

**KAJIAN AWAL PEMBUATAN BIOETANOL DARI BUAH  
PEPAYA AFKIR MENGGUNAKAN BAKTERI *ZYMOMONAS  
MOBILIS* DAN *SACCHAROMYCES CEREVISIAE*  
SECARA BERSAMAAN**

**PENELITIAN**



Oleh :

**INDAH FITRIANA SOLICHAH**

**0931010002**

**PROGRAM STUDI TEKNIK KIMIA**

**FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI**

**UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL "VETERAN" JAWA TIMUR**

**2013**

**LEMBAR PENGESAHAN**

**KAJIAN AWAL PEMBUATAN BIOETANOL  
DARI BUAH PEPAYA AFKIR MENGGUNAKAN BAKTERI  
ZYMOMONAS MOBILIS DAN SACCHAROMYCES CEREVISIAE  
SECARA BERSAMAAN**

Oleh :

**INDAH FITRIANA SOLICHAH**

0931010002

Telah Dipertahankan Dihadapan  
Dan Diterima Oleh Tim Penguji  
Pada Tanggal : 30 Mei 2013

Tim Penguji :

Pembimbing :

1.

  
**Prof. Dr. Ir. Sri Redjeki, MT.**  
NIP. 19570314 198603 2 001

  
**Dr. Ir. Edi Muljadi, SU**  
NIP. 19551231 198503 1 002

2.

  
**Ir. Nana Dyah Siswati, M.Kes.**  
NIP. 19600422 198703 2 001

Mengetahui  
Dekan Fakultas Teknologi Industri  
Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Jawa Timur  
Surabaya

  
**Ir. Sutyono, MT**  
NIP. 19600713 198703 1001

YAYASAN KESEJAHTERAAN PENDIDIKAN DAN PERUMAHAN  
UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL "VETERAN" JAWA TIMUR  
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI

---

**KETERANGAN REVISI**

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Indah Fitriana Solichah

NPM : 0931010002

Jurusan : Teknik Kimia

Telah menyelesaikan revisi skripsi / penelitian dengan judul :

“ Kajian Awal Pembuatan Bioetanol Dari Buah Pepaya Afkir Menggunakan  
Bakteri *Zymomonas mobilis* dan *Saccharomyces cerevisiae* secara bersamaan ”

Surabaya, 20 Juni 2013

Dosen penguji yang memerintahkan revisi :

1. Prof. Dr. Ir. Sri Redjeki, MT (  )

2. Ir. Nana Dyah Siswati, MKes (  )

Mengetahui,  
Dosen Pembimbing



Dr. Ir. Edi Muljadi, SU

## KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadirat Allah SWT yang telah melimpahkan karunia beserta rahmat-Nya kepada kami semua, sehingga kami diberikan kekuatan dan kelancaran dalam menyelesaikan proposal penelitian kami yang berjudul *“Kajian Awal Pembuatan Bioetanol Dari Buah Pepaya Afkir Menggunakan Bakteri Zymomonas mobilis dan Saccharomyces Cerevisiae Secara Bersamaan”*.

Adapun penyusunan penelitian ini merupakan salah satu syarat yang harus ditempuh dalam kurikulum program studi S-1 Teknik Kimia dan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik Kimia di Fakultas Teknologi Industri UPN “Veteran” Jawa Timur, Surabaya.

Proposal penelitian yang kami dapatkan tersusun atas kerjasama dan berkat bantuan dari berbagai pihak. Oleh karena itu pada kesempatan ini kami mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Ir. Sutiyono, MT selaku Dekan Fakultas Teknologi Industri UPN “Veteran” Jawa Timur.
2. Ibu Ir. Retno Dewati, MT selaku Ketua Program Studi Teknik Kimia UPN “Veteran” Jawa Timur.
3. Bapak Dr. Ir. Edi Muljadi, SU selaku Dosen Pembimbing Penelitian.
4. Ibu Prof. Dr. Ir. Sri Redjeki, MT dan Ibu Nana Dyah Siswati, MKes selaku dosen penguji.
5. Kedua orang tua yang telah memberikan dukungan moril dan material dalam pelaksanaan dan penyusunan laporan penelitian.
6. Seluruh teman-teman yang telah memberikan dorongan dan semangat dalam pelaksanaan dan penyusunan laporan penelitian.

Akhir kata, kami menyampaikan maaf atas kesalahan yang terdapat dalam proposal penelitian ini, semoga dapat memenuhi syarat akademis dan bermanfaat bagi kita semua. Kritik dan saran yang bersifat membangun demi perbaikan penyusun berikutnya, penyusun mengucapkan terima kasih.

Surabaya, Juni 2013

Penyusun

## DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR .....	i
DAFTAR ISI .....	ii
DAFTAR GAMBAR .....	iv
DAFTAR TABEL .....	v
INTISARI .....	vi
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Tujuan Penelitian.....	2
1.3 Manfaat Penelitian.....	2
BAB II TINJAUAN PUSTAKA .....	3
2.1 Buah Pepaya.....	3
2.2 Bioetanol .....	5
2.3 <i>Zymomonas Mobilis</i> .....	7
2.4 Fermentasi .....	8
2.5 Landasan Teori.....	9
2.6 Hipotesis.....	11
BAB III METODOLOGI PENELITIAN .....	12
3.1 Bahan – Bahan yang Digunakan .....	12
3.2 Alat – Alat yang Digunakan .....	12
3.3 Gambar Rangkaian Alat .....	13
3.4 Variabel Penelitian.....	13
3.4.1 Variabel yang Dijalankan .....	13
3.4.2 Variabel yang Ditetapkan .....	13
3.5 Prosedur Penelitian .....	13

BABIV HASIL DAN PEMBAHASAN .....	20
4.1 Hasil.....	20
4.1.1 Analisa Bahan Baku .....	20
4.1.2 Pengukuran Kurva Pertumbuhan .....	20
4.1.3 Analisa Kadar Bioetanol Pada Proses Fermentasi .....	21
4.1.4 Analisa Kadar Glukosa Sisa Setelah Proses Fermentasi .....	22
4.2 Pembahasan.....	24
4.2.1 Kurva Pertumbuhan Bakteri <i>Zymomonas Mobilis</i> Pada Starter .....	24
4.2.2 Hasil Proses Fermentasi .....	25
4.2.3 Konversi Gula Menjadi Bioetanol .....	26
4.2.4 Kajian Bioetanol .....	27
BABV KESIMPULAN DAN SARAN .....	28
5.1 Kesimpulan .....	28
5.2 Saran .....	28
DAFTAR PUSTAKA	
LAMPIRAN	

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Pohon Pepaya dan Buah Pepaya .....	4
Gambar 3.1 Rangkaian Alat Fermentasi .....	13
Gambar 3.2 Diagram Alir Pembuatan Media Nutrient Agar .....	14
Gambar 3.3 Diagram Alir Pembuatan Media Cair Untuk Pembiakan Kultur .....	15
Gambar 3.4 Diagram Alir Persiapan Pengukuran Kurva Pertumbuhan .....	17
Gambar 3.5 Diagram Alir Pembuatan Starter Untuk Fermentasi .....	18
Gambar 3.5 Diagram Alir Proses Fermentasi .....	19
Gambar 4.1 Kurva Pertumbuhan Bakteri <i>Zymomonas mobilis</i> Pada Starter .....	24
Gambar 4.2 Hubungan Antara Waktu Fermentasi Terhadap Kadar Bioetanol .....	25
Gambar 4.3 Konversi Glukosa Pada Kondisi Terbaik Fermentasi .....	26

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Klasifikasi Ilmiah dari Buah Pepaya.....	4
Tabel 2.2. Hasil Analisa Sample Bahan Baku .....	4
Tabel 2.3. Klasifikasi Ilmiah <i>Zymomonas mobilis</i> .....	7
Tabel 4.1 Hasil Analisa Buah Pepaya Afkir .....	20
Tabel 4.2 Hasil Pengukuran Kurva Pertumbuhan Bakteri <i>Zymomonas mobilis</i> .....	20
Tabel 4.3 Hasil Analisa Kadar Bioetanol Setelah Proses Fermentasi .....	21
Tabel 4.4 Hasil Analisa Kadar Glukosa Sisa Setelah Proses Fermentasi .....	22

## INTISARI

Pada saat ini banyak masalah energi yang menjadi pembahasan utama dalam perbincangan dunia. Hal ini disebabkan sumber utama energi dunia yang sebagian besar terdiri dari energi tak terbarukan yang berasal dari fosil – fosil makhluk hidup berjuta tahun yang lalu. Energi alternatif yang mudah dibuat adalah bioetanol dari buah pepaya afkir. Buah pepaya afkir dapat dijadikan bioetanol dengan melalui proses fermentasi dengan bantuan bakteri.

Penelitian ini menguji kandungan etanol pada buah pepaya afkir yang telah difermentasi. Waktu fermentasi yaitu 3 hari, 5 hari, 7 hari, 9 hari, 11 hari. Pada proses fermentasi ini menggunakan bakteri *Zymomonas mobilis* sebanyak 7% v/v, 9% v/v, 11% v/v, 13% v/v, 15% v/v.

Pada proses fermentasi buah pepaya afkir dengan inokulum *Zymomonas mobilis* ini di hari ke tiga sampai ke sembilan menunjukkan peningkatan. Pada hari kesebelas pada semua kondisi penambahan starter terjadi penurunan. Kondisi terbaik ketika fermentasi berlangsung di hari ke 9 dengan dosis starter 15% dan didapat kadar alkohol sebesar 8,93%.

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa penambahan starter *Zymomonas mobilis* dan waktu fermentasi mempengaruhi kadar bioetanol yang dihasilkan. Penambahan starter sebanyak 15% dan waktu fermentasi selama 9 hari merupakan kondisi terbaik pada penelitian ini.



