



TUGAS AKHIR (SB-091358)

**EFEKTIVITAS PENGGUNAAN BIOETANOL DARI
LIMBAH PADAT ALANG-ALANG (*Imperata
cylindrica* (L) Beauv.) TERHADAP LAMA
PEMBAKARAN KOMPOR BIOETANOL**

**DYAH AGUSTINA
NRP 1510 100 008**

**Dosen Pembimbing
Ir. Sri Nurhatika, M.P
Dr. Anton Muhibuddin, S.P, M.P**

**Jurusan Biologi
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2015**



FINAL PROJECT (SB-091358)

**THE EFFECTIVENESS OF PENGGUNAAN
BIOETANOL DARI LIMBAH PADAT ALANG-ALANG
(*Imperata cylindrica* (L) Beauv.) ON THE
BURNING PROCESS OF BIOETHANOL STOVE**

**DYAH AGUSTINA
NRP 1510 100 008**

**Advisor Lecturer
Ir. Sri Nurhatika, M.P
Dr. Anton Muhibuddin, S.P, M.P**

**Department of Biology
Faculty of Mathematics and Sains
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2015**

HALAMAN PENGESAHAN

EFEKTIVITAS PENGGUNAAN BIOETANOL DARI LIMBAH PADAT ALANG-ALANG (*Imperata cylindrica* (L) Beauv.) TERHADAP LAMA PEMBAKARAN KOMPOR BIOETANOL

TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Sains
pada
Jurusan S-1 Jurusan Biologi
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh
DYAH AGUSTINA
NRP. 1510 100 008

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir :

Ir. Sri Nurhatika, M.P (Pembimbing 1)

Dr. Anton Muhibuddin, S.P, M.P (Pembimbing 2)

Surabaya, 23 Januari 2015

Mengetahui
Ketua Jurusan Biologi

Dr.rer.nat. Ir. Maya Shovitri, M.Si
NIP. 196909071998032001

**EFEKTIVITAS PENGGUNAAN BIOETANOL DARI
LIMBAH PADAT ALANG-ALANG (*Imperata cylindrica* (L.)
BEAUV.) TERHADAP LAMA PEMBAKARAN KOMPOR
BIOETANOL**

Nama Mahasiswa : Dyah Agustina
NRP : 1510 100 008
Jurusan : Biologi
Dosen Pembimbing : Ir. Sri Nurhatika, M.P
Dr. Anton Muhibuddin, S.P, M.P

Abstrak

Alang-alang (*Imperata cylindrica* (L.) Beauv.), merupakan tanaman pengganggu pada tanaman padi, tebu, jagung, dan sebagainya. Namun, tanaman ini mengandung bahan selulosa yang dapat dikonversi menjadi gula sederhana, sehingga dapat dijadikan sumber bahan baku ethanol.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui efektivitas ethanol yang berasal dari bahan baku alang-alang (*Imperata cylindrica* (L.) Beauv.) terhadap lama pembakaran dan titik didih kompor bioetanol.

Konsentrasi ethanol 70%, 90% dan 93% digunakan sebagai variasi perlakuan untuk memperoleh ethanol yang efektif sebagai bahan bakar kompor bioetanol.

Pada penelitian ini proses pretreatment dilakukan secara mekanis, fisik dan kimiawi terlebih dahulu dengan cara penjemuran, penggilingan dan perendaman NaOH. Selanjutnya proses sakarifikasi menggunakan enzim StargenTM 002 (no cook), lalu fermentasi dengan menambahkan urea, NPK, serta *Saccharomyces cerevisiae*.

Dari hasil ini diperoleh bahwa alang-alang yang difermentasi terbukti mampu menghasilkan ethanol sebanyak 600 ml konsentrasi 93% dari hasil destilasi. Ethanol konsentrasi 93% diencerkan menjadi konsentrasi 70% dan 90 %. Dari hasil uji lama pembakaran pada kompor bioetanol dan pengamatan titik

didih didapati bahwa ethanol pada konsentrasi 93% adalah perlakuan terbaik untuk bahan bakar kompor bioetanol.

Kata kunci : bioetanol, enzim stargenTM 002, Imperata cylindrica (L.) Beauv., kompor bioetanol, Saccharomyces cerevisiae

THE EFFECTIVENESS OF BIOETHANOL USAGE FROM COGONGRASS (*Imperata cylindrica* (L) Beauv.) SOLID WASTE ON THE BURNING PROCESS OF BIOETHANOL STOVE

Name : Dyah Agustina
NRP : 1510 100 008
Department : Biologi
Advisor Lecturer : Ir. Sri Nurhatika, M.P
Dr. Anton Muhibuddin, S.P, M.P

Abstract

Cogongrass (Imperata cylindrica (L.) Beauv.), was a disrupter plant on the rice, sugar cane, or even corn. However, this plant is contained cellulose material that can be converted into simple sugars, thus bioethanol might be produced.

This research aimed to understand the effectiveness of bioethanol derived from cogongrass raw materials toward boiling and cooking time for bioethanol burning stove. Bioethanol at concentration 70%, 90% and 93% were as the variation of treatment to obtain effective bioethanol as fuel for bioethanol stove.

On this research pretreatment process conducted mechanically, physically and chemically beforehand by means of a place to spread, milling and soaking by NaOH. The process of saccharification used Stargen™ 002 (no cook enzyme) then fermented by Saccharomyces cerevisiae with urea, NPK, as well as fertilizer.

This result obtained that cogongrass had proven it able to produce 600 ml ethanol at concentrations 93% of from the distillation results. Ethanol concentration 93% had diluted into the concentration of 70% and 90%. Results informed from the burning on the bioethanol stove through observation at the boiling and cooking time, it gave us data that burning ethanol at

concentrations 93% was the best treatment for bioethanol stove fuel.

Keywords: bioethanol, enzyme stargenTM 002, Imperata cylindrica (L.) Beauv., bioethanol stove, Saccharomyces cerevisiae

KATA PENGANTAR

Puji syukur dipanjatkan kepada Allah SWT atas segala rahmat dan karunia-Nya sehingga saya dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul **Efektivitas Penggunaan Bioetanol dari Limbah Padat Alang-alang (*Imperata cylindrica* (L) Beauv.) Terhadap Lama Pembakaran Kompor Bioetanol.** Tugas akhir ini disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana sains di Jurusan Biologi Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.

Dalam melakukan penulisan Tugas Akhir ini tidak lepas dari bimbingan dan bantuan dari berbagai pihak. Saya mengucapkan terima kasih kepada Ir. Sri Nurhatika, MP dan Dr. Anton Muhibuddin, S.P, M.P selaku dosen pembimbing yang telah membimbing dengan sabar, Wirdhatul Muslihatin, S.Si, M.Si selaku ketua sidang penguji, serta Dr. Enny Zulaika, M.P selaku dosen penguji.

Saya juga mengucapkan banyak terima kasih kepada kedua orang tua dan keluarga atas dukungan dan doanya, Catur Putra Adi Cahya yang telah banyak membantu dan memotivasi, teman-teman 2010 atas kebersamaannya, Bapak Bondan selaku pembimbing saya di lapangan, Achmad Arifiyanto, Sevy Dwi Kartikasari dan Astrid Rizka Raysendi atas bantuannya, serta seluruh pihak yang telah membantu.

Semoga tugas akhir ini bermanfaat bagi semua pihak dan dapat sebagai acuan untuk penelitian lebih lanjut.

