



**PENGARUH KONSENTRASI GLUKOSA DAN
Zymomonas mobilis DALAM IMMOBILISASI SEL
DENGAN PENYANGGA BAGAS TEBU TERHADAP
KADAR ETANOL**

Laporan Penelitian

Disusun untuk memenuhi tugas akhir guna mencapai gelar sarjana
di bidang Ilmu Teknik Kimia

Oleh :

Jovita Elviana (2013620103)

Pembimbing :

Prof. Dr. Ir. Ign. Suharto, APU



**JURUSAN TEKNIK KIMIA
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN
BANDUNG**

2017

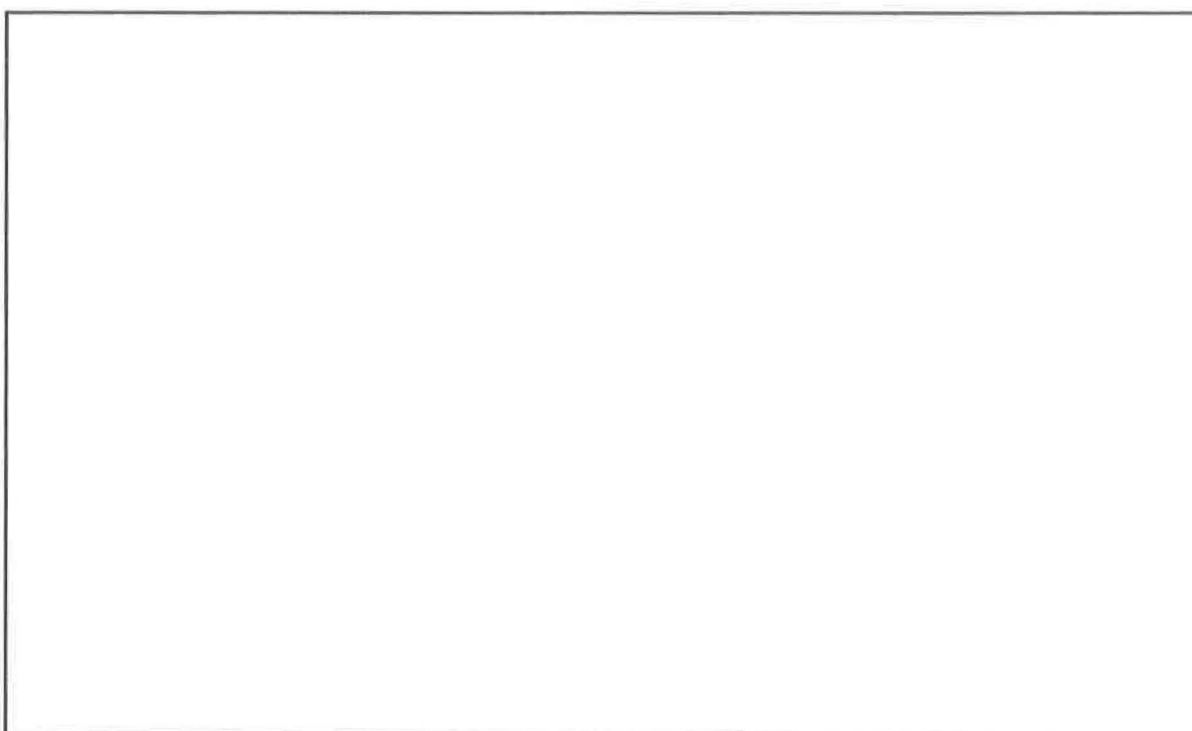
No. Kode	: TK ELV P/17
Tanggal	: 22 Februari 2017
No. Ind.	: 4235-FTI/SKP 33502
Divisi	:
Hadiah / Stok	:
Dari	: FTI

LEMBAR PENGESAHAN



JUDUL : PENGARUH KONSENTRASI GLUKOSA DAN *Zymomonas mobilis* DALAM IMMOBILISASI SEL DENGAN PENYANGGA BAGAS TEBU TERHADAP KADAR ETANOL

CATATAN :



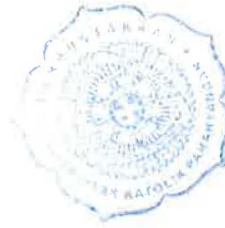
Telah diperiksa dan disetujui,

Bandung, 19 Januari 2017

Pembimbing,

A handwritten signature in black ink, appearing to read "I. Suharto". The signature is stylized and written over a horizontal line.