## Kajian Awal Pembuatan Bioetanol Dari Buah Pepaya Afkir Menggunakan Bakteri *Zymomonas Mobilis* dan *Saccharomyces Cerevisiae* Secara Bersamaan

---

### BAB I PENDAHULUAN

#### 1.1 Latar Belakang

Pada saat ini banyak masalah energi yang menjadi pembahasan utama dalam perbincangan dunia. Hal ini disebabkan sumber utama energi dunia yang sebagian besar terdiri dari energi tak terbarukan yang berasal dari fosil – fosil makhluk hidup berjuta tahun yang lalu. Pada tahun 2005, minyak sebesar 39,2% telah banyak memegang kendali dalam kebutuhan energi dunia. Angka tersebut jauh di atas gas (23%), bahan padat (27,6%) bahkan energi terbarukan yang hanya 10,2% (Negara, 2011)

Salah satu energi alternatif yang mudah dibuat dan mampu mengganti energi tak terbarukan adalah bioetanol. Bioetanol adalah etanol yang bahan utamanya dari tumbuhan dan umumnya menggunakan proses fermentasi. Etanol atau ethyl alkohol  $C_2H_5OH$  berupa cairan bening tak berwarna, terurai secara biologis (*biodegradable*), toksisitas rendah dan tidak menimbulkan polusi udara yang besar bila bocor. Etanol yang terbakar menghasilkan karbondioksida ( $CO_2$ ) dan air. Penggunaan bioetanol sebagai bahan bakar minyak mempunyai banyak kelebihan dibandingkan dengan energi alternatif lain. Etanol merupakan bahan bakar beroktan tinggi dan dapat menggantikan timbal sebagai peningkat nilai oktan dalam bensin. Selain itu etanol memiliki kandungan oksigen yang tinggi sehingga proses pembakaran yang terjadi lebih sempurna yang menyebabkan emisi akibat karbon monoksida pun berkurang (Rikana dan Risky, 2009).

Beberapa penelitian telah dilakukan yang berkaitan dengan pemanfaatan sampah organik untuk dijadikan sebagai bahan baku pembuatan bahan bakar yaitu bioetanol. Berdasarkan hasil penelitian Prasetyo dan Hadi (2011) semakin lama waktu fermentasi maka semakin tinggi pula kadar alkohol yang dihasilkan. Untuk hasil penelitian Muslihah dan Herumurti (2011) pembuatan bioetanol dari sampah buah jeruk pada konsentrasi inokulum *Zymomonas mobilis* sebesar 5% dan waktu fermentasi 6 hari didapatkan hasil maksimum kadar etanol sebesar 11,64%. Begitu pula pada penelitian bioetanol oleh Yatim, M (2011) yang menggunakan inokulum *Zymomonas mobilis* dengan bahan baku limbah kulit kopi diperoleh hasil maksimum pada penambahan inokulum sebesar 11% dan waktu fermentasi selama 7 hari didapatkan kadar bioetanol sebesar 9,04%. Sedangkan berdasarkan hasil penelitian Faizah dan Hadi (2011), Kadar bioetanol yang dihasilkan pada proses fermentasi dengan inokulum *Zymomonas mobilis* berkisar antara 0,07-9,98%. Sedangkan untuk



## Kajian Awal Pembuatan Bioetanol Dari Buah Pepaya Afkir Menggunakan Bakteri *Zymomonas Mobilis* dan *Saccharomyces Cerevisiae* Secara Bersamaan

---

inokulum ragi tape berkisar antara 0,13-6,30%. Hal ini membuktikan bahwa pembuatan bioetanol dengan menggunakan inokulum *Zymomonas mobilis* lebih baik dari pada dengan menggunakan ragi tape.

Pada penelitian ini akan menggunakan buah pepaya afkir sebagai bahan baku pembuatan bioetanol karena selama ini buah pepaya afkir kurang begitu dimanfaatkan. Bahan baku ini dihasilkan dari buah yang reject akibat kerusakan fisik dan buah pepaya yang terlalu matang. Sehingga diharapkan setelah dikonversi menjadi bioetanol memiliki nilai ekonomi yang lebih tinggi. Salah satu metode pembuatan etanol yang paling terkenal adalah fermentasi. Untuk proses fermentasi ini akan menggunakan bakteri *Zymomonas mobilis*. Digunakan bakteri *Zymomonas mobilis* karena mikroba tersebut mampu menghasilkan bioetanol lebih tinggi (5-10%) dari mikroba perfermentasi lain (Riyanti, 2009).

### 1.2 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Mengkaji pembuatan bioetanol menggunakan inokulum *Zymomonas mobilis* dan *Saccharomyces Cerevisiae* secara bersamaan.
2. Mengetahui kadar bioetanol maksimum dan rata – rata dengan variasi waktu fermentasi dan dosis starter menggunakan inokulum *Zymomonas mobilis* dan *Saccharomyces Cerevisiae* secara bersamaan.

### 1.3 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah :

1. Memberikan informasi mengenai kadar bioetanol yang dihasilkan dari buah pepaya afkir dengan penggunaan inokulum *Zymomonas mobilis* dan *Saccharomyces Cerevisiae* secara bersamaan
2. Memberikan nilai ekonomis pada buah pepaya afkir.
3. Membantu mengurangi pencemaran lingkungan akibat sampah buah.



## Kajian Awal Pembuatan Bioetanol Dari Buah Pepaya Afkir Menggunakan Bakteri *Zymomonas Mobilis* dan *Saccharomyces Cerevisiae* Secara Bersamaan

---

### BAB II TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1. Buah Pepaya

Pepaya (*Carica papaya L.*), atau **betik** adalah tumbuhan yang berasal dari Meksiko bagian selatan dan bagian utara dari Amerika Selatan, dan kini menyebar luas dan banyak ditanam di seluruh daerah tropis untuk diambil buahnya. *C. papaya* adalah satu-satunya jenis dalam genus *Carica*.

Buah pepaya dimakan dagingnya, baik ketika muda maupun masak. Daging buah muda dimasak sebagai sayuran. Daging buah masak dimakan segar atau sebagai campuran koktail buah. Pepaya dimanfaatkan pula daunnya sebagai sayuran dan pelunak daging. Daun pepaya muda dimakan sebagai lalap (setelah dilayukan dengan air panas) atau dijadikan pembungkus buntel. Oleh orang Manado, bunga pepaya yang diurap menjadi sayuran yang biasa dimakan. Getah pepaya (dapat ditemukan di batang, daun, dan buah) mengandung enzim papain, semacam protease, yang dapat melunakkan daging dan mengubah konformasi protein lainnya. Papain telah diproduksi secara massal dan menjadi komoditas dagang. Daun pepaya juga berkhasiat obat dan perasannya digunakan dalam pengobatan tradisional untuk menambah nafsu makan.

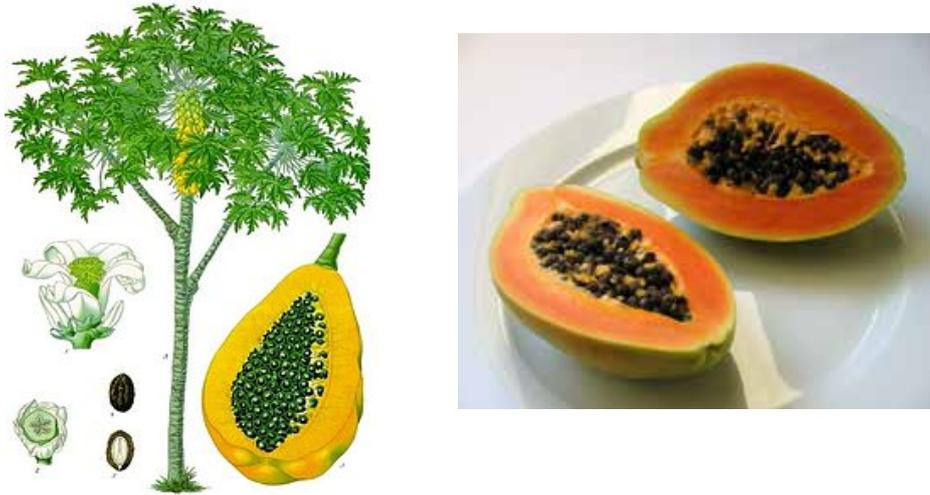
Potensi buah ini cukup besar, terutama disentra-sentra perkebunan buah. Pada saat puncak musim buah, produksi buah ini sangat melimpah. Harga buah turun drastis dan banyak buah-buah afkir yang tidak layak jual.

Sebagai contoh kebun buah pepaya yang ada di kaki gunung Seulawah aceh. Ada ratusan hektar kebun pepaya. Buah-buah yang busuk banyak sekali jumlahnya. Setiap minggu buah pepaya dipetik oleh pedagang buah dimana dalam satu kali panen dapat menghasilkan satu mobil colt. Sedangkan satu hektar kebun buah pepaya bisa sekali atau dua kali panen.