Surabaya, 23 Januari 2015

Dyah Agustina

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN PENGESAHAN	v
ABSTRAK.....	vii
ABSTRACT	ix
KATA PENGANTAR	xi
DAFTAR ISI	xiii
DAFTAR GAMBAR.....	xv
DAFTAR TABEL.....	xvii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xix
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Permasalahan	3
1.3 Batasan Masalah	3
1.4 Tujuan.....	3
1.5 Manfaat.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Definisi Ethanol	5
2.2 Alang-alang (<i>Imperata cylindrica</i> (L) Beauv.) ...	6
2.3 Selulosa	8
2.4 Lignin	9
2.5 <i>Saccharomyces cerevisiae</i>	9
2.6 Tahapan Proses Produksi Bioetanol	11
2.6.1 <i>Pretreatment</i> (Perlakuan Awal)	11
2.6.2 Sakarifikasi	13
2.6.3 Fermentasi	14
2.6.4 Destilasi	17
2.7 Kompom Bioetanol	18
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian.....	21
3.2 Alat, Bahan dan Cara Kerja	21

3.2.1	Alat dan bahan	21
3.2.2	Persiapan bahan dan perlakuan awal (<i>Pretreatment</i>)	21
3.2.3	Proses sakarifikasi.....	22
3.2.4	Proses fermentasi	22
3.2.5	Proses destilasi	22
3.2.6	Pengujian kadar ethanol	23
3.2.7	Analisis kadar gula.....	23
3.2.8	Pengujian bioetanol sebagai bahan bakar	23
3.2.9	Pengamatan waktu yang dibutuhkan untuk mencapai titik didih.....	23
3.3	Rancangan Penelitian.....	24
3.4	Analisis Data.....	24
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN		
4.1	Hasil Proses <i>Pretreatment</i> Alang-Alang.....	27
4.2	Proses Sakarifikasi dan Fermentasi	29
4.3	Hasil Proses Destilasi.....	30
4.4	Analisis Kadar Gula.....	32
4.5	Pengujian Bioetanol Sebagai Bahan Bakar.....	33
4.6	Pengamatan waktu yang dibutuhkan untuk mencapai titik didih.....	34
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN		
5.1	Kesimpulan	37
5.2	Saran	37
DAFTAR PUSTAKA		39
LAMPIRAN		47
BIODATA PENULIS		65

DAFTAR TABEL

		Halaman
Tabel 2.1	Sifat Fisik Alkohol (Ethanol)	5
Tabel 2.2	Kandungan Kimia Alang-alang	8
Tabel 2.3	Metode <i>Pretreatment</i>	12
Tabel 3.1	Analisis Kadar Gula	24
Tabel 3.2	Hasil Lama Uji Pembakaran Ethanol.....	25
Tabel 3.3	Hasil Uji Waktu Mencapai Titik Didih.....	25
Tabel4.1	Hasil <i>Pretreatment</i> Alang-Alang	28
Tabel 4.2	Komposisi Proses Sakarifikasi dan Fermentasi.....	29
Tabel 4.3	Hasil Ethanol yang di Dapat dari Berbagai Bahan.....	31
Tabel 4.4	Proses Pengenceran.....	32
Tabel 4.5	Analisis Kadar Gula.....	32
Tabel 4.6	Hasil Uji Ethanol Sebagai Bahan Bakar.....	33
Tabel 4.7	Hasil Uji Waktu Mencapai Titik Didih.....	35

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1 Struktur Morfologi Alang-alang (<i>Imperata cylindrica</i> (L.) Beauv.) (a) Alang-alang di daerah Ngusikan, Jombang (b)	7
Gambar 2.2 <i>Saccharomyces cereviseae</i> mikroskopis.....	11
Gambar 2.3 Tahapan Proses Produksi Ethanol	12
Gambar 2.4 Perubahan Fisik Dinding Sel Tumbuhan setelah <i>Pretreatment</i>	13
Gambar 2.5 Reaksi Proses Fermentasi Glukosa.....	15
Gambar 2.6 Alat Destilasi.....	17
Gambar 2.7 Kompor Bioetanol	18
Gambar 4.1 Hasil Uji Lama Pembakaran.....	34
Gambar 4.2 Hasil Uji Waktu Mencapai Titik Didih.....	36

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Minyak bumi merupakan salah satu sumber energi yang tidak dapat diperbaharui atau *non renewable*. Keberadaannya hingga saat ini menempati urutan pertama sebagai sumber energi. Salah satu turunan minyak bumi yang banyak digunakan pada industri kecil dan rumah tangga adalah minyak tanah. Upaya pemerintah untuk mengalihkan penggunaan minyak tanah ke bahan bakar lain perlu didukung. Saat ini pengalihan penggunaan minyak tanah ke bahan bakar gas banyak menemui kendala antara lain banyaknya kasus kebakaran yang disebabkan oleh bahan bakar gas, karena sifat gas yang selalu memenuhi ruangan sehingga apabila terjadi percikan api dalam kompor akan memicu kebakaran di sekitarnya. Oleh karena itu pengalihan atau konversi minyak tanah tidak harus ke bahan bakar gas, tetapi juga dapat ke bioethanol yang bersifat lebih ramah lingkungan dan tidak membahayakan lingkungan.

Bioethanol mempunyai kelebihan selain ramah lingkungan, penggunaannya sebagai bahan bakar kompor terbukti lebih hemat dan efisien proses pembakarannya. Selain itu, pembuatannya bisa dilakukan di rumah dengan mudah dan lebih ekonomis dibandingkan menggunakan minyak tanah.

Bioethanol merupakan cairan hasil proses fermentasi gula dari sumber karbohidrat (pati) menggunakan bantuan mikroorganisme. Proses pengolahan bahan baku gula dan pati relatif lebih mudah dibandingkan dengan bahan selulosa, tetapi harga bahan baku tersebut relatif mahal. Pemakaian bahan baku gula dan pati pada skala besar juga akan memunculkan permasalahan baru yaitu menipisnya bahan pangan manusia. Sementara itu, bahan selulosa ditemukan melimpah, berharga murah, belum banyak dimanfaatkan, dan mengandung gula sederhana, sehingga dapat dijadikan sumber bahan baku bioethanol yang lebih efektif.

Salah satu bahan selulosa yang ketersediaannya melimpah, belum banyak dimanfaatkan, dan secara alami memiliki dampak negatif bagi tanaman lain adalah gulma alang-alang (*Imperata cylindrica* (L.) Beauv.).

Alang-alang banyak ditemukan hampir di setiap belahan bumi, dan dianggap sebagai gulma di 73 negara. Menurut Garrity *et al.* (1997), di wilayah Asia Tenggara dapat dijumpai sekitar 35 juta ha, dan sekitar 8,5 juta ha tersebar di Indonesia. Tingginya jumlah luasan padang alang-alang ini, dikarenakan tumbuhan ini memiliki daya tumbuh yang cepat setiap tahun dan mampu tumbuh pada lahan kritis. Alang-alang memiliki kandungan kimia antara lain, α -selulosa 40,22%, holoselulosa 59,62%, hemiselulosa (pentosan) 18,40%, dan lignin 31,29% (Sutiya *et al.*, 2012). Berdasarkan berat kering, kandungan selulosa alang-alang hampir sama dengan jerami padi (37,2%) (Vlasenko *et al.*, 1997), tetapi lebih tinggi dari rumput grinting atau rumput bermuda (25,6%) (Holtzaple *et al.*, 1994).

Enzim StargenTM 002 (no cook) merupakan enzim yang berupa cairan coklat tua dengan *specific gravity* sebesar 1,13-1,16 g/ml. Enzim ini merupakan enzim generasi kedua yang diproduksi oleh Genencor Internasional, BV (Genencor Internasional di Palo Alto, CA, USA). Dimana enzim ini direkomendasikan digunakan pada pH optimum di 3,3-4,5 dan suhu yang direkomendasikan 20-40°C . Enzim Stargen merupakan campuran alpha-amilase dan gluco-amylase, yang dapat bekerja secara sinergis menghidrolisa menjadi glukosa (Genencor, 2010).

Pada penelitian ini dilakukan proses *pretreatment* secara mekanis, fisik dan kimiawi terlebih dahulu dengan cara penjemuran, penggilingan dan perendaman NaOH. Selanjutnya proses sakarifikasi menggunakan enzim stargenTM 002, lalu fermentasi dengan menambahkan urea, NPK, serta *yeast Saccharomyces cerevisiae*.

