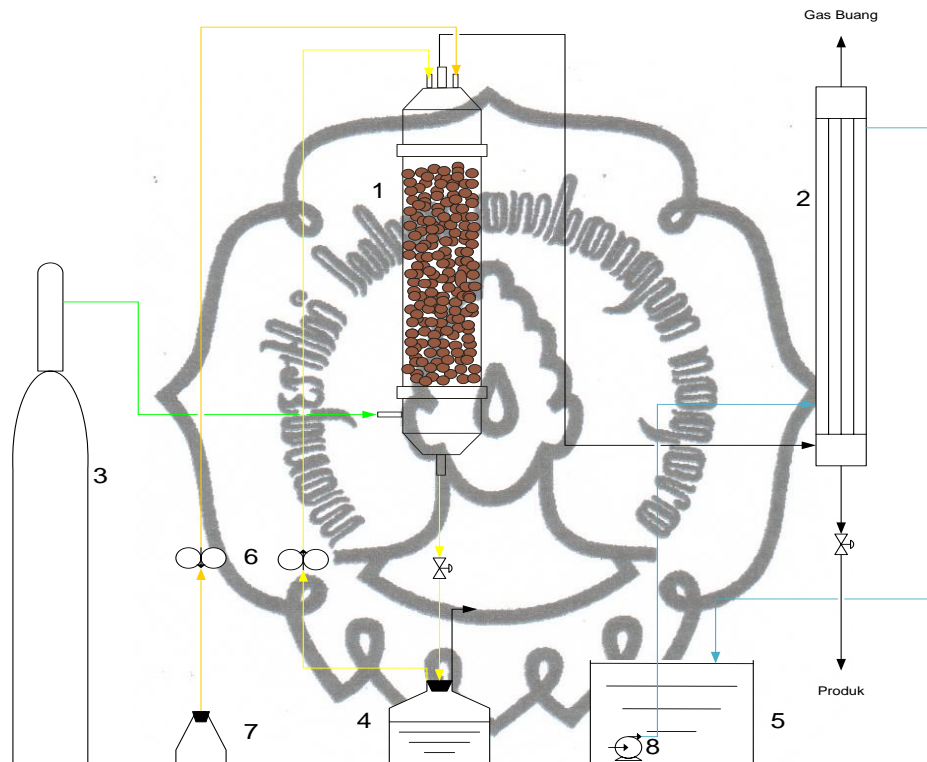


### BAB III

### METODOLOGI

#### A. ALAT DAN BAHAN

##### 1. Rangkaian Alat Produksi Bioetanol



Keterangan :

1. Bioreaktor berisi bahan isian yang terbuat dari tanah liat

2. Condensor

3. Tabung gas  $N_2/CO_2$

4. Tangki medium

— : Gas Stripper ( $N_2/CO_2$ )

— : Medium Glukosa

— : Inokulum

5. Bak air pendingin

6. Pompa Peristaltik

7. Tangki Inokulum

8. Pompa air

— : Air pendingin

— : Produk

— : Gas buang

— : Gas stripper + Produk

Gambar III.1 Rangkaian Alat Produksi Bioetanol

## 2. Lokasi Pembuatan Alat

Laboratorium Proses Kimia Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.

### B. Pengujian Alat

#### 1. Persiapan Alat

##### a. Persiapan alat-alat pendukung

Sterilisasi semua alat pendukung (alat-alat gelas, selang, pipa, dan botol) dilakukan dengan menggunakan *autoclave* (suhu  $121^{\circ}\text{C}$ ) selama 20 menit.

##### b. Persiapan bahan isian

Bahan isian terbuat dari tanah liat yang sudah dibentuk bulatan-bulatan dicuci dengan air kemudian disterilisasi dalam oven pada suhu  $121^{\circ}\text{C}$  selama 2 jam.

##### c. Persiapan alat bioreaktor

Merangkai alat bioreaktor dan memasukkan bahan isian kedalam kolom tengah bioreaktor. Selanjutnya bioreaktor tersebut disterilisasi dengan menggunakan formalin tablet selama 18 jam, kemudian alat dicuci untuk menghilangkan kandungan formalinnya dengan cara mengalirkan aquadest steril dengan pompa peristaltik selama 24 jam.