Prof. Dr. Ir. Ign. Suharto, APU



Jurusan Teknik Kimia

Fakultas Teknologi Industri

Universitas Katolik Parahyangan, Bandung

SURAT PERNYATAAN

Saya, yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Jovita Elviana

NRP : 6213103

dengan ini menyatakan bahwa laporan proposal penelitian dengan judul :

**PENGARUH KONSENTRASI GLUKOSA DAN *Zymomonas mobilis* DALAM
IMMOBILISASI SEL DENGAN PENYANGGA BAGAS TEBU TERHADAP
KADAR ETANOL**

adalah hasil pekerjaan saya, dan seluruh ide, pendapat, data ilmiah, materi dari sumber lain telah dikutip dengan cara penulisan yang sesuai.

Pernyataan ini saya buat dengan sebenar-benarnya dan sejujur-jujurnya, dan jika pernyataan ini tidak sesuai dengan kenyataan yang ada, maka saya bersedia menanggung sanksi akademik dan non akademik sesuai peraturan yang berlaku.

Bandung, 19 Januari 2017

Jovita Elviana

(6213103)



LEMBAR REVISI

JUDUL : PENGARUH KONSENTRASI GLUKOSA DAN *Zymomonas mobilis* DALAM IMMOBILISASI SEL DENGAN PENYANGGA BAGAS TEBU TERHADAP KADAR ETANOL

CATATAN :

Telah diperiksa dan disetujui,

Bandung, 19 Januari 2017

Penguji I,

Ir. YIP Arry Miryanti, M.Si.

Penguji II,

Kevin Cleary Wanta, S.T., M.Eng.



KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Tuhan yang Maha Esa atas berkat-Nya penulis dapat menyelesaikan laporan penelitian yang berjudul “Pengaruh Konsentrasi Glukosa dan *Zymomonas mobilis* dalam Immobilisasi Sel dengan Penyangga Bagas Tebu terhadap Kadar Etanol”. Laporan penelitian ini disusun dalam rangka memenuhi tugas akhir untuk mencapai gelar sarjana (S-1) Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Katolik Parahyangan, Bandung.

Pada penyusunan laporan penelitian ini penulis mendapat banyak bantuan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis ingin mengucapkan terimakasih yang sebesar-besarnya kepada semua pihak yang telah turut membantu dan mendukung dalam penyusunan laporan penelitian ini, terutama kepada :

1. Prof. Dr. Ir. Ign. Suharto, APU selaku dosen pembimbing yang senantiasa membimbing, memberi arahan dan memberikan masukan kepada penulis selama penyusunan laporan penelitian ini.
2. Orang Tua dan keluarga yang selalu memberikan doa, dukungan dan semangat selama penyusunan laporan penelitian ini.
3. Teman-teman yang selalu memberi dukungan dan semangat selama penyusunan laporan penelitian ini
4. Semua pihak lain yang telah ikut serta memberikan bantuan dalam proses penyusunan laporan penelitian ini.

Penulis menyadari bahwa laporan penelitian ini masih jauh dari kata sempurna. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik dan saran yang dapat membantu penulis untuk menyempurnakan laporan penelitian ini. Akhir kata, penulis mohon maaf yang sebesar-besarnya apabila dalam penyusunan laporan penelitian ini terdapat banyak kesalahan. Penulis berharap laporan penelitian ini dapat bermanfaat bagi pembaca.