Di Indonesia, alang-alang menjadi tanaman pengganggu pada tanaman padi, tebu, jagung, dan sebagainya. Saat ini,

pemanfaatan alang-alang masih terbatas sebagai pakan ternak, bahan obat, dan bahan baku kertas (*pulp*). Ketersediannya yang melimpah, pemanfaatan yang kurang, daya tumbuh tinggi, dan kandungan selulosa yang cukup tinggi diantara limbah pertanian lain, menjadikan tumbuhan ini berpotensi sebagai bahan baku bioetanol. Oleh karena itu, penulis akan melakukan penelitian untuk mengetahui potensi dari alang-alang (*Imperata cylindrica* (L.) Beauv.) sebagai bahan baku dalam produksi ethanol menggunakan enzim stargenTM 002 dan *yeast Saccharomyces cerevisiae*, yang selanjutnya diuji menggunakan kompor bioetanol.

1.2 Rumusan Permasalahan

Permasalahan yang timbul pada penelitian ini yaitu apakah dengan bermacam-macam konsentrasi bioetanol (70% dan 90%) menyebabkan adanya perbedaan terhadap lama pembakaran kompor bioetanol?

1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah dalam penelitian ini yaitu alang-alang hanya diambil di daerah sekitar Kecamatan Ngusikan, Kabupaten Jombang, pada proses sakarifikasi menggunakan enzim stargenTM 002 (no cook), sedangkan pada proses fermentasi menggunakan NPK, urea dan *yeast Saccharomyces cerevisiae*, penggunaan hasil ethanol hanya digunakan untuk kompor bioetanol dari kompor PT. Harapan Sukses Mandiri.

1.4 Tujuan

Tujuan dari penelitian ini yaitu untuk mengetahui efektivitas bioethanol yang berasal dari bahan baku alang-alang (*Imperata cylindrica* (L.) Beauv.) terhadap lama pembakaran kompor bioethanol.

1.5 Manfaat

Manfaat yang dapat diperoleh dari penelitian ini yaitu :

1. Untuk memperoleh informasi tentang pembuatan bioetanol dari gulma alang-alang (*Imperata cylindrica* (L) Beauv.)
2. Dijadikan sebagai dasar penelitian mengenai bioetanol selanjutnya.
3. Meningkatkan nilai tambah dari limbah padat dari gulma alang-alang menjadi bioetanol agar nantinya dapat dimanfaatkan sebagai salah satu bahan bakar alternatif.
4. Menggalakkan penggunaan kompor bioetanol.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Definisi Ethanol

Ethanol merupakan salah satu spesies alkohol yang banyak digunakan, dengan nama lain etil alkohol (C_2H_5OH). Sifat ethanol adalah jernih tidak berwarna, beraroma khas, berfasa cair pada temperatur kamar. Ethanol mudah terbakar dengan nyala berwarna biru atau tidak (Fessenden, 1986). Sifat fisik dan kimia ethanol bergantung pada gugus hidroksil. Reaksi yang dapat terjadi pada ethanol antara lain dehidrasi, dehidrogenasi, oksidasi, dan esterifikasi (Rizani, 2000). Sifat fisik ethanol lebih jelasnya dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 2.1 Sifat Fisik alkohol (Ethanol)

Sifat fisik alkohol (ethanol)	Nilai sifat fisik alkohol (ethanol)
Berat molekul	46,7
Titik beku	-141,15°C
Titik didih	78,5°C
Panas penguapan pada 70°C	4,64 kJ/kg
Panas penguapan pada 80°C	855,66 kJ/kg
Panas penguapan pada 100°C	900,83 kJ/kg
Konduktivitas panas (20°C)	18 μ w.m ⁻¹
Panas pembakaran	13700,82 kJ/mol
Viskositas (20°C)	1,17 mPa
Tegangan muka	22,03 mN/m
Indeks bias (20°C)	1,36048
Massa jenis	0,78942

Sumber : Rizani (2000)

Ethanol mempunyai beberapa kelebihan dibandingkan BBM. Ethanol mempunyai angka oktan tinggi (118) dan digunakan sebagai pengganti Metil Tersier-Butil Eter (MTBE) yang menghasilkan timbal (Pb) saat pembakaran dan merupakan

pencemar lingkungan yang berbahaya. Angka oktan yang tinggi menyebabkan bahan bakar tidak terlalu mudah terbakar sehingga terjadi kestabilan proses pembakaran untuk memperoleh daya yang lebih stabil dan dapat menurunkan emisi gas buang (CO dan NO) (Krismastuti, 2009). Ethanol meningkatkan efisiensi pembakaran karena mengandung 35% oksigen dan ramah lingkungan karena emisi gas buangnya seperti kadar karbon monoksida, nitrogen oksida, dan gas-gas lain rendah (19-25%) (Indartono, 2005). Ethanol dapat diproduksi secara fermentasi dari bahan baku yang mengandung gula atau secara sintesis dapat juga diproduksi dari turunan minyak bumi. Hampir 93% produksi ethanol di dunia diproduksi secara fermentasi (Maisaroh, 2009). Pada umumnya, bahan baku pembuatan bioethanol secara sintesis dibagi menjadi tiga sumber, yaitu bahan yang mengandung pati, bahan yang mengandung gula, dan bahan yang mengandung serat atau lignoselulosa (Krismastuti, 2009).

2.2 Alang-alang (*Imperata cylindrica* (L) Beauv.)

Alang-alang (*Imperata cylindrica* (L) Beauv.) merupakan gulma tahunan yang tersebar secara dominan di Asia selatan, Australia, China, Jepang, Filipina, dan Afrika Timur. Tumbuhan ini termasuk rumput menahun dengan tunas merayap di bawah tanah, panjang dan bersisik. Tinggi dapat mencapai 0,2-1,5 m. Batangnya selama waktu yang panjang berada di bawah tanah atau menjulang berbunga naik ke atas permukaan tanah, kerap kali keungan dengan karangan rambut di bawah buku. Helaiian daun berbentuk lanset dengan panjang 12-80 cm, bertepi sangat kasar, berambut panjang pada pangkal, tulang daun bagian tengah lebar dan pucat. Perbungaan malai dengan panjang 6-28 cm, benang sari dan tangkai putik kerap kali berjumlah 2 (Steeniss, 1982).

Alang-alang tergolong ke dalam genus *Imperata*, family Poaceae, subfamily Panicoideae, supertribe Andropogonodae, tribe Andropogoneae (Gabel, 1982), subtribe Saccharinae (Clayton, 1972; Campbell, 1985). Hubbard *et al.* (1944)

melaporkan lima varietas *I. cylindrica* yaitu *major*, *africana*, *europaea*, *latifolia*, and *condensata*.

L.G Holm et al. (1977) menyatakan bahwa alang-alang digolongkan menjadi salah satu dari 10 gulma paling mengganggu untuk tanaman pertanian dan stabilitas tanah, dilaporkan oleh 73 negara sebagai gulma dalam total 35 hasil panen. Alang-alang memiliki kemampuan bersaing yang kuat sehingga sering menimbulkan kerugian seperti, menghambat pertumbuhan dan menunda masa produksi tanaman tahunan, menyaingi tanaman pokok dalam pemanfaatan unsur hara dan air, dan menyebabkan kegagalan secara total pengusahaan suatu pertanaman sebagai akibat terjadinya kebakaran. Rhizoma alang-alang yang resisten terhadap panas dan kerusakan, dapat menembus tanah sampai kedalaman 1,2 m.. Reproduksi secara vegetatif dari rhizoma merupakan faktor yang penting dalam penyebarannya. Selain itu karena tidak mampu melakukan polinasi sendiri, *I. cylindrica* menghasilkan biji apabila terjadi polinasi silang, dengan jumlah 3000 biji pertanaman sehingga dapat mendominasi daerah-daerah yang cukup jauh (Loan *et al*, 2002).