Buah yang tidak layak jual cukup banyak. Diperkirakan ada sekitar 5-10% buah yang tidak layak jual. Jadi jumlahnya cukup melimpah ruah, apalagi di puncak musim panen. (Isroi, 2010)



## Kajian Awal Pembuatan Bioetanol Dari Buah Pepaya Afkir Menggunakan Bakteri *Zymomonas Mobilis* dan *Saccharomyces Cerevisiae* Secara Bersamaan



Gambar 2.1. Pohon Pepaya dan Buah Pepaya

Tabel 2.1. Klasifikasi Ilmiah dari Buah Pepaya

<b>Kerajaan:</b>	Plantae
<b>(tidak termasuk)</b>	Eudicots
<b>(tidak termasuk)</b>	Rosids
<b>Ordo:</b>	Brassicales
<b>Famili:</b>	Caricaceae
<b>Genus:</b>	<i>Carica</i>
<b>Spesies:</b>	<b><i>C. papaya</i></b>

Anonim. 2009. (Online)(<http://id.wikipedia.org/wiki/Pepaya> diakses 16/10/2012)

Tabel 2.2. Hasil Analisa Sample Bahan Baku

<b>Senyawa</b>	<b>Kandungan (%)</b>
Air	86.05
Glukosa	9.68
Pati	2.56

Sumber : Balai Penelitian dan Konsultasi Industri, 5 Nop 2012



## Kajian Awal Pembuatan Bioetanol Dari Buah Pepaya Afkir Menggunakan Bakteri *Zymomonas Mobilis* dan *Saccharomyces Cerevisiae* Secara Bersamaan

---

### 2.2. Bioetanol

**Bahan bakar etanol** adalah etanol (etil alkohol) dengan jenis yang sama dengan yang ditemukan pada minuman beralkohol dengan penggunaan sebagai bahan bakar. Etanol seringkali dijadikan bahan tambahan bensin sehingga menjadi *biofuel*. Produksi etanol dunia untuk bahan bakar transportasi meningkat 3 kali lipat dalam kurun waktu 7 tahun, dari 17 miliar liter pada tahun 2000 menjadi 52 miliar liter pada tahun 2007. Dari tahun 2007 ke 2008, komposisi etanol pada bahan bakar bensin di dunia telah meningkat dari 3.7% menjadi 5.4%. Pada tahun 2010, produksi etanol dunia mencapai angka 22,95 miliar galon AS (86,9 miliar liter), dengan Amerika Serikat sendiri memproduksi 13,2 miliar galon AS, atau 57,5% dari total produksi dunia. Etanol mempunyai nilai "ekuivalensi galon bensin" sebesar 1.500 galon AS.

Etanol digunakan secara luas di Brasil dan Amerika Serikat. Kedua negara ini memproduksi 88% dari seluruh jumlah bahan bakar etanol yang diproduksi di dunia. Kebanyakan mobil-mobil yang beredar di Amerika Serikat saat ini dapat menggunakan bahan bakar dengan kandungan etanol sampai 10%, dan penggunaan bensin etanol 10% malah diwajibkan di beberapa kota dan negara bagian AS. Sejak tahun 1976, pemerintah Brasil telah mewajibkan penggunaan bensin yang dicampur dengan etanol, dan sejak tahun 2007, campuran yang legal adalah berkisar 25% etanol dan 75% bensin (E25). Di bulan Desember 2010 Brasil sudah mempunyai 12 juta kendaraan dan truk ringan bahan bakar fleksibel dan lebih dari 500 ribu sepeda motor yang dapat menggunakan bahan bakar etanol murni (E100).

Bioetanol adalah salah satu bentuk energi terbarui yang dapat diproduksi dari tumbuhan. Bioetanol dapat dibuat dari tanaman-tanaman yang umum, misalnya tebu, kentang, singkong, dan jagung. Telah muncul perdebatan, apakah bioetanol ini nantinya akan menggantikan bensin yang ada saat ini. Kekhawatiran mengenai produksi dan adanya kemungkinan naiknya harga makanan yang disebabkan karena dibutuhkan lahan yang sangat besar, ditambah lagi energi dan polusi yang dihasilkan dari keseluruhan produksi bioetanol, terutama tanaman jagung. Pengembangan terbaru dengan munculnya komersialisasi dan produksi bioetanol selulosa mungkin dapat memecahkan sedikit masalah.



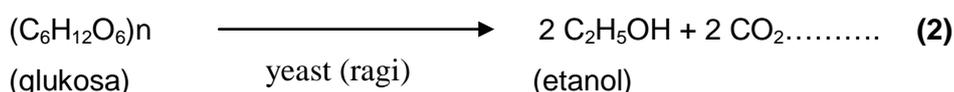
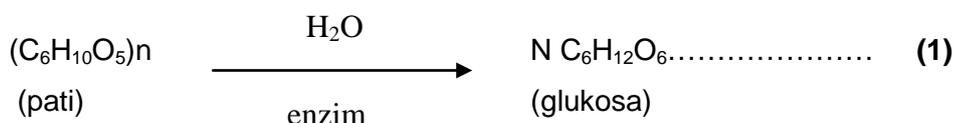
## Kajian Awal Pembuatan Bioetanol Dari Buah Pepaya Afkir Menggunakan Bakteri *Zymomonas Mobilis* dan *Saccharomyces Cerevisiae* Secara Bersamaan

Anonim. 2011. *Bahan Bakar Etanol*. (Online) ([id.wikipedia.org/wiki/Bahan\\_bakar\\_etanol](http://id.wikipedia.org/wiki/Bahan_bakar_etanol)) diakses 16/10/2012 jam 18.12)

### Proses Produksi Bioetanol

Produksi bioetanol (alkohol) dengan bahan baku tanaman yang mengandung pati atau karbohidrat, dilakukan melalui proses konversi karbohidrat menjadi gula (glukosa) larut air. Glukosa dapat dibuat dari pati-patian, proses pembuatannya dapat dibedakan berdasarkan zat pembantu yang dipergunakan, yaitu Hidrolisa asam dan Hidrolisa enzim. Berdasarkan kedua jenis hidrolisa tersebut, saat ini hidrolisa enzim lebih banyak dikembangkan, sedangkan hidrolisa asam (misalnya dengan asam sulfat) kurang dapat berkembang, sehingga proses pembuatan glukosa dari pati-patian sekarang ini dipergunakan dengan hidrolisa enzim. Dalam proses konversi karbohidrat menjadi gula (glukosa) larut air dilakukan dengan penambahan air dan enzim; kemudian dilakukan proses peragian atau fermentasi gula menjadi etanol dengan menambahkan yeast atau ragi.

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



Selain itu bioetanol dapat diproduksi dari bahan baku tanaman yang mengandung pati atau karbohidrat, juga dapat diproduksi dari bahan tanaman yang mengandung selulosa, namun dengan adanya lignin mengakibatkan proses penggulaannya menjadi lebih sulit, sehingga pembuatan bioetanol dari selulosa tidak perlu direkomendasikan. Meskipun teknik produksi bioetanol merupakan teknik yang sudah lama diketahui, namun bioetanol untuk bahan bakar kendaraan memerlukan bioetanol dengan karakteristik tertentu yang memerlukan teknologi yang relatif baru di Indonesia antara lain mengenai neraca energi (*energy balance*) dan efisiensi produksi, sehingga penelitian lebih lanjut mengenai teknologi proses produksi bioetanol masih perlu dilakukan.



## Kajian Awal Pembuatan Bioetanol Dari Buah Pepaya Afkir Menggunakan Bakteri *Zymomonas Mobilis* dan *Saccharomyces Cerevisiae* Secara Bersamaan

### 2.3. *Zymomonas Mobilis*

*Zymomonas mobilis* adalah bakteri yang berbentuk batang, termasuk dalam bakteri garam negatif, tidak membentuk spora, dan merupakan bakteri yang dapat bergerak.

Tabel 2.3. Klasifikasi Ilmiah *Zymomonas Mobilis*

<b>Kerajaan</b>	Bakteri
<b>Filum</b>	Proteobacteria
<b>Kelas</b>	Alpha Proteobacteria
<b>Order</b>	Sphingomonadales
<b>Keluarga</b>	Sphingomonadaceae
<b>Genus</b>	<i>Zymomonas</i>
<b>Spesies</b>	<i>Z. mobilis</i>

Bakteri ini banyak digunakan di perusahaan bioetanol karena menghasilkan kemampuan yang dapat melampaui ragi dalam beberapa aspek. Menurut Gunasekaran, 1999 *Zymomonas Mobilis* memiliki beberapa kelebihan dibandingkan dengan *Sacharomyces Cerevisiae* yaitu:

1. Dapat tumbuh secara anaerob fakultatif (dapat hidup pada kondisi anaerob namun juga toleran terhadap oksigen) serta mempunyai toleransi suhu yang tinggi.
2. Mempunyai kemampuan untuk mencapai konversi yang lebih tinggi.
3. Tahan terhadap kadar etanol yang tinggi dan pH yang rendah.
4. Mampu menghasilkan *yield* etanol 92% dari nilai teoritisnya.

Bakteri ini awalnya terisolasi dari minuman beralkohol seperti tuak Afrika, Meksiko pulque, dan juga sebagai kontaminan dari sari buah apel dan bir di negara-negara Eropa. Suhu optimum proses fermentasi dengan menggunakan *Zymomonas mobilis* adalah pada kisaran pH 4 – 7. Karakteristik menarik *Zymomonas mobilis* adalah bahwa perusahaan membran plasma mengandung hopanoid, senyawa pentasiklik mirip dengan eukariotik sterol. Hal ini memungkinkan untuk memiliki toleransi yang luar biasa untuk kondisi lingkungan yang mengandung etanol sekitar 14 – 15 % (Gunasekaran et al., 1986).



## Kajian Awal Pembuatan Bioetanol Dari Buah Pepaya Afkir Menggunakan Bakteri *Zymomonas Mobilis* dan *Saccharomyces Cerevisiae* Secara Bersamaan

---

Anaerob fakultatif dapat mempertahankan hidup dengan atau tanpa oksigen, meskipun efisiensi metabolisme mereka sering dikurangi dalam ketiadaan oksigen. Anaerob Aerotolerant suka kondisi anaerob, namun dapat mentolerir oksigen karena mereka memiliki beberapa bentuk enzim yang mendetoksifikasi bentuk beracun oksigen ini.

Beberapa aspek yang mempengaruhi anaerob fakultatif, antara lain :

1. Pengaruh oksigen dalam pertumbuhan : dapat tumbuh pada kondisi aerobik dan anaerobik, pertumbuhan yang lebih baik jika tersedia oksigen
2. Penjelasan pola pertumbuhan : pertumbuhan terbaik di mana terdapat banyak oksigen dan bakteri menyebar pada seluruh media.
3. Penjelasan pengaruh oksigen : adanya racun yang terkandung dalam oksigen dapat dinetralkan oleh enzim katalase dan SOD (superoxide dismutase).

Dalam kondisi anaerob, *Zymomonas mobilis* menghasilkan produk samping seperti aseton, gliserol, asetat, dan laktat, yang mengakibatkan berkurangnya produksi etanol dari glukosa. Selama pertumbuhan *Zymomonas. mobilis* di fruktosa, pembentukan aseton, asam asetat, dan asetaldehid lebih jelas terbentuk daripada di glukosa.