## 2. Pembuatan medium

##### a. Pembuatan medium starter 1

Medium starter 1 mempunyai komposisi sebagai berikut,

- |  |            |
|--|------------|
| a) Glukosa                                   | : 10 g/L   |
| b) <i>yeast</i>                              | : 2,5 g/L  |
| c) $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ | : 0,12 g/L |
| d) $\text{NH}_4\text{Cl}$                    | : 1,3 g/L  |
| e) $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ | : 0,06 g/L |

Dengan komposisi diatas, dibuat medium starter 1 dengan volume 10 mL, kemudian larutan yang telah homogen disterilisasi dengan *autoclave* (suhu  $121^{\circ}\text{C}$ ) selama 20 menit.

##### b. Pembuatan medium starter 2

Medium starter 1 mempunyai komposisi sebagai berikut:

---



- |  |            |
|--|------------|
| a) Glukosa                                   | : 20 g/L   |
| b) yeast                                     | : 2,5 g/L  |
| c) $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ | : 0,12 g/L |
| d) $\text{NH}_4\text{Cl}$                    | : 1,3 g/L  |
| e) $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ | : 0,06 g/L |

Dengan komposisi diatas, dibuat medium starter 2 dengan volume 10 mL, kemudian larutan yang telah homogen disterilisasi dengan *autoclave* (suhu  $121^\circ\text{C}$ ) selama 20 menit.

c. Pembuatan medium produksi

1) Komposisi medium produksi

- |  |            |
|--|------------|
| a) Glukosa                                   | : 100 g/L  |
| b) yeast                                     | : 2,5 g/L  |
| c) $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ | : 0,12 g/L |
| d) $\text{NH}_4\text{Cl}$                    | : 1,3 g/L  |
| e) $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ | : 0,06 g/L |

Dengan komposisi diatas, dibuat medium produksi dengan volume 2L, kemudian larutan yang telah homogen disterilisasi dengan *autoclave* (suhu  $121^\circ\text{C}$ ) selama 20 menit.

d. Pembuatan Inokulum

Menambahkan glukosa 40% sebanyak 0,25 mL dan agar miring ke dalam starter 1 serta diinkubasi ke dalam *shaker bath* selama 24 jam. Kemudian menambahkan glukosa 40% sebanyak 5 mL dan starter 1 yang telah diinkubasi ke dalam starter 2, menginkubasi starter 2 ke dalam *shaker bath* selama 24 jam.

### 3. Produksi bioetanol

Proses awal dimulai dengan mengalirkan starter 2 ke dalam bioreaktor dengan menggunakan pompa peristaltik. Starter 2 yang dialirkan ke dalam bioreaktor dijalankan pada kecepatan 1,44 L/jam. Setelah semua starter 2 masuk ke dalam bioreaktor kemudian diteruskan dengan mengalirkan medium produksi secara kontinyu pada kecepatan 1,44 L/jam dengan menggunakan pompa peristaltik. Selama proses berjalan, proses tersebut diaerasi menggunakan



kompresor. Setelah proses berjalan selama 48 jam gas kompresor diganti dengan gas *stripper* berupa  $N_2$ . Gas *stripper* akan melucuti etanol yang terbentuk dan membawanya sampai kedalam kondensor. Didalam kondensor gas  $N_2$  yang membawa etanol akan dipisahkan dengan pendingin berupa air dingin yang dialirkan pada kondensor secara kontinyu. Cairan etanol akan terjatuh kebawah dan gas  $N_2$  akan mengalir keatas sampai ke udara. Setiap 6 jam sampel diambil pada bagian bawah bioreaktor, atas bioreaktor, dan di bagian produk. Kecepatan pompa peristaltik diganti secara berurutan dan gas *Stripper* juga diganti.