Gambar 2.1 Struktur morfologi alang-alang (*Imperata cylindrica* (L.) Beauv.) (Loan et al, 2002) (a) Alang-alang di daerah ngusikan, Jombang (koleksi pribadi, 2014) (b).

Alang-alang termasuk golongan tumbuhan C4, yaitu tumbuhan yang mempunyai kemampuan yang cukup tinggi dalam pemanfaatan sumber daya, sehingga laju fotosintesis lebih efisien. Walaupun tumbuhan ini merupakan gulma yang invasif dan merugikan, tumbuhan ini memiliki manfaat kesehatan karena mengeluarkan metabolit sekunder yang diisolasi dari rhizomanya. Sampai saat ini, pemanfaatan alang-alang masih sangat terbatas, selain sebagai obat, alang-alang dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku *pulp* dan kertas sebagai alternatif atau substitusi bahan baku kayu (Lee and Lin, 2010). Berikut merupakan kandungan kimia dari alang-alang,

Tabel 2.2 Kandungan kimia alang-alang

Kandungan Kimia Alang-Alang	Persentase (%)
Kadar Air	93,76
Ekstraktif	8,09
Lignin	31,29
Holosekulosa	59,62
Alfa Selulosa	40,22
Pentosan/Hemiselulosa	18,40

Sumber : Sutiya *et al.* (2012)

2.3 Selulosa

Selulosa adalah polimer glukosa yang membentuk rantai linier dan dihubungkan oleh ikatan β -1,4 glikosidik. Struktur yang linier menyebabkan selulosa bersifat kristalin dan tidak mudah larut. Selulosa tidak mudah didegradasi secara kimia maupun mekanis. Di alam, biasanya selulosa berasosiasi dengan polisakarida lain seperti hemiselulosa atau lignin membentuk kerangka utama dinding sel tumbuhan (Holtzapfle, 1993).

Kebanyakan selulosa berasosiasi dengan lignin sehingga sering disebut sebagai lignoselulosa. Selulosa, hemiselulosa dan lignin dihasilkan dari proses fotosintesis. Pada saat yang sama, komponen-komponen utama penyusun tanaman ini diuraikan oleh aktifitas mikroorganisme. Beberapa mikroorganisme mampu menghidrolisis selulosa untuk digunakan sebagai sumber energi, seperti bakteri dan fungi. Rantai selulosa terdiri dari satuan

glukosa anhidrida yang saling berikatan melalui atom karbon pertama dan keempat. Ikatan yang terjadi adalah ikatan β -1,4-glikosidik.

Selulosa dapat dikonversi menjadi produk-produk bernilai ekonomi yang lebih tinggi seperti glukosa, ethanol dan pakan ternak dengan jalan menghidrolisis selulosa dengan bantuan selulase sebagai biokatalisator atau dengan hidrolisis secara asam/basa (Ariestaningtyas, 1991).

2.4 Lignin

Lignin adalah bagian utama dari dinding sel tanaman yang merupakan polimer terbanyak setelah selulosa. Lignin yang merupakan polimer aromatik berasosiasi dengan polisakarida pada dinding sel sekunder tanaman dan terdapat sekitar 20-40 %. Komponen lignin pada sel tanaman (monomer guasil dan siringil) berpengaruh terhadap pelepasan dan hidrolisis polisakarida.

Lignin adalah molekul kompleks yang tersusun dari unit phenylpropane yang terikat di dalam struktur tiga dimensi. Lignin adalah material yang paling kuat di dalam biomassa. Lignin sangat resisten terhadap degradasi, baik secara biologi, enzimatik, maupun kimia. Karena kandungan karbon yang relative tinggi dibandingkan dengan selulosa dan hemiselulosa, lignin memiliki kandungan energi yang tinggi.

Pembuatan bahan-bahan lignoselulosa hingga menjadi ethanol melalui empat proses utama: pretreatment, hidrolisa, fermentasi, dan terakhir adalah pemisahan serta pemurnian produk ethanol. Bahan-bahan lignoselulosa umumnya terdiri dari selulosa, hemiselulosa dan lignin. Selulosa secara alami diikat oleh hemiselulosa dan dilindungi oleh lignin. Adanya senyawa pengikat lignin inilah yang menyebabkan bahan-bahan lignoselulosa sulit untuk dihidrolisa.

2.5 *Saccharomyces cerevisiae*

Ragi/khamir merupakan mikroba bersel tunggal yang berukuran 5-20 mikron. Khamir sejati tergolong eukariot yang

secara morfologi hanya membentuk blastospora berbentuk bulat lonjong, silindris, oval atau bulat telur yang dipengaruhi oleh strainnya. Menurut Judoamidjojo (1990), dalam ragi terdapat banyak jenis khamir, tetapi hanya satu spesies yang dikenal dapat mengkonversi gula menjadi ethanol yang sangat tinggi yaitu *Saccharomyces cereviceae*. Jenis ini menghasilkan enzim zimase dan invertase. Fungsi enzim invertase adalah untuk memecah sukrosa ataupun polisakarida (pati) yang belum terhidrolisis untuk diubah menjadi monosakarida (glukosa). Sedangkan enzim zimase selanjutnya mengubah monosakarida menjadi ethanol dengan proses fermentasi.

Saccharomyces cerevisiae berkembang biak dengan membelah diri melalui "budding cell". Reproduksiya dapat dipengaruhi oleh keadaan lingkungan serta jumlah nutrisi yang tersedia bagi pertumbuhan sel.

Klasifikasi *Saccharomyces cerevisiae* menurut (Osunkoya *et al.*, 2011) adalah sebagai berikut :

Kingdom	: Fungi
Phylum	: Ascomycota
Class	: Saccharomycotina
Order	: Saccharomycetes
Family	: Saccharomycetaceae
Genus	: Saccharomyces
Species	: <i>Saccharomyces cerevisiae</i>



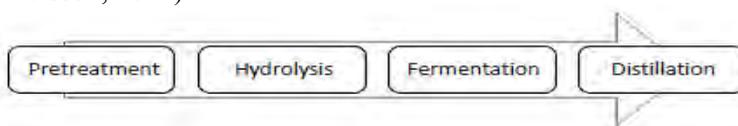
Gambar 2.2 *Saccharomyces cerevisiae* mikroskopis (Ahmad, 2005)

Saccharomyces cerevisiae dapat berkembang biak dalam gula sederhana seperti glukosa, maupun gula kompleks disakarida yaitu sukrosa. Khamir ini merupakan mikroba yang umum digunakan dalam fermentasi yang banyak terdapat dalam ragi pasar (Dwidjoseputro dalam Surnanti E, 2004).

Khamir mempunyai keadaan lingkungan tempat hidup yang spesifik. Kisaran suhu optimal untuk kebanyakan khamir sama dengan kapang, yaitu pada 25-30⁰C. Khamir lebih menyukai tumbuh pada keadaan asam, yaitu pada pH 4-5, dan tidak dapat tumbuh dengan baik pada medium alkali, kecuali jika telah beradaptasi. Khamir tumbuh dengan baik pada kondisi aerobik, tetapi yang bersifat fermentatif dapat tumbuh secara anaerobik meskipun lambat. *Saccharomyces cerevisiae* merupakan organisme fakultatif anaerob yang dapat menggunakan baik sistem aerob maupun anaerob untuk memperoleh energi dari pemecahan glukosa. *Saccharomyces cerevisiae* dapat menghasilkan alkohol dalam jumlah yang besar.

2.6 Tahapan Proses Produksi Bioetanol

Proses pembuatan ethanol dari lignoselulosa dapat dibagi menjadi empat tahapan umum (Gambar 2.3). *Pretreatment* atau perlakuan awal merupakan langkah tambahan yang diperlukan dalam produksi ethanol generasi kedua (2nd generation ethanol) dibandingkan dengan generasi pertama (1st generation ethanol) (Axelsson, 2011).



Gambar 2.3 Tahapan proses produksi ethanol (Axelsson, 2011).