Bandung, 19 Januari 2017

Penulis



DAFTAR ISI

Halaman Judul	i
Lembar Pengesahan	ii
Lembar Revisi	iii
Surat Pernyataan	iv
Kata Pengantar	v
Daftar Isi	vi
Daftar Gambar	ix
Daftar Tabel	x
Intisari	xi
Abstract	xii

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar belakang.....	1
1.1.1 Variabel yang diteliti.....	2
1.2 Tema sentral masalah penelitian.....	2
1.3 Identifikasi masalah penelitian	2
1.4 Tujuan Penelitian	3
1.5 Premis-premis penelitian	3
1.6 Hipotesis penelitian.....	4
1.7 Manfaat penelitian	4
1.7.1 Bagi mahasiswa	4
1.7.2 Bagi pemerintah.....	4
1.7.3 Bagi dunia industri.....	4

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Substrat glukosa.....	5
2.2 Inokulum.....	6
2.2.1 <i>Saccharomyces cerevisiae</i>	6
2.2.2 <i>Zymomonas mobilis</i>	7
2.2.3 Perbedaan <i>Zymomonas mobilis</i> dengan <i>Saccharomyces cerevisiae</i>	9
2.3 Proses fermentasi dengan teknik immobilisasi sel.....	10

2.4	Macam-macam proses fermentasi.....	12
2.4.1	Fermentasi <i>batch</i>	12
2.4.2	Fermentasi kontinu	12
2.5	Penyangga bagas tebu	13
2.5.1	Klasifikasi botani tanaman tebu	13
2.5.2	Morfologi tanaman tebu	13
2.5.3	Bagas tebu.....	14
2.6	Fasa pertumbuhan mikroorganisme.....	15
2.7	Etanol.....	16
2.7.1	Sifat fisik.....	16
2.7.2	Sifat kimia.....	17
2.7.3	Produksi etanol	17
2.7.4	Kegunaan etanol	18
2.8	Distilasi sederhana	18
2.9	Metode analisis kimia	18
2.9.1	Analisis glukosa.....	18
2.9.2	Analisis etanol	19

BAB III BAHAN DAN METODE PENELITIAN

3.1	Bahan	20
3.2	Alat.....	20
3.3	Prosedur percobaan.....	21
3.3.1	Pembuatan isolat murni <i>Zymomonas mobilis</i>	21
3.3.2	Pembuatan inokulum <i>Zymomonas mobilis</i>	22
3.3.3	Pembuatan inokulum <i>Zymomonas mobilis</i>	22
3.3.4	Proses fermentasi glukosa menjadi etanol secara immobilisasi	23
3.3.5	Distilasi.....	24
3.5	Analisis	24
3.6	Lokasi dan jadwal kerja penelitian	24

BAB III PEMBAHASAN

4.1	Persiapan penelitian	26
4.1.1	Kurva standar glukosa	26

4.1.2	Pembuatan inokulum.....	27
4.2	Penelitian utama.....	28
4.2.1	Analisis kadar etanol	29
4.2.2	Analisis kadar glukosa.....	33
4.3	Distilasi	36

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

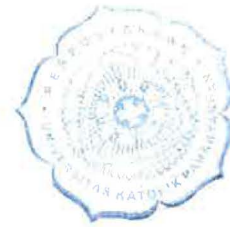
5.1	Kesimpulan spesifik.....	47
5.2	Kesimpulan umum	47
5.3	Saran	47

DAFTAR PUSTAKA.....	48
LAMPIRAN A METODE ANALISIS.....	41
LAMPIRAN B MSDS BAHAN.....	44
LAMPIRAN C DATA DAN HASIL PENGAMATAN	49
LAMPIRAN D CONTOH PERHITUNGAN	62
LAMPIRAN E GRAFIK	64