### 2.4. Fermentasi

**Fermentasi** adalah proses produksi energi dalam sel dalam keadaan anaerobik (tanpa oksigen). Secara umum, fermentasi adalah salah satu bentuk respirasi anaerobik, akan tetapi, terdapat definisi yang lebih jelas yang mendefinisikan fermentasi sebagai respirasi dalam lingkungan anaerobik dengan tanpa akseptor elektron eksternal.

Gula adalah bahan yang umum dalam fermentasi. Beberapa contoh hasil fermentasi adalah bioetanol, asam laktat, dan hidrogen. Akan tetapi beberapa komponen lain dapat juga dihasilkan dari fermentasi seperti asam butirat dan aseton. Ragi dikenal sebagai bahan yang umum digunakan dalam fermentasi untuk menghasilkan etanol dalam bir, anggur dan minuman beralkohol lainnya

#### Fermentasi alkohol

Fermentasi alkohol merupakan suatu reaksi perubahan glukosa menjadi etanol (etil alkohol) dan karbondioksida. Organisme yang berperan yaitu *Saccharomyces cerevisiae* (ragi) untuk pembuatan tape, roti atau minuman keras. Reaksi Kimia:





## Kajian Awal Pembuatan Bioetanol Dari Buah Pepaya Afkir Menggunakan Bakteri *Zymomonas Mobilis* dan *Saccharomyces Cerevisiae* Secara Bersamaan

---

Anonim. 2012. *Fermentasi (Online)* (<http://id.wikipedia.org/wiki/Fermentasi> diakses 16/10/12)

Fermentasi alkohol dipengaruhi oleh beberapa faktor, diantaranya:

a. Spesies sel khamir

Sel khamir yang biasa digunakan dalam fermentasi alkohol adalah galur-galur dari species *Sacharomyces cerevisiae*. Jika digunakan serum susu (whey) sebagai substrat, perlu digunakan khamir seperti *Kluyveromyces fragilis* dan *Candida pseudotropicalis* yang mampu memefermenatsi laktosa.

b. Jumlah sel khamir

Menurut Said(1987) dalam Rizky(2009), jumlah starter optimum pada fermentasi alkohol adalah 2-5%(v/v)

c. Konsentrasi gula

Bahan baku pembuatan cuka dengan kandungan gula tinggi harus diencerkan terlebih dahulu hingga kandungan gulanya mencapai 10-15%(b/v). menambahkan, sebelum digunakan sebagai bahan baku untuk memproduksi cuka sari buah yang diekstrak dari buah-buahan perlu dipekatkan terlebih dahulu atau ditambahkan gula(sukrosa) sampai kandungan gulanya mencapai 10-25%(b/v)

d. Derajat keasaman (pH)

Yeast dapat tumbuh pada kisaran pH 4-4,5.

e. Suhu

Yeast aktif pada kisaran suhu 0-50°C sedangkan suhu optimum pertumbuhan dan aktivitasnya selnya adalah 28-35°C

f. Oksigen

Selama fermentasi alkohol berlangsung, diperlukan sedikit oksigen yaitu sekitar 0,05-0,10 mmHg tekanan oksigen, yang diperlukan sel khamir untuk biosintesa lemak tak jenuh dan lipid. Jumlah oksigen yang lebih tinggi dapat merangsang pertumbuhan sel khamir, sehingga produktivitasnya alkohol menjadi lebih rendah.

Rizky. 2012 . Dasar – dasar Fermentasi. (Online)

(<http://lordbroken.wordpress.com/2009/12/29/dasar-dasar-fermentasi/> diakses 16/10/12)

### 2.5. Landasan Teori

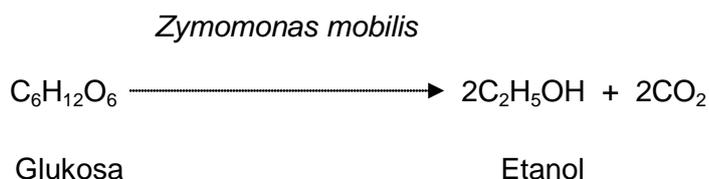
Kadar glukosa dari buah pepaya afkir dapat diubah menjadi bioetanol dengan proses fermentasi. Bioetanol yang dihasilkan dari proses fermentasi biasanya menghasilkan kadar



## Kajian Awal Pembuatan Bioetanol Dari Buah Pepaya Afkir Menggunakan Bakteri *Zymomonas Mobilis* dan *Saccharomyces Cerevisiae* Secara Bersamaan

yang masih rendah. Untuk mempertinggi kadar bioetanol sering kali hasil fermentasi di distilasi.

Proses fermentasi yaitu perubahan glukosa menjadi bioetanol dengan reaksi sebagai berikut :



Salah satu cara yang banyak digunakan di dunia industri untuk mendapatkan bioetanol yaitu dengan proses fermentasi dengan memanfaatkan kemampuan mikroorganisme. Mikroorganisme yang digunakan untuk memproduksi bioetanol pada penelitian ini yaitu bakteri *Zymomonas mobilis*, karena memiliki kemampuan untuk mencapai konversi yang lebih tinggi, tahan terhadap kadar bioetanol yang tinggi dan pH yang rendah. Bakteri ini mampu menghasilkan *yield* etanol 92% dari nilai teoritisnya. Suhu optimum untuk bakteri ini pada kisaran 28 °C – 30 °C dan pada pH 4 – 7 (Gunasekaran, 1999). Bioetanol hasil dari fermentasi di distilasi untuk mendapatkan kadar bioetanol yang lebih tinggi pada suhu 80 °C.

Metode analisa yang digunakan pada penelitian ini adalah :

a. Perhitungan Kadar Glukosa

Dengan menggunakan metode **Luff-Schoorl** maka **besar kadar Glukosa yang terkandung dalam sample akan dapat diketahui.**

b. Perhitungan Kadar Alkohol

Untuk mengetahui besar kadar alkohol yang terkandung dalam sample digunakan metode berat jenis. Mula-mula sample di destilasi dengan volume sample 500 ml. Destilat kemudian ditimbang dengan menggunakan picnometer. Picnometer kosong ditimbang dalam keadaan bersih dan kering (a gram). Dan picnometer yang telah diisi sample (b gram). Serta volume picnometer (c ml) :

$$\rho \text{ sample} = \frac{b - a}{c}$$



## Kajian Awal Pembuatan Bioetanol Dari Buah Pepaya Afkir Menggunakan Bakteri *Zymomonas Mobilis* dan *Saccharomyces Cerevisiae* Secara Bersamaan

---

Sehingga diperoleh r sample dengan satuan gr/ml. Hasil dari perhitungan tersebut kemudian di lihat pada tabel densitas larutan organik untuk mengetahui kadar alkoholnya.

### 2.6. Hipotesis

Buah pepaya afkir yang mengandung kadar gula memiliki kemungkinan dalam menghasilkan bioetanol. Proses fermentasi dengan variasi dosis inokulum dan waktu juga akan mempengaruhi besarnya kadar etanol yang dihasilkan.



**Kajian Awal Pembuatan Bioetanol Dari Buah Pepaya Afkir  
Menggunakan Bakteri *Zymomonas Mobilis* dan  
*Saccharomyces Cerevisiae* Secara Bersamaan**

---

**BAB III**

**METODE PENELITIAN**

**3.1. Bahan – Bahan yang Digunakan**

1. Buah pepaya afkir dari pasar buah sekitar Surabaya
2. *Zymomonas mobilis* dari laboratorium mikrobiologi Universitas Airlangga
3.  $MgSO_4 \cdot 7H_2O$  dibeli di toko kimia “Brataco”
4.  $(NH_4)_2SO_4$  dibeli di toko kimia “Brataco”
5.  $KH_2PO_4$  dibeli di toko kimia “Brataco”
6. Glukosa dibeli di toko kimia “Brataco”
7. Air
8. Pepton
9. Agar – agar
10. Ekstrak daging

**3.2 Alat – Alat yang Digunakan**

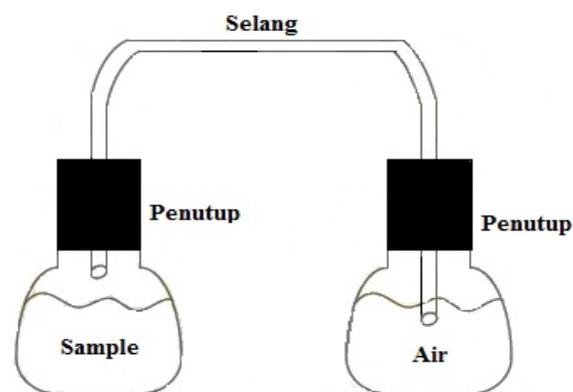
1. Seperangkat alat fermentasi yang terdiri dari :
  - a. Galon kapasitas 6 liter
  - b. Selang plastik
  - c. Plastisin (malam)
2. Seperangkat alat destilasi yang terdiri dari :
  - a. Labu leher dua 500ml
  - b. Termometer
  - c. Statif dan klem
  - d. Pemanas
  - e. Kondensor
  - f. Selang plastik
  - g. Adapter
  - h. Erlenmeyer 100 ml
3. Ose
4. Blender
5. Gelas ukur 1000 ml
6. Neraca analitik



## Kajian Awal Pembuatan Bioetanol Dari Buah Pepaya Afkir Menggunakan Bakteri *Zymomonas Mobilis* dan *Saccharomyces Cerevisiae* Secara Bersamaan

7. Erlenmeyer 500 ml
8. Beaker glass
9. Pipet volumetrik
10. Termometer
11. Kain
12. Eksikator

### 3.3 Gambar Rangkaian Alat



Gambar 3.1. Rangkaian Alat Fermentasi

### 3.4 Variabel Penelitian

#### 3.4.1 Variabel yang Dijalankan

1. Waktu fermentasi (hari) : 3,5,7,9,11
2. Starter *Zymomonas mobilis* (% v/v) : 7,9,11,13,15

#### 3.4.2 Variabel yang Ditetapkan

1. Volume bahan awal fermentasi : 5 liter
2. Suhu fermentasi : 27°C – 32°C

### 3.5 Prosedur Penelitian

#### 1. Persiapan Alat

Alat-alat yang akan digunakan dalam penelitian ini harus dibersihkan dengan air terlebih dahulu kemudian disterilisasi.