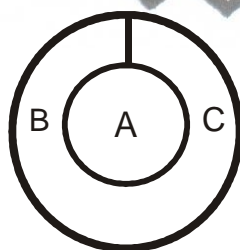
#### 4. Analisa produk bioetanol

##### a. Membuat larutan standar bioetanol

Membuat larutan standar etanol dengan konsentrasi (0,025; 0,05; 0,1; 0,2; 0,4)

##### b. Analisa bioetanol

Mengambil 1 mL larutan sampel, kemudian memasukkannya ke dalam cawan *conway* (C). Mengambil 1 mL larutan  $K_2CO_3$  kemudian memasukkannya ke dalam cawan *conway* (B). Mengambil 1 mL larutan  $K_2Cr_2O_7$  kemudian memasukkannya ke dalam cawan *conway* (A)



Keterangan:

A= larutan  $K_2Cr_2O_7$

B= larutan  $K_2CO_3$

C= larutan bioetanol

Gambar III.8 Cawan *Conway*

Mengontakkan larutan C dan larutan B dengan memiringkan cawan dan membiarkan selama 2 jam agar gas yang dihasilkan dari larutan C dan larutan B bereaksi dengan larutan A, kemudian larutan A diencerkan dengan aquadest sampai 10 ml dan diukur absorbansinya menggunakan Spektrofotometer UV-Vis.

*commit to user*





## BAB IV

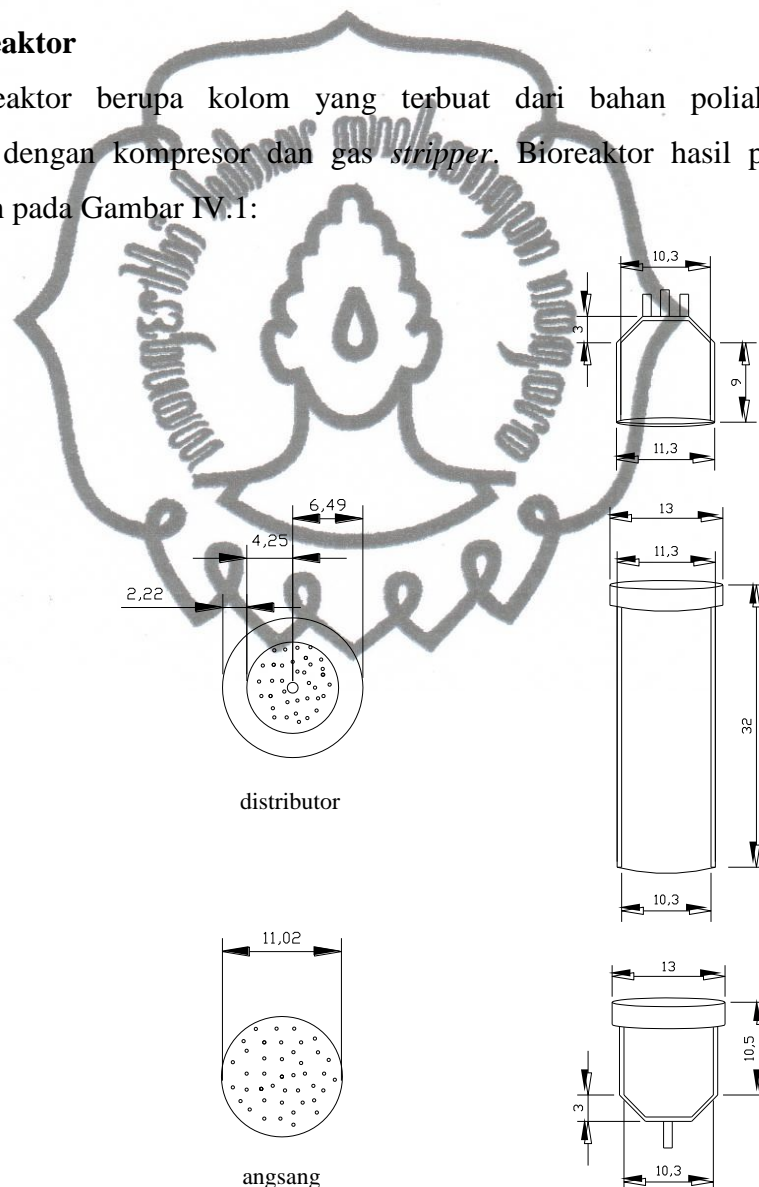
### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### A. Alat

Alat produksi bioetanol terdiri dari 2 bagian utama, yaitu bioreaktor dan kondensor.