2.6.1 *Pretreatment* (Perlakuan Awal)

Pretreatment atau perlakuan awal merupakan tahapan yang penting untuk produksi ethanol generasi kedua. Tahapan ini melibatkan beberapa proses yang mengubah ukuran, struktur, dan

kandungan kimia dalam biomassa untuk mengoptimalkan kondisi hidrolisis. Prinsip dari *pretreatment* adalah meningkatkan kemampuan bahan dengan membuka ikatan struktur lignoselulosa kompleks. Metode *pretreatment* dapat dilakukan dengan 3 cara yaitu secara fisik, kimia, dan biologi. Selain itu, banyak juga penelitian yang menggunakan gabungan antara *pretreatment* secara fisik dan kimia. (Axelsson, 2011).

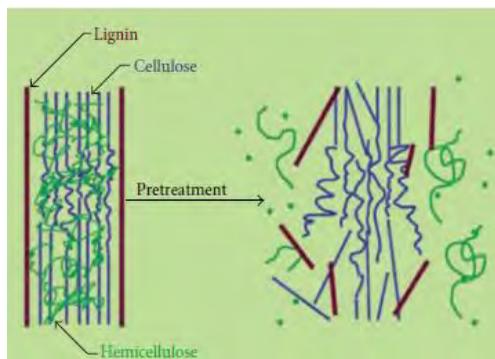
Proses *pretreatment* yang sekaligus proses hidrolisa meliputi : perlakuan secara fisik, fisik-kimiawi, kimiawi dan enzimatik (Mosier et al., 2005; Sun and Cheng, 2002).

Tabel 2.3 Metode *pretreatment*

Metode	Contoh
Mekanik panas	Digerus, digiling, digunting, ekstruder
Autohydrolysis	Super critical, carbon dioxide explosion
Perlakuan asam	Asam sulfat dan asam klorida encer, asam sulfat dan asam klorida pekat
Perlakuan alkali	Sodium hidroksida, ammonia, alkali hydrogen peroksida
Perlakuan larutan organik	Methanol, ethanol, butanol, phenol

Proses *pretreatment* yang sering dilakukan adalah delignifikasi, yang merupakan suatu proses pembebasan lignin dari suatu senyawa kompleks. Pada tumbuhan, selulosa dilapisi oleh polimer yang sebagian besar terdiri dari hemiselulosa dan lignin. Hemiselulosa dapat didegradasi dengan enzim, sedangkan lignin sulit didegradasi (Anindyawati, 2010). Lignin merupakan heteropolimer yang terdiri dari 3 unit fenilpropan yang berfungsi memperkuat struktur tumbuhan dalam menahan serangan mikroba atau tekanan oksidasi. Dengan pemberian perlakuan delignifikasi pada substrat maka selulosa alami diharapkan menjadi mudah dihidrolisis oleh enzim selulolitik, sebab lignin dapat menghambat penetrasi asam atau enzim sebelum hidrolisis

berlangsung (Gunam *et al.*, 2010). Berikut merupakan gambaran perubahan fisik struktur dinding sel tumbuhan akibat proses *pretreatment*.



Gambar 2.4 Perubahan fisik dinding sel tumbuhan setelah *pretreatment* (Brodeur *et al.*, 2011).

2.6.2 Sakarifikasi

Sakarifikasi dilakukan dengan memakai enzim selulase yang diproduksi oleh *Aspergillus niger*, fermentasi menggunakan *Saccharomyces cerevisiae*. Proses konversi bahan lignoselulosa menjadi ethanol dapat dilakukan dengan beberapa cara yaitu :

1. *Direct Microbial Conversion* (DMC)

Direct Microbial Conversion ialah metoda konversi biomassa selulosa menjadi ethanol. Enzim yang dibutuhkan dihasilkan dari mikroorganisme tunggal. Keuntungan dari metoda ini ialah tidak diperlukan proses khusus untuk menghasilkan enzim selulase. Dalam memproduksi enzim diperlukan kontribusi yang signifikan sehingga diperlukan biaya tambahan untuk melakukan hidrolisis enzimatik. Salah satu mikroorganisme yang berpotensi ialah *Fusarium oxysporum* memiliki potensi untuk mengubah tidak hanya D-xilosa, tetapi juga selulosa menjadi ethanol dengan proses satu langkah. Kerugian utama dari

Fusarium oxysporum adalah tingkat konversi menjadi ethanol lebih lambat daripada menggunakan ragi.

2. *Separated Hydrolysis and Fermentation* (SHF)

Proses *Separate-Hydrolysis-Fermentation* (SHF) adalah proses pembuatan ethanol dimana tahap hidrolisis dan tahap fermentasi berlangsung terpisah. Bahan baku yang mengandung selulosa mengalami proses hidrolisis secara terpisah dari proses fermentasi. Sesudah proses hidrolisis selesai, dilanjutkan proses fermentasi. Hal ini dimaksudkan untuk memudahkan pengontrolan terhadap tiap tahap, agar tercapai hasil yang diinginkan. Selain itu interaksi antar dua tahap bisa diminimalkan. Kelemahan dari metoda ini ialah memerlukan dua reaktor dan memerlukan waktu yang lama.

3. *Simultaneous Saccharification and Fermentation* (SSF)

Proses produksi ethanol yang lebih baik ialah Simultan Sakarifikasi dan Fermentasi. Pada metoda ini dilakukan kombinasi dari enzim selulase dan mikroba fermentasi dalam satu reaktor. Hal ini memungkinkan proses satu langkah dalam memproduksi glukosa dan fermentasi menjadi ethanol. SSF ialah metoda yang baik untuk meningkatkan tingkat keseluruhan selulosa untuk dikonversi menjadi ethanol (Zakpa, 2009).

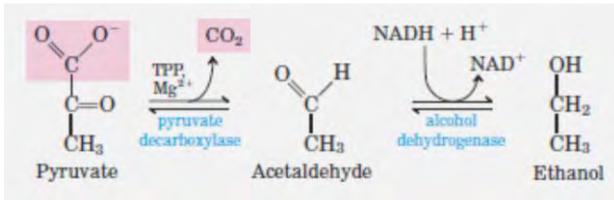
2.6.3 Fermentasi

Fermentasi merupakan istilah umum mengenai degradasi glukosa atau nutrien organik lainnya secara anaerob untuk memperoleh energi, tersimpan dalam bentuk ATP (Lehninger, 1982). Fermentasi bioetanol dapat didefinisikan sebagai proses penguraian gula menjadi bioetanol dan karbondioksida yang disebabkan enzim yang dihasilkan oleh massa sel mikroba.

a. Proses fermentasi

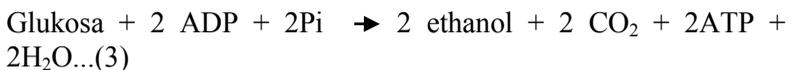
Dalam fermentasi, tidak terdapat akseptor elektron luar yang berperan. Senyawa organik yang diuraikan berfungsi sebagai donor, sekaligus sebagai akseptor elektron. Yeast dan mikroorganisme lainnya memfermentasikan glukosa menjadi ethanol dan CO₂. Glukosa diubah menjadi piruvat oleh glikolisis,

dan piruvat diubah menjadi ethanol dan CO₂ dalam dua langkah proses:



Gambar 2.5 Reaksi proses fermentasi glukosa (Lehninger, 1982).