DAFTAR GAMBAR

Gambar II-1. Struktur glukosa.....	5
Gambar II-2. Jalur <i>Embden-Meyerhof</i>	7
Gambar II-3. Jalur <i>Entner Doudoroff</i>	9
Gambar II-4. Kurva fasa pertumbuhan mikroorganisme	15
Gambar II-5. Struktur kimia etanol	17
Gambar III-1. Rangkaian alat proses immobilisasi sel	18
Gambar III-2. Diagram alir pembuatan biakan murni <i>Zymomonas mobilis</i>	22
Gambar III-3. Diagram alir pembuatan inokulum <i>Zymomonas mobilis</i>	22
Gambar III-4. Diagram alir perhitungan jumlah mikroba	23
Gambar III-5. Diagram alir proses immobilisasi sel.....	23
Gambar III-6. Diagram alir proses distilasi	24
Gambar IV-1. Kurva standar glukosa	28
Gambar IV-2. Rangkaian alat proses fermentasi dengan immobilisasi sel.....	29
Gambar IV-3. Sampel sebelum dipanaskan.....	30
Gambar IV-4. Sampel setelah dipanaskan	30
Gambar IV-5. Sampel sebelum dititrasi.....	30
Gambar IV-6. Sampel sebelum dititrasi.....	30
Gambar IV-7. Kurva perbandingan konsentrasi substrat glukosa terhadap perolehan etanol	31
Gambar IV-8. Kurva perbandingan konsentrasi inokulum <i>Zymomonas mobilis</i> terhadap perolehan etanol.....	32
Gambar IV-9. Sampel sebelum dipanaskan.....	33
Gambar IV-10 Sampel setelah dipanaskan	33
Gambar IV-11 Kurva perbandingan konsentrasi substrat glukosa terhadap konsumsi glukosa.....	35
Gambar IV-12 Kurva perbandingan konsentrasi inokulum <i>Zymomonas mobilis</i> terhadap konsumsi glukosa	35



DAFTAR TABEL

Tabel II-1.	Sifat fisik glukosa	5
Tabel II-2.	Perbedaan fermentasi secara immobilisasi dengan fermentasi sel bebas	10
Tabel II-3.	Unsur yang terkandung dalam bagas tebu	14
Tabel II-4.	Sifat fisik etanol	17
Tabel III-1.	Matriks percobaan utama	24
Tabel III-2.	Analisis varian rancangan percobaan faktorial dua faktor	25
Tabel III-3.	Jadwal kerja penelitian	27
Tabel III-4.	Analisis varian rancangan percobaan faktorial dua faktor	25
Tabel III-5.	Jadwal rencana kerja penelitian	27
Tabel IV-1.	Hasil analisis kadar etanol yang diperoleh dari proses immobilisasi sel selama 8 jam	31
Tabel IV-2.	Hasil analisis konsumsi glukosa yang diperoleh dari proses immobilisasi sel selama 8 jam	34



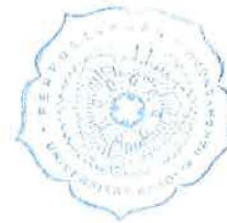
INTISARI

Indonesia belum dapat memenuhi kebutuhan bahan bakar, khususnya minyak mentah, sehingga Indonesia harus melakukan impor. Produksi etanol merupakan salah satu alternatif untuk mengatasi permasalahan tersebut. **Tujuan penelitian** ini adalah mempelajari pengaruh konsentrasi substrat glukosa dan konsentrasi inokulum *Zymomonas mobilis* terhadap perolehan etanol dalam proses immobilisasi sel. **Manfaat penelitian** ini adalah menambah pengetahuan tentang pengaruh konsentrasi substrat glukosa dan konsentrasi inokulum *Zymomonas mobilis* terhadap perolehan etanol dalam proses immobilisasi sel, sebagai masukan parameter konsentrasi substrat glukosa, konsentrasi inokulum *Zymomonas mobilis*, dan penyangga bagas tebu dalam rangka pembuatan Standar Nasional Indonesia untuk perolehan etanol, dan meningkatkan efektivitas dan produktivitas dalam menghasilkan produk etanol.