#### 2. Persiapan Bahan Baku

- a. Bersihkan buah pepaya dari kotoran – kotoran.

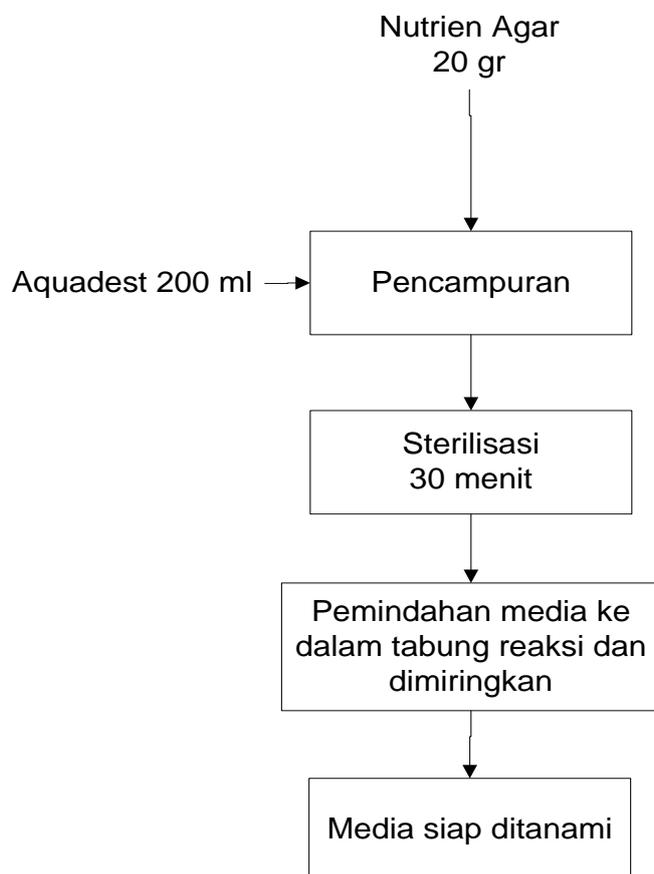


## Kajian Awal Pembuatan Bioetanol Dari Buah Pepaya Afkir Menggunakan Bakteri *Zymomonas Mobilis* dan *Saccharomyces Cerevisiae* Secara Bersamaan

- b. Pisahkan buah pepaya dari isinya.
- c. Hancurkan buah pepaya dengan menggunakan blender.
- d. Analisa kadar gula buah pepaya yang telah dihancurkan.
- e. Masukkan ke dalam galon fermentasi.

### 3. Proses Pembuatan Media Nutrient Agar

- a. Nutrient agar sebanyak 20 gr dan aquadest 200 ml dimasukkan kedalam erlenmeyer / beaker gelas, lalu dipanaskan sampai larut semua.
- b. Sterilkan dengan sinar ultraviolet selama 30 menit
- c. Pindahkan dalam petridist yang steril, lalu tabung dimiringkan.
- d. Media padat dalam tabung siap ditanami.



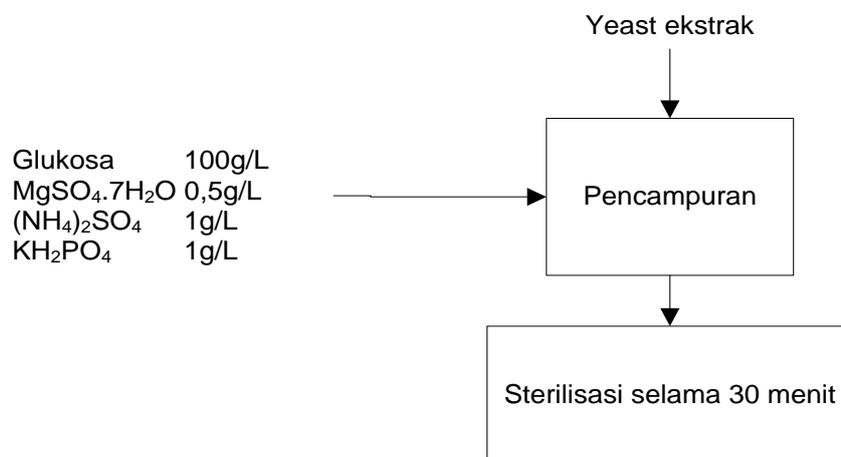
Gambar 3.2. Diagram Alir Pembuatan Media Nutrient Agar



## Kajian Awal Pembuatan Bioetanol Dari Buah Pepaya Afkir Menggunakan Bakteri *Zymomonas Mobilis* dan *Saccharomyces Cerevisiae* Secara Bersamaan

### 4. Pembuatan Media Cair untuk Pembiakkan Kultur

- Media dan bahan-bahan nutrisi dimasukkan ke dalam erlenmeyer dengan komposisi sebagai berikut :
  - 10 g/L ekstrak ragi
  - 100 g/L glukosa
  - 0,5 g/L  $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$
  - 1 g/L  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$
  - 1 g/L  $\text{KH}_2\text{PO}_4$
- Aduk bahan-bahan tersebut hingga bercampur.
- Erlenmeyer berisi media yang telah dibuat ditutup dengan menggunakan penutup kapas yang dilapisi dengan aluminium foil.
- Sterilkan dengan sinar ultraviolet selama 30 menit



Gambar 3.3. Diagram Alir Pembuatan Media Cair untuk Pembiakkan Kultur



## Kajian Awal Pembuatan Bioetanol Dari Buah Pepaya Afkir Menggunakan Bakteri *Zymomonas Mobilis* dan *Saccharomyces Cerevisiae* Secara Bersamaan

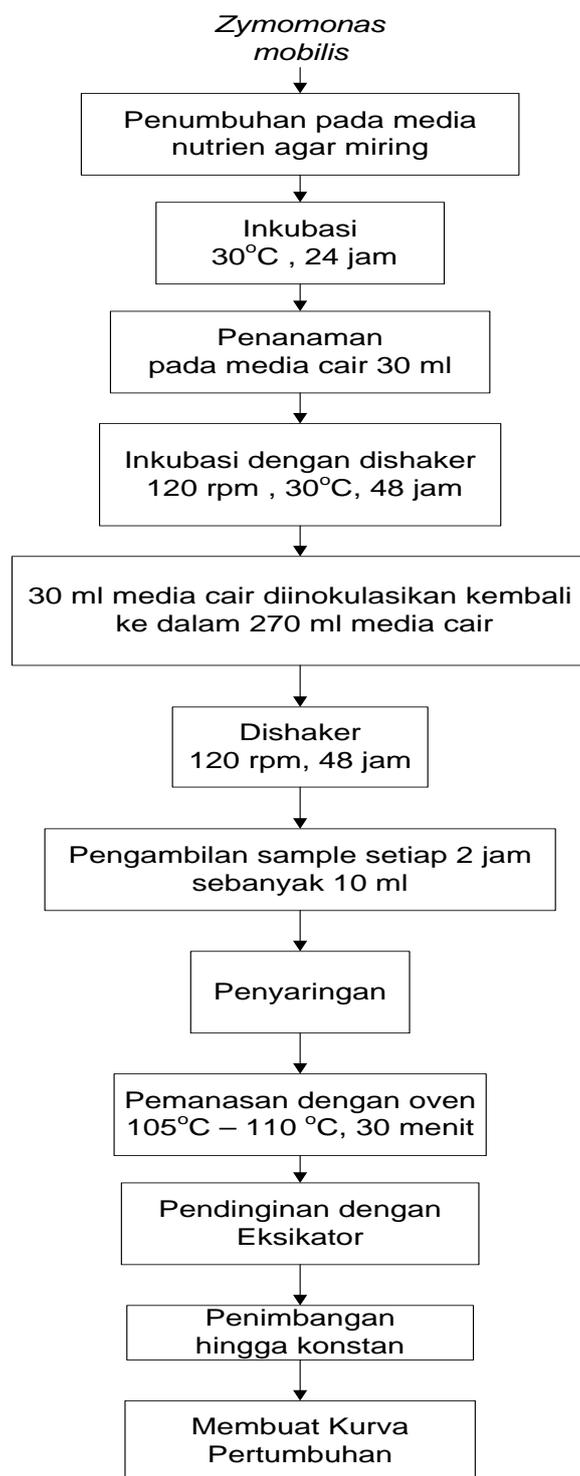
---

### 5. Persiapan untuk Pengukuran Kurva Pertumbuhan *Zymomonas mobilis*.

1. *Zymomonas mobilis* ditumbuhkan pada media nutrisi agar miring.
2. Media yang telah diinokulasi ini kemudian diinkubasi pada suhu 30°C selama 24 jam.
3. Ambil tiga ose sel *Zymomonas mobilis* dari agar miring kemudian dimasukkan ke dalam 30 ml larutan media cair.
4. Inkubasikan selama 48 jam dengan dishaker pada kecepatan 120 rpm dan suhu 30°C.
5. Ambil 30 ml media cair yang telah diinkubasi selanjutnya diinokulasikan kembali ke dalam 270 mL media cair dan dishaker 120 rpm selama 48 jam.
6. Setiap 2 jam sekali diambil sample ( contoh ) untuk dianalisa sel keringnya ( sebentar – sebentar dikocok / dishaker ).
7. Analisa sel keringnya dengan cara sebagai berikut:  
Ambil sample setiap 2 jam sekali sebanyak 10 ml, lalu disaring, kemudian dioven pada suhu 105°C – 110°C selama 30 menit, lalu dimasukkan ke eksikator. Setelah dingin ditimbang, kemudian dioven lagi dan seterusnya sampai beratnya konstan.
8. Setelah selesai percobaan. Buat kurva pertumbuhannya. (Kim dkk, 1991).