Pada langkah pertama, piruvat didekarboksilasi di dalam suatu reaksi *irreversible* yang dikatalis oleh pyruvate decarboxylase. Reaksi ini adalah dekarboksilasi sederhana dan tidak melibatkan oksidasi bersih dari piruvat. Dekarboksilasi piruvat memerlukan Mg²⁺ dan mempunyai koenzim yang terikat kuat, yaitu thiamine pyrophosphate. Pada langkah kedua, asetaldehida direduksi menjadi ethanol oleh alcohol dehydrogenase, dengan pengurangan energi yang disediakan oleh NADH yang berasal dari dehidrogenasi glyceraldehide 3-phosphate. Hasil akhir fermentasi ethanol tersebut adalah ethanol dan CO₂, keseluruhan persamaan reaksinya adalah sebagai berikut (Lehninger, 1982).



b. Faktor-faktor yang mempengaruhi fermentasi

Keberhasilan proses fermentasi dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor diantaranya, adalah mikroorganisme, media, suhu, nutrisi, pH, volume starter, waktu fermentasi, dan konsentrasi gula. Beberapa kriteria dalam menyeleksi mikroba untuk produksi ethanol antara lain, stabilitas genetik, tumbuh dengan cepat dalam substansi organik dan mampu menghasilkan

enzim-enzim penting untuk produksi ethanol dari substrat secara cepat dan konsisten, karakteristik flokulasi dan sedimentasi yang sesuai, toleran terhadap ethanol dan temperatur, mudah memisahkan produk dalam bentuk murni, dan mikroorganisme aktif dapat digunakan berulang (Sen, 1989).

Pada umumnya, bahan dasar yang mengandung senyawa organik terutama glukosa dan pati dapat digunakan sebagai substrat dalam proses fermentasi bioetanol. Suhu memegang peranan penting, karena secara langsung dapat mempengaruhi aktivitas mikroorganisme dan secara tidak langsung akan mempengaruhi kadar bioetanol yang dihasilkan. Selain sumber karbon, mikroorganisme juga memerlukan nutrisi lain untuk pertumbuhan dan perkembangbiakan selama fermentasi yaitu sumber nitrogen, vitamin, dan mineral. Beberapa mineral juga harus ada untuk pertumbuhan mikroorganisme seperti fosfat, kalium, sulfur, dan sejumlah kecil senyawa besi dan tembaga (Prescott and Dunn, 1959).

pH substrat atau media fermentasi merupakan salah satu faktor yang menentukan kehidupan mikroorganisme. *Zymomonas mobilis* dapat hidup pada rentang pH 3,5-7,5. Optimum pada pH 4, pada suhu 30°C dengan konsentrasi inokulum yang paling optimum 7,5% dengan substrat ubi jalar pada kondisi anaerob tanpa agitasi (Zhang *et al.*, 2010). Volume starter yang ditambahkan 3-7% dari volume media fermentasi. Jumlah volume starter tersebut sangat baik dan efektif untuk fermentasi serta dapat menghasilkan kadar alkohol yang relatif tinggi. Volume starter yang terlalu sedikit akan mengakibatkan produktivitas menurun karena menjadi lelah dan keadaan ini memperbesar terjadinya kontaminasi. Peningkatan volume starter akan mempercepat terjadinya fermentasi terutama bila digunakan substrat berkadar tinggi. Tetapi jika volume starter berlebihan akan mengakibatkan hilangnya kemampuan bakteri untuk hidup sehingga tingkat kematian bakteri sangat tinggi (Norman, 1988).

2.6.4 Destilasi



Gambar 2.6 Alat Destilasi (Anonim, 2014)

Destilasi atau penyulingan merupakan suatu proses penguapan dan pengembunan kembali, yaitu memisahkan campuran dua atau lebih zat cair ke dalam fraksi-fraksinya berdasarkan perbedaan titik didihnya. Campuran zat dalam penyulingan dididihkan sehingga menguap dan uap ini kemudian didinginkan kembali ke dalam bentuk cairan. Zat yang memiliki titik didih lebih rendah akan menguap terlebih dahulu. Secara sederhana, destilasi adalah proses pemisahan bahan cairan berdasarkan perbedaan titik didihnya (Ardian, 2007).

Titik didih air adalah 100°C , sedangkan titik didih ethanol murni $78,5^{\circ}\text{C}$. Destilasi dilakukan pada suhu $78\text{-}80^{\circ}\text{C}$, sehingga pada suhu tersebut ethanol akan menguap dan uap ethanol ditampung atau disalurkan melalui kondensor. Fase uap hasil distilasi yang mengalir melalui kondensor berubah menjadi fase cair dan ditampung dalam penampung distilat (Herera, 2006).

2.7 Kompor Bioetanol

Kompor bioetanol adalah kompor yang berbahan bakar bioethanol, yang merupakan energi alternatif selain menggunakan gas ataupun minyak tanah.



Gambar 2.7 Kompor Bioetanol (Dokumen Pribadi Nurhatika, 2014).

Hingga saat ini telah hadir empat generasi kompor bioetanol dengan melakukan perbaikan dibanding generasi sebelumnya. Adapun spesifikasi dari masing-masing generasi kompor tersebut adalah :

1. Kompor Generasi I

Kompor ini memiliki kapasitas tangki 250 ml dan habis digunakan untuk memasak selama 1 jam.

Kelemahan dari kompor generasi I yaitu :

- Apabila bioetanol habis ditengah kegiatan memasak, saat diisi ulang, uap bioetanol yang diisikan akan naik dan ketika dinyalakan akan terjadi letupan yang memberikan efek traumatis bagi pengguna.

2. Kompor Generasi II

Kompor ini memiliki kapasitas tangki sebesar 1000 ml dan habis digunakan untuk memasak selama 5 jam.

Kelemahan dari kompor ini adalah :

- Apabila berkarat, aliran bioethanol ke bunner akan terhambat.

- Kesulitan dalam mengatur besar kecilnya api.

3. Kompor Generasi III

Kompor ini menggunakan jerigen sebagai tangki bahan bakar yang dihubungkan dengan selang. Satu liter bahan akan habis dalam 5 jam.

Kelemahan dari kompor generasi III ini adalah :

- Ketika panas, selang mengendor sehingga bioethanol merembes.
- Sebagian konsumen rumah tangga mengeluh karena jerigen harus dalam posisi tergantung.

Solusi dari kelemahan diatas :

- Selang dari plastic tahan panas hingga 200°C.
- Tangki galvanum.
- Bunner dari stainless steel dengan pipa aliran dari stainless steel.

4. Kompor Generasi IV

Kompor ini memiliki kapasitas tangki 1500 ml dan dapat habis dipakai memasak selama 6 jam.

Kelemahan dari kompor generasi IV adalah :

- Ketika panas, bioethanol banyak mengalir.
- Pengaturan besar api dengan keran engkol beresiko kompor terbakar karena bioethanol meluap.

Solusi yang dilakukan untuk mengatasi masalah diatas :

- Antara tangki dan bunner dipasang kran sehingga aliran bioethanol dapat dikendalikan.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB III METODOLOGI

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilakukan pada tanggal 05 bulan November 2014 sampai 02 Januari 2015 di Laboratorium Botani dan Laboratorium Zoologi, Jurusan Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Institut Teknologi Sepuluh Nopember; Laboratorium Hidraulik Balai Besar Wilayah Sungai Brantas; CV. Tristar; ruangan dengan ukuran 5x10 meter. Pengambilan alang-alang dilakukan di lahan daerah Kecamatan Ngusikan, Kabupaten Jombang.

3.2 Alat, Bahan, dan Cara Kerja

3.2.1 Alat dan bahan

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sabit, karung goni, pisau, penggiling, terpal, kantong plastik, drum ukuran 150 liter, adukan kayu, ember plastik, saringan kain kaos, sendok, dandang, oven, botol plastik, jerigen 20 liter, selang plastik, alat destilasi, refractometer, alkoholmeter, corong, timbangan, gelas beaker, mortal dan alu, termometer dan kompor bioetanol.

Bahan-bahan yang digunakan adalah alang-alang yang diambil dari lahan sekitar Kecamatan Ngusikan, Kabupaten Jombang, air kran, akuades, NaOH, enzim stargenTM 002 (no cook) komersial, urea, NPK, fermipan, aluminium foil, kertas koran, plastisin, dan isolasi hitam.