Dalam pembuatan etanol ini dilakukan dengan teknik immobilisasi sel dalam reaktor semi kontinu dengan substrat glukosa, inokulum *Zymomonas mobilis*, dan penyangga bagas tebu. **Metode penelitian** ini dibagi menjadi persiapan penelitian dan penelitian utama. Pada tahap persiapan penelitian dilakukan pembuatan inokulum *Zymomonas mobilis*. Pada penelitian utama dilakukan variasi konsentrasi substrat glukosa sebesar 10% b/v, 14% b/v, 16% b/v, dan 18% b/v serta variasi konsentrasi inokulum *Zymomonas mobilis* sebesar 5% v/v, 10% v/v, dan 15% v/v. Hasil etanol dengan kadar tertinggi kemudian didistilasi. Analisis yang dilakukan pada penelitian ini adalah kadar etanol dan kadar glukosa.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa semakin besar konsentrasi substrat glukosa dan konsentrasi inokulum *Zymomonas mobilis*, maka kadar etanol yang dihasilkan dari proses immobilisasi sel semakin besar. Kadar etanol paling tinggi dihasilkan pada konsentrasi substrat glukosa 16% b/v dan konsentrasi inokulum *Zymomonas mobilis* 15% v/v yaitu sebesar 11,37% v/v. Etanol dari proses immobilisasi sel dengan kadar 11,37% v/v didistilasi sehingga menghasilkan etanol dengan kadar 30,34% v/v.

Kata kunci : *Zymomonas mobilis*, glukosa, bagas tebu, immobilisasi, analisis, etanol



ABSTRACT

Indonesia has not been able to meet the needs of fuel, especially crude oil, so that Indonesia has to import to meet domestic fuel needs. Ethanol production is one alternative to overcome these problems. **The purpose of this research** is to study the effect of concentration of glucose substrate and concentration of *Zymomonas mobilis* inoculum in immobilized cells for ethanol production. **The benefits of this research** is to provide knowledge on the effect of concentration of glucose substrate and concentration of *Zymomonas mobilis* inoculum in immobilized cells for ethanol production, as an input parameter concentration of glucose substrate, concentration of *Zymomonas mobilis* inoculum and sugarcane bagasse matrix in order to make the Indonesian National Standard of ethanol production and improve the efficiency and productivity of ethanol production.

Ethanol is produced in semi continuous immobilized cells reactors with glucose substrate, *Zymomonas mobilis* inoculum, and sugarcane bagasse as matrix. Methods of this research consisted of two stages, that is preparation step and main research. The preparation step consist of making inoculum of *Zymomonas mobilis*. In the main research, variations of glucose concentration substrate are 10% w/v, 14% w/v, 16% w/v, dan 18% w/v and variations of *Zymomonas mobilis* inoculum are 5% v/v, 10% v/v, dan 15% v/v. The highest ethanol level produced then distilled. The analysis consists of ethanol analysis and glucose analysis.

The result showed the higher the concentration of glucose substrate and the concentration of *Zymomonas mobilis* inoculum, the higher concentration of ethanol obtained. The highest ethanol level produced at 16% w/v concentration of glucose substrate and 15% v/v concentration of *Zymomonas mobilis* inoculum, which result is 11,37%. In the process of distillation, the concentration of ethanol produced is 30,34% v/v from 11,37% v/v.

Keywords : *Zymomonas mobilis*, glucose, sugarcane bagasse, immobilized, analysis, ethanol



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar belakang

Pemenuhan kebutuhan energi di Indonesia sampai saat ini masih mengandalkan sumber daya alam yang tidak terbarukan, seperti minyak, gas, dan batubara. Namun, industri di Indonesia belum dapat memenuhi kebutuhan energi tersebut, khususnya minyak mentah, sehingga Indonesia harus mengimpor minyak mentah sejak tahun 2004^[1]. Ketergantungan Indonesia terhadap minyak bumi impor membebani pemerintah karena menyebabkan pembengkakan pada anggaran belanja negara. Salah satu alternatif untuk mengatasi pemakaian energi fosil tersebut adalah dengan memproduksi energi alternatif bioenergi, seperti etanol, butanol, atau CH₄.