##### A.1. Bioreaktor

Bioreaktor berupa kolom yang terbuat dari bahan poliakrilik serta dilengkapi dengan kompresor dan gas *stripper*. Bioreaktor hasil perancangan ditunjukkan pada Gambar IV.1:

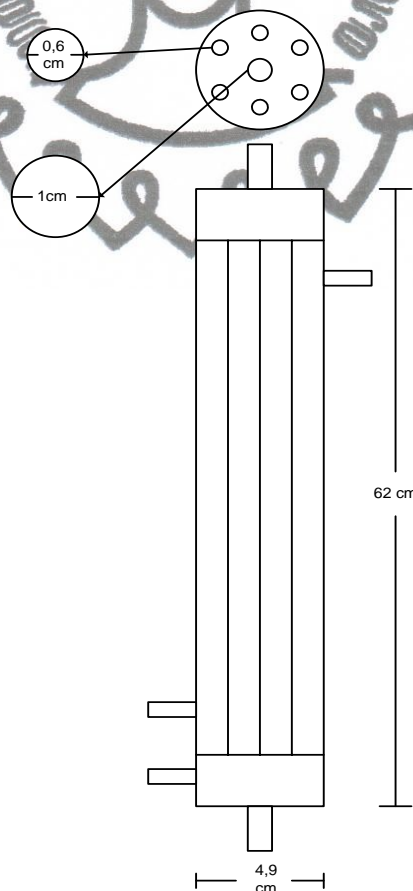


commit to user  
Gambar IV.1 Bioreaktor

Tipe	: <i>Packed bed bioreactor</i>
Bahan	: <i>Polyacrilic</i>
Panjang bioreaktor	: 57,5 cm
Panjang kolom bahan isian	: 32 cm
Panjang kolom atas	: 12 cm
Panjang kolom bawah	: 13,5 cm
Diameter kolom	: 10,3 cm
Tebal kolom	: 0,5 cm
Fungsi	: Tempat tumbuhnya <i>saccharomyces cerevisiae</i> dan tempat terjadinya proses fermentasi dan <i>stripping</i>

### A.2. Kondensor

Kondensor bertipe *shell and tube* yang terbuat dari bahan *stainless steel*. Kondensor hasil perancangan ditunjukkan pada Gambar IV.2.



commit to user  
Gambar IV.2 Kondensor



Tipe : *Shell and tube*  
 Bahan : *Pipa Stainless Steel*  
 Panjang : 62 cm  
 Shell (dia) : 1 cm  
 Tube (dia) : 0,6 cm  
 Jumlah Tube : 6  
 Pendingin : Air  
 Fungsi : Mengembunkan produk bioetanol yang terbawa gas *stripper*

## B. Pengujian Alat

### B.1. Pengujian alat dengan menggunakan gas Nitrogen

Pengujian alat menggunakan gas N<sub>2</sub> dilakukan dalam 2 kecepatan alir medium, yaitu pada skala pompa peristaltik 10 rpm adalah 1,44 L/jam dan 20 rpm adalah 3,36 L/jam.

Uji coba produksi bioetanol ini dibagi dalam 2 tahap, yaitu tahap pertumbuhan *yeast* dan tahap produksi bioetanol. Tahap pertumbuhan *yeast* dilakukan selama 60 jam, sedangkan tahap produksi bioetanol selama 60 jam. Pengambilan sampel dilakukan secara periodik untuk dianalisa konsentrasi bioetanol yang dihasilkan. Hasil percobaan konsentrasi bioetanol ditunjukkan pada tabel IV.1.

Tabel IV.1. Konsentrasi bioetanol pada posisi input dan output bioreaktor serta produk keluar dari kondensor dengan gas Nitrogen

Kecepatan Alir Medium (L/jam)	Waktu (jam)	Konsentrasi bioetanol		
		Input bioreaktor (% v/v)	Output bioreaktor (% v/v)	Produk (% v/v)
1,44	6	3,74	3,80	1.69
	18	2,89	3,76	3.85
	30	3,61	3,81	3.85
	42	2,60	3,16	0.55
3,36	6	0,73	0,72	1,95
	12	0,77	0,66	2,11
	18	0,66	0,51	1,54