3.2.2 Persiapan bahan dan perlakuan awal (*Pretreatment*)

Batang dan daun alang-alang diambil dari lahan sekitar Kecamatan Ngusikan, Kabupaten Jombang sebanyak 50 kg. Perlakuan awal pada alang-alang dilakukan secara mekanik, fisik dan kimia. Secara fisik dan mekanik, alang-alang terlebih dahulu dicuci, lalu dikeringkan di bawah sinar matahari selama 12 jam. Alang-alang yang telah dikeringkan kemudian dipotong-potong

dengan ukuran ± 2 cm, digiling dengan alat penggiling, kemudian disimpan di tempat kering. Untuk *pretreatment* secara kimia, alang-alang direndam di dalam NaOH 10% dengan perbandingan 1:15 (w/v) pada suhu ruang selama 24 jam, kemudian disaring menggunakan kain kaos untuk memisahkan substrat alang-alang dari cairan NaOH sambil dicuci dengan air kran supaya mendapatkan pH netral, kemudian dilakukan pemanasan menggunakan alat kukus (dandang) sebagai pengganti autoklaf selama 1 jam. Lalu, dikeringkan menggunakan oven pada suhu 65°C hingga 72 jam (Lin and Lee, 2011; Pasha *et al.*, 2012) (Lampiran 1).

3.2.3 Proses sakarifikasi

Substrat alang-alang hasil *pretreatment* ditambahkan akuades sebanyak 1:4 (w/v). Selanjutnya ditambahkan dengan enzim stargenTM 002 (no cook) sebanyak 1,7% dari total volume larutan. Diaduk hingga homogen. Kemudian larutan tersebut didiamkan selama 18 jam. Selanjutnya hasil hidrolisis disebut hidrolisat (Lampiran 2).

3.2.4 Proses fermentasi

Hidrolisat ditambahkan dengan urea, NPK dan fermipan yang mengandung *yeast Saccharomyces cereviseae* masing-masing sebanyak 1,3% dari volume total larutan. Diaduk hingga homogen. Fermentasi dilakukan secara anaerob, sehingga ditutup rapat jerigen dengan penutupnya, lalu diberi isolasi dan ditutup rapat dengan plastisin yang telah dilubangi dengan selang plastik yang dialirkan ke dalam botol berisi air. Didiamkan selama 7 hari. Setelah itu, diukur kadar ethanolnya menggunakan alkoholmeter (Lampiran 3).

3.2.5 Proses destilasi

Untuk mendapatkan ethanol berkadar tinggi, dilakukan destilasi, dengan memasukkan kaldu fermentasi ke dalam boiler untuk diuapkan. Kemudian uap masuk ke dalam kolom destilasi.

Setelah itu, uap dikondensasikan lewat kolom kondensor. Hasil ethanol akan keluar melalui lubang kondensor. Hasil destilasi yang didapatkan yaitu ethanol dengan konsentrasi 90%. Sedangkan untuk mendapatkan ethanol 70%, dilakukan pengenceran dengan rumus : (Lampiran 4)

$$V_1 \cdot N_1 = V_2 \cdot N_2$$

3.2.6 Pengujian kadar ethanol

Untuk mengetahui kadar ethanol dari hasil destilasi dilakukan dengan cara mengambil sampel cairan destilasi sebanyak 100 ml kemudian diukur dengan alat alkoholmeter sehingga dapat diketahui kadar alkohol yang diperoleh (Lampiran 5).

3.2.7 Analisis kadar gula

Pengukuran kadar gula ditentukan dengan mengoleskan 2-3 tetes sampel larutan hasil sebelum fermentasi dan setelah proses fermentasi ke dalam alat refractometer (Lampiran 6).

3.2.8 Pengujian bioethanol sebagai bahan bakar

Setelah didapatkan kadar ethanol yang diinginkan, dilakukan uji pada kompor bioethanol dengan cara mengambil sebanyak 200 mL ethanol yang kemudian dimasukkan ke dalam kompor bioethanol dan ditunggu berapa lama nyala apinya. (Lampiran 7).

3.2.9 Pengamatan waktu yang dibutuhkan untuk mencapai titik didih

200 ml ethanol 70% dan 90% yang didapat, dituang ke dalam kompor bioethanol, lalu dinyalakan apinya. Kemudian diletakkan panci berisi air hingga mendidih atau mencapai suhu 100⁰C. Diamati waktu mencapai titik didihnya (Lampiran 8).

3.3 Rancangan Penelitian

Penelitian ini bersifat deskriptif kualitatif. Rancangan lama pembakaran ethanol dengan beberapa level konsentrasi ethanol dilakukan sebanyak 2 kali ulangan serta rancangan waktu mencapai titik didih, dengan minyak tanah sebagai kontrolnya. Parameter yang diamati dalam penelitian ini adalah lama waktu nyala kompor, waktu yang dibutuhkan untuk mencapai titik didih, dan konsentrasi ethanol yang didapat. Hasil data yang diperoleh dilakukan analisa kadar ethanol yang dihasilkan dan diuji lama pembakaran pada kompor bioetanol, serta diamati berapa lama waktu untuk mencapai titik didih.

3.4 Analisis Data

Hipotesa yang digunakan dalam penelitian ini yaitu :

H0 : Tidak ada pengaruh tingkat konsentrasi ethanol terhadap pembakaran kompor.

H1 : Terdapat pengaruh perbedaan tingkat konsentrasi ethanol terhadap pembakaran kompor.

Tabel 3.1 Analisis kadar gula

Kadar gula	
Awal (Sebelum fermentasi)	Akhir (Setelah fermentasi)

Tabel 3.2 Hasil uji lama pembakaran ethanol

Konsentrasi ethanol	Lama Pembakaran (menit)		
	Ulangan 1	Ulangan 2	Rata-rata
70%			
90%			
93%			

Tabel 3.3 Hasil uji waktu mencapai titik didih

Konsentrasi Ethanol	Waktu Mencapai Titik Didih (menit)		
	Ulangan 1	Ulangan 2	Rata-rata
70%			
90%			
93%			

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

Produksi ethanol umumnya menggunakan bahan baku yang berasal dari gula, pati, selulosa, maupun hemiselulosa. Alang-alang (*Imperata cylindrica* (L) Beauv.) memiliki potensi yang besar sebagai bahan baku dikarenakan mengandung salah satu atau kedua komponen tersebut di atas.

4.1 Hasil Proses *Pretreatment* Alang-Alang

Lignin dalam ikatan lignoselulosa alang-alang dapat menjadi penghambat untuk proses hidrolisis dan fermentasi, sehingga diperlukan satu tahapan penting yaitu perlakuan awal (*pretreatment*). Perlakuan awal dilakukan secara mekanik, fisik, dan kimiawi. Batang dan daun alang-alang dicuci dengan air kran untuk memisahkan dari tanah maupun kotoran yang menempel di bagian batang dan daun alang-alang. Kemudian dikeringkan di bawah sinar matahari selama 12 jam. Hal ini bertujuan untuk menguapkan kadar air di dalam alang-alang sehingga diperoleh berat kering yang mengandung serat-serat lignoselulosa kompleks. Kemudian dipotong menjadi ukuran 2-5 cm, hal ini dilakukan untuk mempermudah dalam proses penggilingan menjadi serbuk, sehingga tidak berhamburan. Setelah itu, dilakukan penggilingan untuk memperkecil ukuran substrat sehingga mudah dalam proses pemecahan. Serbuk alang-alang yang didapatkan, direndam ke dalam larutan NaOH 10% dengan komposisi 1:15 (w/v) selama 24 jam. *Pretreatment* menggunakan alkali lebih efektif dalam menghilangkan lignin dan pembentukan inhibitorynya yang rendah dengan cara menyebabkan degradasi ikatan ester dan glikosidik, berakibat pada perubahan lignin secara struktural, pembengkakan selulosa, dekrystalisasi sebagian selulosa dan pelarutan sebagian hemiselulosa (Brodeur *et al.*, 2011). Setelah perendaman 24 jam dan pemanasan menggunakan alat kukus dandang selama 1 jam, larutan NaOH menjadi berwarna hitam dan substrat menjadi kekuningan. Hal tersebut

disebabkan oleh reaksi antara larutan NaOH dengan lignin dalam substrat yang dikatalis dengan pemanasan. Larutan NaOH merupakan basa kuat yang memiliki gugus hidroksil (-OH) pada ikatannya (Campbell *et al.*, 2004). Menurut Safaria *et al.* (2013), gugus hidroksil dari NaOH memutuskan ikatan-ikatan dari struktur dasar lignin sedangkan ion Na⁺ akan berikatan dengan lignin membentuk natrium fenolat. Garam fenolat ini bersifat mudah larut sehingga lignin yang terlarut ditandai dengan warna hitam pada larutan yang disebut lindi hitam (*black liquor*). Hasil *pretreatment* ditampilkan pada Tabel 4.1 dibawah ini.