## Kajian Awal Pembuatan Bioetanol Dari Buah Pepaya Afkir Menggunakan Bakteri *Zymomonas Mobilis* dan *Saccharomyces Cerevisiae* Secara Bersamaan



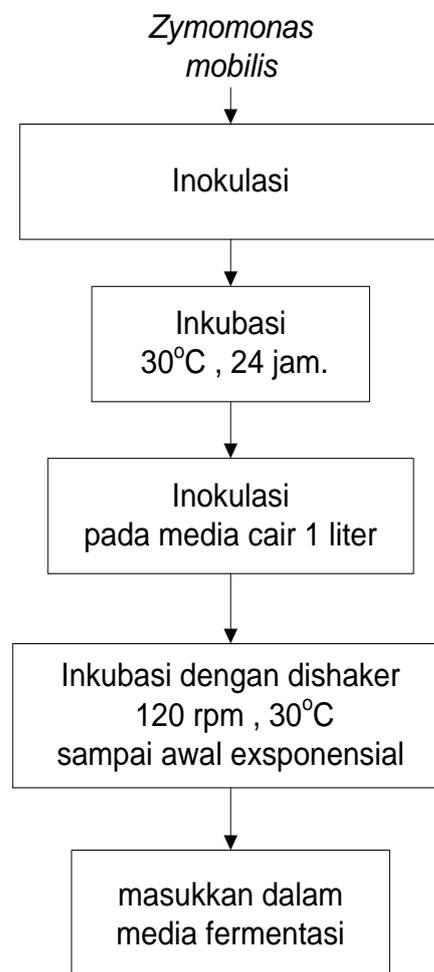
Gambar 3.4. Diagram Alir Persiapan untuk Pengukuran Kurva Pertumbuhan *Zymomonas mobilis*.



## Kajian Awal Pembuatan Bioetanol Dari Buah Pepaya Afkir Menggunakan Bakteri *Zymomonas Mobilis* dan *Saccharomyces Cerevisiae* Secara Bersamaan

### 6. Pembuatan Starter Untuk Proses Fermentasi

- Zymomonas mobilis* ditumbuhkan pada media nutrisi agar miring.
- Media yang telah diinokulasi ini kemudian diinkubasi pada suhu 30°C selama 24 jam.
- Ambil satu ose sel *Zymomonas mobilis* dari agar miring kemudian dimasukkan ke dalam 1 liter larutan media cair.
- Inkubasi dengan dishaker pada kecepatan 120 rpm dan suhu 30°C, sampai awal eksponensial kemudian masukkan dalam media fermentasi.



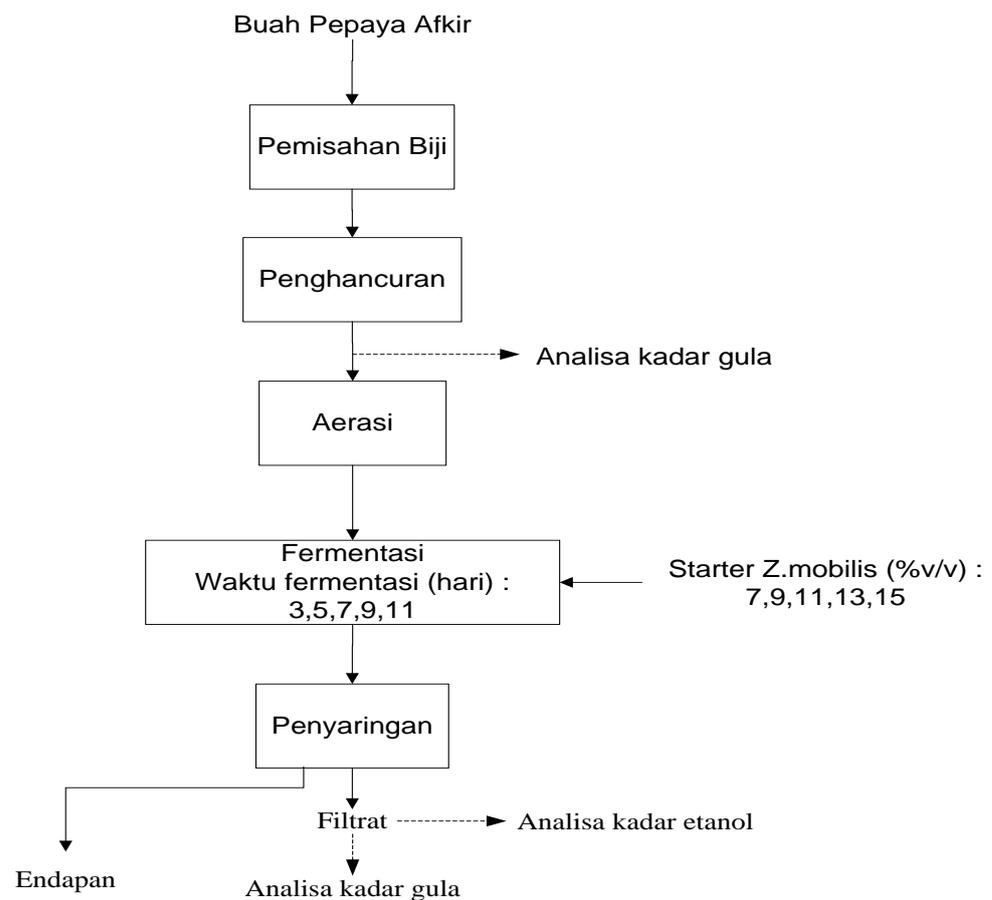
Gambar 3.5. Diagram Alir Pembuatan Starter untuk Fermentasi



## Kajian Awal Pembuatan Bioetanol Dari Buah Pepaya Afkir Menggunakan Bakteri *Zymomonas Mobilis* dan *Saccharomyces Cerevisiae* Secara Bersamaan

### 7. Proses Fermentasi

- Buah pepaya afkir dipisahkan dari bijinya.
- Buah pepaya afkir tanpa biji di masukkan kedalam blender untuk dihancurkan.
- Aerasi selama 1 jam pada buah pepaya afkir yang telah dihancurkan tersebut.
- Masukkan starter *Zymomonas mobilis* sesuai dengan variabel yang telah ditentukan.
- Tutup botol fermentasi hingga rapat dan gas dialirkan kedalam botol lain yang berisi air.
- Lakukan proses fermentasi sesuai dengan variabel waktu fermentasi yaitu 3, 5, 7, 9 dan 11 hari pada suhu fermentasi.
- Ambil dan saring hasil fermentasi untuk dianalisa kadar etanolnya.



Gambar 3.6. Diagram Alir Proses Fermentasi



## Kajian Awal Pembuatan Bioetanol Dari Buah Pepaya Afkir Menggunakan Bakteri *Zymomonas Mobilis* dan *Saccharomyces Cerevisiae* Secara Bersamaan

### BAB IV

#### HASIL DAN PEMBAHASAN

##### 4.1 Hasil

Seluruh hasil analisa dari proses fermentasi pembuatan bioetanol dari buah pepaya afkir ini dianalisa di Balai Penelitian dan Konsultasi Industri Surabaya (BPKI) dengan metode Luff Schroll.

##### 4.1.1 Analisa Bahan Baku

Hasil analisa bahan baku dari buah pepaya afkir adalah sebagai berikut :

Tabel 4.1. Hasil Analisa Buah Pepaya Afkir

Nama Sample	Kadar glukosa
Buah Pepaya Afkir	9,15%

##### 4.1.2 Pengukuran Kurva Pertumbuhan

Untuk mengetahui kurva pertumbuhan bakteri *Zymomonas mobilis* dilakukan analisa selama 48 jam, dan didapatkan data sebagai berikut :

Tabel 4.2. Hasil Pengukuran Kurva Pertumbuhan Bakteri *Zymomonas Mobilis*

Pengamatan Jam Ke	Massa Bakteri (gram)
0	0,0003
2	0,0099
4	0,0475
6	0,1848
8	0,2738
10	0,3212
12	0,3361

Pengamatan Jam Ke	Massa Bakteri (gram)
14	0,3365
16	0,3358
18	0,3355
20	0,3343
22	0,3332
24	0,3313
26	0,3253



**Kajian Awal Pembuatan Bioetanol Dari Buah Pepaya Afkir  
Menggunakan Bakteri *Zymomonas Mobilis* dan  
*Saccharomyces Cerevisiae* Secara Bersamaan**

Pengamatan Jam Ke	Massa Bakteri (gram)	Pengamatan Jam Ke	Massa Bakteri (gram)
28	0,2909	40	0,1810
30	0,2653	42	0,1680
32	0,2467	44	0,1595
34	0,2417	46	0,1295
36	0,2208	48	0,0642
38	0,1910	50	0,0325

#### 4.1.3 Analisa Kadar Bioetanol Pada Proses Fermentasi

Proses fermentasi berlangsung selama variabel waktu yang ditentukan dan variabel jumlah starter. Setelah proses fermentasi berlangsung di dapat kadar bioetanol sebagai berikut:

Tabel 4.3 Hasil Analisa Kadar Bioetanol Setelah Proses Fermentasi

STARTER (%)	WAKTU FERMENTASI (HARI)	KADAR BIOETANOL (%)
7	3	2,05
	5	3,91
	7	4,74
	9	6,29
	11	5,86
9	3	2,34
	5	4,26
	7	4,97
	9	6,72
	11	6,38
11	3	2,85
	5	4,75



**Kajian Awal Pembuatan Bioetanol Dari Buah Pepaya Afkir  
Menggunakan Bakteri *Zymomonas Mobilis* dan  
*Saccharomyces Cerevisiae* Secara Bersamaan**