Tabel IV.1 menunjukkan bahwa untuk kecepatan alir medium 1,44 L/jam ada peningkatan konsentrasi bioetanol pada output bioreaktor dibandingkan dengan input bioreaktor. Hal ini menunjukkan bahwa ada proses produksi bioetanol pada bioreaktor, hanya saja peningkatan konsentrasi bioetanol tidak terlalu signifikan. Sebagai contoh, peningkatan konsentrasi bioetanol berlangsung dari konsentrasi 3,61% pada bagian input bioreaktor menjadi 3,81% pada bagian output bioreaktor. Konsentrasi bioetanol pada produk kondensor juga tidak jauh berbeda dengan konsentrasi di input maupun output, bahkan ada yang mengalami penurunan. Hal ini dapat terjadi karena proses *Stripping* belum berjalan secara optimal. Sebagai contoh, saat jam ke-6 konsentrasi bioetanol pada bagian input sebesar 3,74% sedangkan konsentrasi bioetanol pada output sebesar 3,80% dan konsentrasi pada produk 1.69%.

Kecepatan alir medium 3,36 L/jam menunjukkan fenomena yang berbeda dengan kecepatan alir 1,44 L/jam. Ada penurunan konsentrasi bioetanol pada output bioreaktor dibandingkan dengan input bioreaktor, misalnya pada jam ke-12 konsentrasi bioetanol turun dari 0,77% pada bagian input menjadi 0,66% pada bagian output bioreaktor. Namun demikian, konsentrasi bioetanol pada bagian produk mengalami peningkatan yang lebih tinggi dibandingkan dengan proses dengan kecepatan alir 1,44 L/jam. Tabel IV.1 menunjukkan bahwa pada kecepatan 3,36 L/jam ini konsentrasi bioetanol pada produk juga mengalami peningkatan dibandingkan konsentrasi pada bioreaktor baik di posisi input atau output. Hal ini disebabkan karena adanya kontak yang lebih baik antara bioetanol dengan gas *stripper*, sehingga bioetanol dapat terpisah dari air oleh gas *stripper* sehingga proses *Stripping* berjalan dengan baik.

Secara keseluruhan, antara input, output, dan produk, konsentrasi bioetanol tertinggi terdapat di produk. Hal ini menunjukkan bahwa proses *Stripping* dapat memisahkan larutan bioetanol sehingga terjadi peningkatan konsentrasi. Hanya saja, dimungkinkan karena gas *stripper*nya belum sesuai dan belum dilakukan optimasi kondisi proses.

*commit to user*

---



## B.2. Pengujian alat dengan menggunakan gas Karbondioksida

Pengujian alat menggunakan gas karbondioksida dilakukan dalam 2 kecepatan alir medium, yaitu pada skala pompa peristaltik 10 rpm menghasilkan kecepatan alir medium sebesar 1,44 L/jam dan skala 30 rpm menghasilkan kecepatan alir medium sebesar 4,56 L/jam.

Uji coba produksi bioetanol dibagi dalam 2 tahap, yaitu tahap pertumbuhan *yeast* dan tahap produksi bioetanol. Tahap pertumbuhan *yeast* dilakukan selama 24 jam, sedangkan tahap produksi bioetanol selama 51 jam. Pengambilan sampel dilakukan secara periodik untuk dianalisa konsentrasi bioetanol yang dihasilkan. Hasil percobaan konsentrasi bioetanol ditunjukkan pada tabel IV.2.

Tabel IV.2. Konsentrasi bioetanol pada posisi input dan output bioreaktor serta produk keluar dari kondensor dengan gas Karbondioksida

Kecepatan Alir Medium (L/jam)	Waktu (jam)	Konsentrasi		
		Input Bioreaktor (% v/v)	Output bioreaktor (% v/v)	Produk (% v/v)
1,44	6	1,50	-	1,47
	12	1,33	0,59	1,47
	18	1,20	1,033	1,20
	24	1,01	1,20	2,47
	27	0,91	0,90	1,95
4,56	6	3,91	4,73	0,05
	12	3,93	3,90	1,49
	18	3,93	3,79	1,75
	24	3,91	3,86	3,57

Tabel IV.2 pada kecepatan 1,44 L/jam menunjukkan konsentrasi bioetanol pada output bioreaktor dibandingkan dengan input bioreaktor secara umum mengalami penurunan dan mengalami peningkatan konsentrasi pada produk. Misalnya pada jam ke-12 terjadi penurunan antara input dan output dari konsentrasi 1,33% menjadi 0,59%, kemudian terjadi peningkatan pada produk menjadi sebesar 1,47%. Hal ini terjadi karena banyak bioetanol yang terbawa oleh gas *stripper*, dengan kata lain proses *Stripping* telah berjalan dengan baik.