Disadari sepenuhnya bahwa di Indonesia terdapat industri gula tebu yang menghasilkan bagas tebu. Bagas tebu tersebut diperoleh dari hasil samping proses penggilingan tanaman tebu. Setiap tahunnya di Indonesia dapat menghasilkan limbah bagas tebu sebesar 47 ton. Bagas tebu merupakan salah satu bahan yang berpotensi sebagai bahan baku utama dalam pembuatan etanol. Bagas tebu mengandung air 48-52%, gula 3,3%, dan serat 47,7%^[2]. Sebagian besar dari bagas tebu yang dihasilkan dari industri gula ini digunakan sebagai energi utama pabrik gula itu sendiri, sedangkan sisanya hanya ditimbun sebagai limbah yang memiliki nilai ekonomi rendah.

Substrat glukosa murni digunakan dalam proses immobilisasi sel terhadap kadar etanol. Kadar etanol dengan proses immobilisasi sel tersebut dipengaruhi oleh beberapa variabel seperti jenis penyangga dalam bioreaktor, konsentrasi substrat, konsentrasi inokulum, temperatur, dan pH. Besaran dan tetapan kinetika fermentasi yang diperoleh dari penelitian ini dapat digunakan untuk proses biokonversi limbah lignoselulosa menjadi etanol dan juga desain reaktor immobilisasi. Glukosa dipilih sebagai substrat karena struktur model glukosa yang sederhana sehingga mudah digunakan oleh inokulum.

Etanol yang disebut juga etil alkohol merupakan cairan yang tidak berwarna, mudah menguap, mudah terbakar, dan memiliki bau yang khas. Etanol memiliki rumus molekul C₂H₅OH. Etanol mempunyai titik leleh pada temperatur -114,1°C, titik didih pada temperatur 78,5°C, dan mempunyai densitas 0,789 g/mL pada temperatur 20°C. Selain dapat dijadikan sebagai bahan bakar, etanol juga dapat digunakan sebagai pelarut dan

diproduksi sebagai minuman. Titik beku etanol yang rendah membuat etanol digunakan sebagai cairan dalam termometer untuk temperatur dibawah -40°C atau digunakan untuk keperluan temperatur yang rendah lainnya, seperti untuk anti beku pada radiator mobil.^[3]

Pembuatan etanol dapat dilakukan dengan teknik immobilisasi sel. Teknik immobilisasi sel adalah proses yang membatasi pergerakan fisik sel dalam ruang dengan menahannya pada suatu matriks. Keunggulan teknik immobilisasi sel ini adalah dapat meningkatkan produktivitas volumetrik, meningkatkan konsentrasi produk dalam aliran keluaran, menurunkan konsentrasi substrat dalam aliran keluaran, dan mencegah terjadinya *wash out* pada aliran keluaran produk.^[4] Adapun mikroorganisme yang digunakan untuk memproduksi etanol dalam penelitian ini adalah bakteri *Zymomonas mobilis*. Meskipun tidak digunakan secara komersial, *Zymomonas mobilis* adalah mikroorganisme yang paling efektif untuk memproduksi etanol. *Zymomonas mobilis* dapat memproduksi etanol lebih cepat dibandingkan *Saccharomyces Cerevisiae*.^[5]

1.1.1 Variabel yang diteliti

1. Konsentrasi sustrat glukosa yang digunakan adalah 10% b/v, 14% b/v, 16% b/v, 18%b/v^{[4][6]}.
2. Konsentrasi inokulum *Zymomonas mobilis* yang digunakan adalah 5%v/v, 10%v/v, dan 15%v/v^{[7][8]}.