STARTER (%)	WAKTU FERMENTASI (HARI)	KADAR BIOETANOL (%)
11	7	5,76
	9	7,14
	11	7,57
13	3	2,96
	5	4,92
	7	6,5
	9	7,85
	11	7,6
15	3	3,31
	5	5,24
	7	7,73
	9	8,93
	11	7,89

#### 4.1.4 Analisa Kadar Glukosa Sisa Setelah Proses Fermentasi

Proses fermentasi berlangsung selama variabel waktu yang ditentukan dan variabel jumlah starter. Setelah proses fermentasi berlangsung di dapat kadar glukosa sisa sebagai berikut:

Tabel 4.4 Hasil Analisa Kadar Glukosa Sisa Setelah Proses Fermentasi

STARTER (%)	WAKTU FERMENTASI (HARI)	KADAR GLUKOSA SISA (%)
7	3	8,73
	5	7,37
	7	6,25
	9	4,75
	11	4,26
9	3	8,44
	5	6,68



Kajian Awal Pembuatan Bioetanol Dari Buah Pepaya Afkir  
Menggunakan Bakteri *Zymomonas Mobilis* dan  
*Saccharomyces Cerevisiae* Secara Bersamaan

STARTER (%)	WAKTU FERMENTASI (HARI)	KADAR GLUKOSA SISA (%)
9	7	5,81
	9	4,06
	11	2,6
11	3	7,93
	5	6,48
	7	4,7
	9	2,93
	11	2,58
13	3	7,82
	5	5,86
	7	4,28
	9	2,64
	11	2,3
15	3	7,47
	5	6,32
	7	3,85
	9	2,17
	11	1,07

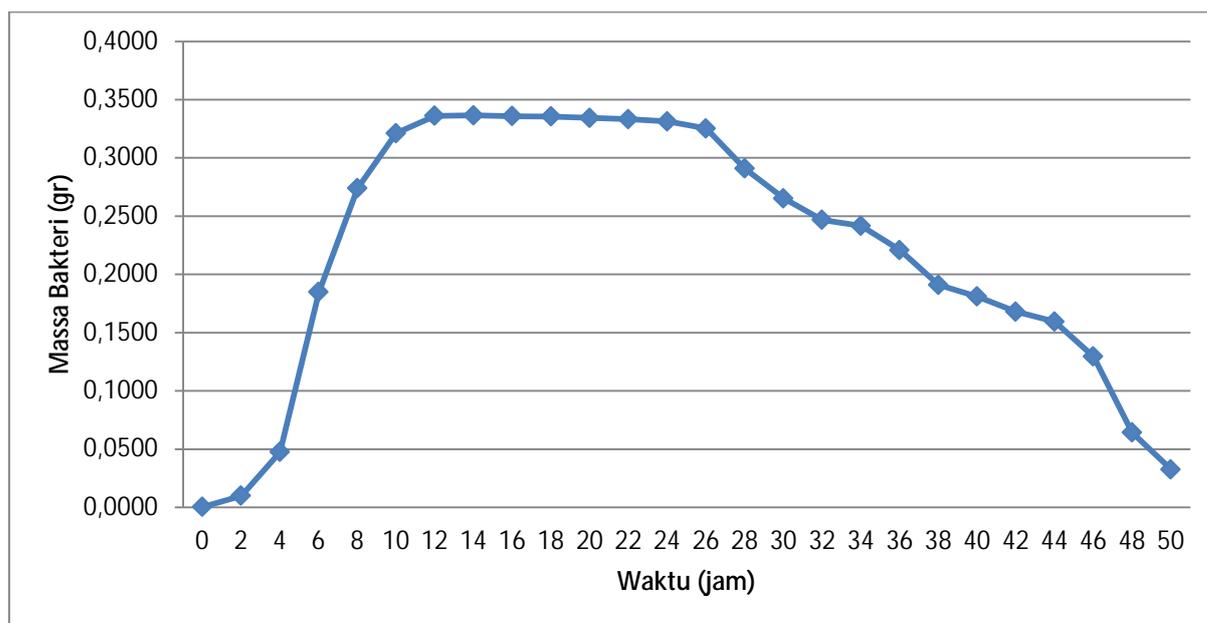


## Kajian Awal Pembuatan Bioetanol Dari Buah Pepaya Afkir Menggunakan Bakteri *Zymomonas Mobilis* dan *Saccharomyces Cerevisiae* Secara Bersamaan

### 4.2 Pembahasan

Dari hasil analisa yang didapat, maka diperlukan pembahasan yang lebih mendetail agar dapat diambil kesimpulan pada setiap tahapan proses.

#### 4.2.1 Kurva Pertumbuhan Bakteri *Zymomonas mobilis* Pada Starter



Gambar 4.1 Kurva pertumbuhan bakteri *Zymomonas mobilis* Pada Starter

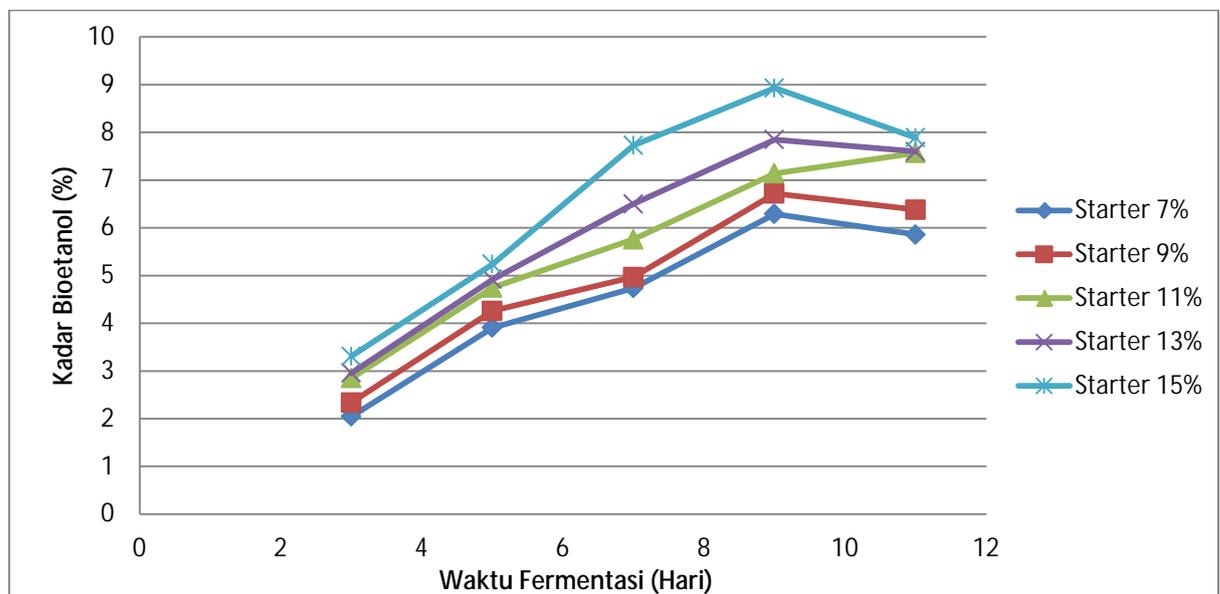
Kurva pertumbuhan bakteri merupakan korelasi antara peningkatan jumlah sel terhadap waktu inkubasi. Kurva pertumbuhan bakteri dapat digunakan untuk menggambarkan tahap-tahap dari siklus pertumbuhan bakteri. Kurva juga memudahkan pengukuran jumlah sel dan kecepatan pertumbuhan dari organisme pada kondisi yang distandarkan sebagai waktu generasi, yaitu waktu yang dibutuhkan oleh mikroba untuk mengganda. Fungsi dari kurva pertumbuhan ini adalah mencari fase log dimana bakteri mulai mengalami perkembangan yang sangat cepat sehingga bakteri pada saat itu siap untuk diumpankan ke dalam fermentor. Pada Gambar 4.1 menunjukkan bahwa kurva pertumbuhan bakteri *Zymomonas mobilis* mengalami empat fase diantaranya fase lag dimana bakteri menyesuaikan diri dengan substrat dan kondisi lingkungan di sekitarnya yaitu pada jam ke 0 - 2. Kemudian dilanjutkan dengan fase log yaitu pada jam ke 2 sampai 12 dimana pada fase ini bakteri berkembang dengan sangat cepat. Setelah itu



## Kajian Awal Pembuatan Bioetanol Dari Buah Pepaya Afkir Menggunakan Bakteri *Zymomonas Mobilis* dan *Saccharomyces Cerevisiae* Secara Bersamaan

pada jam ke 12 – 26 terjadi fase stasioner. Pada fase ini jumlah populasi sel tetap karena jumlah sel yang tumbuh sama dengan jumlah sel yang mati. Ukuran sel pada fase ini lebih kecil karena sel tetap membelah meskipun zat nutrisi sudah habis. Dan waktu selanjutnya merupakan fase kematian. Pada fase ini sebagian populasi jasad renik mulai mengalami kematian karena beberapa sebab antara lain nutrisi di dalam medium sudah habis, energi cadangan di dalam sel habis. Sehingga berdasarkan data yang diperoleh, waktu yang terbaik untuk memasukkan starter ke dalam buah pepaya afkir yaitu pada jam ke 2. Hal ini dikarenakan pada waktu tersebut bakteri *Zymomonas mobilis* mulai tumbuh dan siap untuk mengkonversi glukosa menjadi bioetanol.