*commit to user*





Hal yang sama juga terjadi pada kecepatan 4,56 L/jam, dimana terjadi penurunan konsentrasi bioetanol pada output bioreaktor dibandingkan dengan input bioreaktor, namun penurunannya tidak terlalu signifikan. Semisal pada jam ke-12 dari konsentrasi input sebesar 3,93% menjadi 3,90% pada output. Produksi bioetanol pada kecepatan 4,56 L/jam ini lebih rendah dibandingkan produksi bioetanol pada kecepatan 1,44 L/jam. Hal ini dikarenakan oleh kecepatan alir medium bertambah sehingga yeast yang belum sepenuhnya menempel di bahan isian dan belum berfermentasi secara sempurna sehingga ikut mengalir bersama mediumnya. Kecepatan 4,56 L/jam ini konsentrasi bioetanol pada produk mengalami penurunan konsentrasi pada bioreaktor baik di posisi input atau output. Hal ini terjadi karena kontak antara gas *stripper* dengan etanol tidak optimal sehingga proses *Stripping* tidak berjalan secara optimal.

Secara keseluruhan, antara input, output, dan produk, konsentrasi bioetanol tertinggi terdapat di produk. Hal ini menunjukkan bahwa proses *Stripping* dapat memisahkan larutan bioetanol sehingga terjadi peningkatan konsentrasi. Hanya saja sedikitnya peningkatan, dimungkinkan karena gas *stripper*nya belum sesuai dan belum dilakukan optimasi kondisi proses.

Pada proses *Stripping*, gas nitrogen bekerja lebih baik dari pada karbondioksida sebagai gas *stripper*. Hal ini ditunjukkan oleh peningkatan konsentrasi etanol dari input maupun output pada produk yang menggunakan nitrogen sebagai gas *stripper* lebih tinggi daripada yang menggunakan gas *stripper* karbon dioksida.



## BAB V

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### A. Kesimpulan

1. Alat bioreaktor dengan penggabungan metode fermentasi dan *Stripping* dapat memproduksi bioetanol.
2. Alat bioreaktor dengan penggabungan metode fermentasi dan *Stripping* dapat berjalan secara simultan, terbukti dengan adanya konsentrasi bioetanol yang dihasilkan pada produk.

#### B. Saran

1. Meratakan distribusi medium agar pemerataan medium maksimal pada bahan isian.
2. Memeriksa semua sambungan untuk menghindari kebocoran dan meminimalisir kontaminasi oleh mikroba lain.
3. Mengganti bahan isian dengan bahan isian yang lebih sesuai.

*commit to user*



**DAFTAR PUSTAKA**

- Austin. G, T., 1984. "*Shreve's Chemical Process Industries*", 5<sup>th</sup> edition, Singapore : Mc Graw-Hill
- Dwidjoseputro, 1994. "*Dasar-dasar Mikrobiologi*", Jakarta: Djambatan
- Gerhartz, W., 1991, "*Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry*", 5<sup>th</sup> edition. VCH, California
- Hidayat, Nur., dkk, 2006. "*Mikrobiologi Industri*", Yogyakarta: Andi
- Perry. R, H., 1998. "*Perry's Chemical Engineers Hand Book*" , 7<sup>th</sup> edition, New York: Mc Graw Hill
- Seader. J, D., dan Henley. E, J., 1998. "*Separation Process Principle's*", Newyork: John Wiley & sons
- Taylor, F., Kurantz, M.J., Goldberg, and Craig. Jr., J.c., 1995, "*continuous fermentation and stripping of ethanol*". Biotechnol.
- www.RiauBisnis.com, edisi Selasa, 12 April 2011