1.2 Tema sentral masalah penelitian

Tema sentral masalah penelitian ini adalah ketidakjelasan dan ketidakpastian mengenai pengaruh konsentrasi substrat glukosa dan konsentrasi inokulum *Zymomonas mobilis* dalam proses immobilisasi sel terhadap kadar etanol yang dilakukan secara semi kontinu.

1.3 Identifikasi masalah penelitian

Berdasarkan tema sentral masalah, beberapa masalah yang dapat diidentifikasi dalam penelitian ini adalah :

1. Bagaimana pengaruh konsentrasi substrat glukosa dalam proses immobilisasi sel terhadap kadar etanol?
2. Bagaimana pengaruh konsentrasi inokulum *Zymomonas mobilis* dalam proses immobilisasi terhadap kadar etanol?

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan dilakukannya penelitian ini adalah :

1. Mempelajari pengaruh konsentrasi substrat glukosa dalam proses immobilisasi sel terhadap kadar etanol.
2. Mempelajari pengaruh konsentrasi inokulum *Zymomonas mobilis* dalam proses immobilisasi sel terhadap kadar etanol.

1.5 Premis-premis penelitian

1. Konsentrasi substrat glukosa yang digunakan adalah 10% b/v, 14% b/v, 16% b/v, 18%b/v^{[4][6]}.
2. Konsentrasi inokulum *Zymomonas mobilis* yang digunakan adalah 5%v/v, 10%v/v, dan 15%v/v^{[7][8]}.
3. Temperatur dalam proses fermentasi glukosa menjadi etanol adalah 30°C^{[4][7][8]}.
4. pH pada proses fermentasi glukosa menjadi etanol adalah 4^{[4][8][9]}.
5. Nutrisi yang digunakan dalam pembuatan starter *Zymomonas mobilis* adalah glukosa 100 g/L, yeast extract 10 g/L, (NH₄)₂SO₄ 1 g/L, KH₂PO₄ 1 g/L, MgSO₄.7H₂O 0,5 g/L^{[4][7][8]}.
6. Fermentasi dilakukan dengan teknik immobilisasi sel secara semi kontinu^{[4][6][9]}.
7. Proses fermentasi berlangsung secara anaerobik^{[4][6][8]}.
8. Proses fermentasi etanol dengan teknik immobilisasi sel menggunakan *Zymomonas mobilis* dilakukan selama 4,25 jam.^[6]
9. Semua alat dan medium yang digunakan disterilisasi dengan autoklaf pada temperatur 121°C selama 15 menit^{[4][6][8]}.
10. Laju yang digunakan untuk memasukkan substrat ke dalam kolom bioreaktor adalah 15 mL/s.^[10]

1.6 Hipotesis penelitian

Pembuatan etanol dalam proses immobilisasi sel dengan penyangga bagas tebu dipengaruhi oleh konsentrasi substrat glukosa dan konsentrasi inokulum *Zymomonas mobilis*.

1.7 Manfaat penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan beberapa manfaat berikut :

1.7.1 Bagi mahasiswa

Manfaat penelitian ini bagi mahasiswa adalah menambah pengetahuan tentang pengaruh konsentrasi substrat glukosa dan konsentrasi inokulum *Zymomonas mobilis* dalam proses immobilisasi sel terhadap kadar etanol.

1.7.2 Bagi pemerintah

Manfaat penelitian ini bagi pemerintah adalah sebagai masukan parameter konsentrasi substrat glukosa dan konsentrasi inokulum *Zymomonas mobilis* dalam rangka pembuatan Standar Nasional Indonesia (SNI) untuk kadar etanol.

1.7.3 Bagi dunia industri

Manfaat penelitian ini bagi dunia industri adalah untuk meningkatkan efektivitas dan produktivitas dalam menghasilkan produk etanol dengan mengetahui konsentrasi substrat glukosa, konsentrasi inokulum *Zymomonas mobilis*, dan penyangga bagas tebu yang digunakan dalam proses immobilisasi sel.