### 4.2.2 Hasil Proses Fermentasi



Gambar 4.2 Hubungan antara Waktu Fermentasi terhadap Kadar Bioetanol

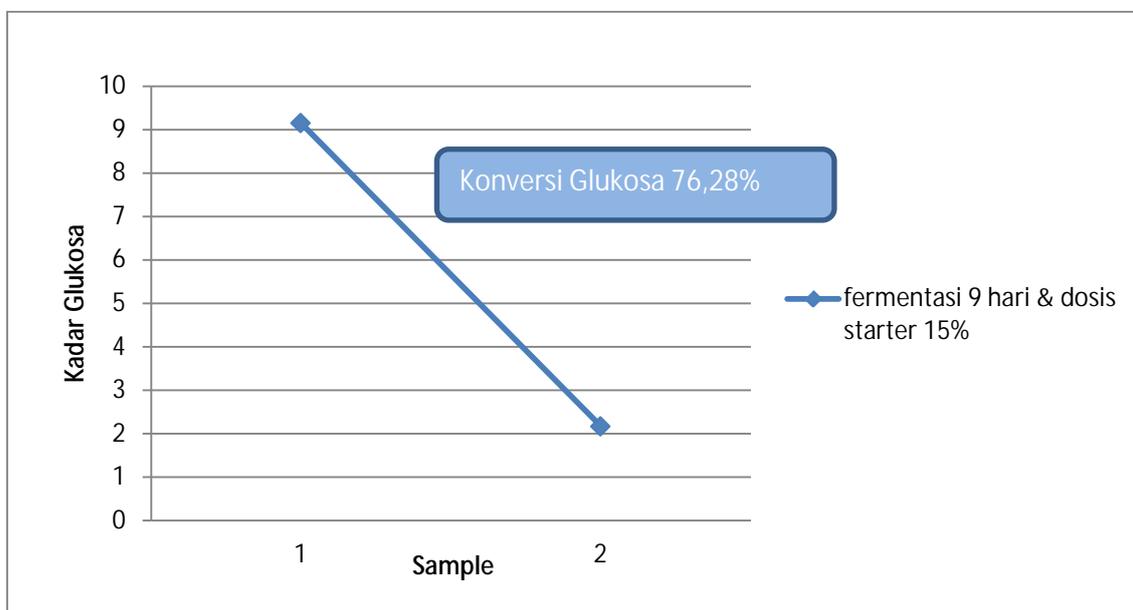
Pada proses fermentasi buah pepaya afkir dengan inokulum *Zymomonas mobilis* ini didapatkan kondisi terbaik ketika fermentasi berlangsung di hari ke 9 dengan dosis starter 15% dan didapat kadar alkohol sebesar 8,93%. Kondisi tersebut memperlihatkan bahwa kadar bioetanol semakin besar sesuai dengan bertambahnya waktu fermentasi, tetapi pada hari ke 11 terjadi penurunan kadar bioetanol. Hal ini disebabkan karena bakteri *Zymomonas mobilis* sudah mengalami fase kematian akibat tidak ada penambahan nutrisi sehingga produksi bioetanol menjadi semakin menurun.



## Kajian Awal Pembuatan Bioetanol Dari Buah Pepaya Afkir Menggunakan Bakteri *Zymomonas Mobilis* dan *Saccharomyces Cerevisiae* Secara Bersamaan

Hubungan dosis starter dengan kadar bioetanol yang dihasilkan juga linier. Semakin tinggi dosis starter maka kadar bioetanol yang dihasilkan semakin tinggi. Dari kadar bioetanol yang didapat pada kondisi terbaik tersebut didapatkan yield sebesar 49,35%. Namun pada penelitian ini, terjadi kesalahan akibat tidak adanya patokan mengenai kurva pertumbuhan bakteri. Dimana pada penelitian ini, kurva pertumbuhan bakteri hanya mampu tumbuh hingga 48 jam. Sehingga ada kesalahan dalam analisa proses fermentasi yang seharusnya hubungan antara waktu fermentasi dengan kadar bioetanol terjadi pada hari ke 0 – hari ke 2.

### 4.2.3 Konversi Gula Menjadi Bioetanol



Gambar 4.3 Konversi Glukosa pada kondisi terbaik fermentasi

(starter 15 % dan waktu 9 hari)

Kadar gula awal yang di dapat setelah analisa yaitu 9,15%. Pada kondisi terbaik proses fermentasi terdapat pada konsentrasi starter 15 % dan waktu 9 hari, menghasilkan kadar glukosa sisa sebesar 2,17 %. Sehingga konversi glukosa pada kondisi terbaik ini sebesar 76,28 %.



## Kajian Awal Pembuatan Bioetanol Dari Buah Pepaya Afkir Menggunakan Bakteri *Zymomonas Mobilis* dan *Saccharomyces Cerevisiae* Secara Bersamaan

---

### 4.2.4 Kajian Bioetanol

Dari proses destilasi yang dilakukan terhadap kaldu fermentasi rata – rata diperoleh kadar bioetanol maksimum sebesar 16,038% dengan menggunakan umpan sebesar 5,541%. Sedangkan untuk kaldu fermentasi pada kondisi terbaik diperoleh kadar bioetanol maksimum sebesar 23,475% dengan menggunakan umpan sebesar 8,93%.



## Kajian Awal Pembuatan Bioetanol Dari Buah Pepaya Afkir Menggunakan Bakteri *Zymomonas Mobilis* dan *Saccharomyces Cerevisiae* Secara Bersamaan

---

### BAB V

#### KESIMPULAN DAN SARAN

##### 5.1 Kesimpulan

1. Buah pepaya afkir yang cacat fisik dan terlalu matang dipasar dapat dimanfaatkan sebagai alternatif pembuatan bioetanol dengan inokulum *Zymomonas mobilis* dengan kadar gula rata – rata sebesar 9,15%.
2. Pada kondisi terbaik proses fermentasi yaitu pada hari ke 9 dan dosis starter 15% diperoleh kadar bioetanol kaldu fermentasi sebesar 8,93% dan hasil bioetanol maksimum setelah destilasi sebesar 23,475%, sedangkan kadar bioetanol rata – rata dari kaldu fermentasi sebesar 5,541% dan diperoleh hasil bioetanol setelah destilasi sebesar 16,038%.
3. Pada proses fermentasi kondisi terbaik didapatkan yield bioetanol sebesar 49,35 % dengan konversi gula sebanyak 76,28%.

##### 5.2 Saran

1. Pada pemilihan buah pepaya afkir disarankan untuk tidak memilih buah pepaya yang terlalu busuk. Karena bakteri pada buah pepaya yang telah membusuk dapat mempengaruhi proses fermentasi.
2. Diharapkan untuk penelitian selanjutnya menggunakan alat shaker untuk mengukur kurva pertumbuhan agar diperoleh hasil yang lebih baik lagi.
3. Diharapkan pada penelitian selanjutnya menggunakan alat vinometer untuk mengukur kadar alkohol setelah proses fermentasi.
4. Diharapkan pada peneliti selanjutnya perlu melakukan optimasi pada proses destilasi untuk mendapatkan kadar etanol yang lebih tinggi.
5. Diharapkan pada penelitian selanjutnya mencari kurva pertumbuhan pada saat proses fermentasi.
6. Diharapkan pada penelitian selanjutnya menggunakan bakteri *Zymomonas mobilis* saja.

## DAFTAR PUSTAKA

- Anonim. 2009. *Buah Pepaya*. (Online) (<http://id.wikipedia.org/wiki/Pepaya> diakses 16/10/2012)
- Anonim. 2011. *Bahan Bakar Etanol*. (Online) ([id.wikipedia.org/wiki/Bahan\\_bakar\\_etanol](http://id.wikipedia.org/wiki/Bahan_bakar_etanol) diakses 16/10/2012)
- Faizah, N., dan Hadi, W. 2011. *Pengaruh Penggunaan Bakteri Zymomonas mobilis dan Ragi tape Untuk Fermentasi Dalam Pembuatan Bioetanol Dari Sampah Buah Tomat*. Teknik Lingkungan ITS Sukolilo, Surabaya
- Gunasekaran, P. and Raj, K. C. 1999. *Ethanol Fermentation Technology – Zymomonas mobilis*. Current Science. Vol. 77, #1, 56-68 diambil dari Ghani Arasyid dkk, (Online) (<http://digilib.its.ac.id/public/ITS-Undergraduate-12522-Paper.pdf> diakses 16 oktober 2012)
- Isroi. 2010. *Membuat Bioetanol dari Limbah Buah – buahan*. (Online) (<http://isroi.com/2010/06/14/membuat-bioetanol-dari-limbah-buah-buahan/> diakses 16 Oktober 2012)
- Mushlihah, S dan Herumurti, W, 2011 “*Pengaruh pH Dan Konsentrasi Zymomonas Mobilis Untuk Produksi Etanol Dari Sampah Buah Jeruk*” Teknik Lingkungan ITS Sukolilo, Surabaya
- Negara A.K. 2011. *Kebutuhan akan Minyak Bumi Dunia Meningkat*. (Online) ([URL:http://www.alpensteel.com/article/53-101-energi-terbarukan--renewable-energy/2846--kebutuhan-akan-minnyak-bumi-dunia-meningkat.html](http://www.alpensteel.com/article/53-101-energi-terbarukan--renewable-energy/2846--kebutuhan-akan-minnyak-bumi-dunia-meningkat.html)), diakses 2011/08/20)
- Prasetyo Ari. K., dan Hadi, W. 2011. *Pembuatan Etanol Dari Sampah Pasar Melalui Proses Hidrolisis Asam dan Fermentasi Bakteri Zymomonas mobilis*. Teknik Lingkungan FTSP - ITS
- Rikana H., dan Risky A. 2009. *Pembuatan Bioetanol dari Singkong Secara Fermentasi Menggunakan Ragi Tape*. Universitas Diponegoro
- Riyanti E.I. 2009. *Biomassa Sebagai Bahan Baku Bioetanol*. Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Bioteknologi dan Sumber Daya Genetik Pertanian

Rizky. 2012 . *Dasar – dasar Fermentasi*. (Online) (<http://lordbroken.wordpress.com/2009/12/29/dasar-dasar-fermentasi/> diakses 16/10/12)

Sanjaya, A. 2011.(Online)(<http://ardiunikal.blogspot.com/2011/03/metabolisme-bakteri.html> diakses 18/12/2012)

Yatim, M, 2011, "*Pemanfaatan Limbah Kulit Kopi Menjadi Bioetanol Dengan Proses Fermentasi Menggunakan Bakteri Zymomonas Mobilis*", UPN 'Veteran' Jatim