Tabel 4.1 Hasil *pretreatment* alang-alang

Berat kering awal (g)	Berat kering setelah perlakuan NaOH (g)	Penelitian
1.000	390	Karimi <i>et al.</i> , 2006
1.000	433	Kartikasari, 2013
16.800	11.000	Penelitian ini

Dari hasil penelitian ini, didapatkan 11000 gram serbuk alang-alang dari berat awal 16800 gram. Sehingga dapat diasumsikan bahwa hasil selulosa yang didapat yaitu 11000 gram. Pada penelitian Karimi *et al.* (2006) didapatkan 390 gram dari berat awal 1000 gram. Sedangkan pada penelitian Kartikasari, S.D (2013) didapatkan 433 gram dari 1000 gram berat awal. Apabila dikonversikan, maka hasil penelitian yang saya lakukan lebih bagus karena mendapatkan jumlah serbuk alang-alang yang lebih banyak setelah perlakuan *pretreatment*.

Hasil percobaan dipengaruhi oleh substrat yang digunakan. Substrat yang digunakan harus berukuran kecil agar dapat memperbesar kontak enzim ke dalam substrat selama proses sakarifikasi. Hal ini sesuai dengan literatur Sun dan Cheng (2002), bahwa ukuran bahan baku akan mempengaruhi porositas, sehingga dapat memaksimalkan kontak antara bahan baku dengan

enzim. Semakin kecil ukuran substrat, maka akan mempermudah terdegradasinya lignin sehingga selulosa dan hemiselulosa akan terhidrolisa secara optimal.

4.2 Proses Sakarifikasi dan Fermentasi

Sakarifikasi adalah perubahan dekstrin menjadi maltosa atau glukosa menggunakan enzim atau asam, pada penelitian ini memanfaatkan enzim stargenTM 002 (no cook). Enzim ini digunakan sebagai katalisator guna meningkatkan kadar gula. Semakin tinggi kadar gula akan berbanding lurus dengan kadar ethanol yang dihasilkan. Komposisi dari bahan pada proses sakarifikasi dan fermentasi ini dapat dilihat pada Tabel 4.2.

Tabel 4.2 Komposisi proses sakarifikasi dan fermentasi

Berat kering awal (g)	Berat kering setelah perlakuan NaOH (g)	Penambahan enzim, pupuk dan yeast
16.800	11.000	75 ml enzim stargen (no cook) + 70 gr NPK + 70 gr urea + 70 gr fermipan + 44 L aquades

Fermentasi selulosa pada penelitian ini menggunakan *yeast Saccharomyces cereviseae*. *Saccharomyces cereviseae* merubah glukosa menjadi ethanol. Meskipun komposisi kimia dari limbah padat alang-alang (*Imperata cylindrica* (L) Beauv.) adalah selulosa dan dalam penelitian ini tidak digunakan enzim selulase. Akan tetapi dengan hanya penambahan enzim StargenTM 002 (No Cook) dan bantuan *Saccharomyces cereviseae* penelitian ini mampu menghasilkan ethanol.

Dari hasil fermentasi diperoleh kadar gula bernilai 5. Hasil tersebut terbilang rendah untuk digunakan kaldu fermentasi dalam produksi ethanol mengingat pada penelitian Kartikasari, S.D (2013), kadar gula mencapai nilai 9. Rendahnya kadar gula

ini diduga karena *Saccharomyces cerevisiae* sebagai mikroorganisme heterotrof menggunakan kadar gula sebagai sumber energi sehingga jumlah kadar gula mengalami penurunan. Selain itu, penggunaan enzim stargenTM 002 ini dapat bekerja secara optimal dalam proses hidrolisis berbahan pati, bukan selulosa. Di samping itu perbedaan agensia hayati antara penelitian Kartikasari, S.D (2013) yang menggunakan enzim selulase pada proses hidrolisis dan fermentasi menggunakan *Zymomonas mobilis* turut diduga berpengaruh, karena bakteri tersebut memerlukan waktu optimal 7 hari dari rentang 0-9 hari. Sedangkan penelitian ini menggunakan *Saccharomyces cerevisiae* yang menurut Ganda, D.P (2013) penggunaan yeast jenis ini bekerja optimum pada 48 jam. Hal ini disebabkan oleh pengaruh lama fermentasi pada proses produksi bioetanol terhadap kadar bioetanol yang dihasilkan, semakin lama waktu fermentasi maka semakin tinggi pula kadar bioethanol yang dihasilkan. Sedangkan *Saccharomyces cerevisiae* hanya toleran terhadap 2,5% kadar bioethanol, apabila lebih dari itu maka yeast tersebut akan mati (Judoamidjojo, 1992).

Enzim stargenTM 002 memberikan sejumlah keuntungan yakni memperpendek waktu karena tidak memerlukan proses pemanasan dan pendinginan kembali. Selain itu, kandungan enzim stargenTM 002 merupakan campuran alpha-amilase dan gluco-amylase, yang dapat bekerja secara sinergis menghidrolisa pati menjadi glukosa (Genencor, 2010).

4.3 Hasil Proses Destilasi

Destilasi atau penyulingan merupakan suatu proses penguapan dan pengembunan kembali, yakni memisahkan campuran dua atau lebih zat cair ke dalam fraksi-fraksinya berdasarkan perbedaan titik didihnya.

Untuk mendapatkan ethanol berkadar tinggi, dilakukan destilasi, dengan memasukkan kaldu fermentasi ke dalam boiler untuk diuapkan. Destilasi dilakukan pada suhu 78-80°C, sehingga pada suhu tersebut ethanol akan menguap dan uap ethanol

ditampung atau disalurkan melalui kondensor. Zat yang memiliki titik didih lebih rendah akan menguap terlebih dahulu. Fase uap hasil distilasi yang mengalir melalui kondensor berubah menjadi fase cair dan ditampung dalam penampung distilat. Campuran zat dalam penyulingan dididihkan sehingga menguap dan uap ini kemudian didinginkan kembali ke dalam bentuk cairan. Kemudian uap masuk ke dalam kolom destilasi. Setelah itu, uap dikondensasikan lewat kolom kondensor. Hasil ethanol akan keluar melalui lubang kondensor. Hasil destilasi yang didapatkan yaitu ethanol dengan konsentrasi 93% sebanyak 600 ml. Berikut ini adalah hasil ethanol yang didapatkan dari berbagai bahan baku (Tabel 4.3).

Tabel 4.3 Hasil ethanol yang didapatkan dari berbagai bahan

Bahan baku	Volume kaldu fermentasi (liter)	Jenis Enzim	Agen Fermentasi	Hasil ethanol	Sumber
Singkong	13	Alpha amylase dan Gluco amylase	<i>Saccharomyces cerevisiae</i>	90% 500 ml	CV. Tristar, 2013
Tetes Tebu	6	-	<i>Saccharomyces cerevisiae</i>	90% 420 ml	CV. Tristar, 2014
Alang-alang	42	Enzim Stargen™ 002	<i>Saccharomyces cerevisiae</i>	93% 600 ml	Penelitian ini

Dari tabel diatas, didapatkan hasil yang sangat efisien dari bahan baku tetes tebu yaitu volume kaldu fermentasi 6 liter mendapatkan hasil 420 ml ethanol konsentrasi 90%, dibandingkan dengan menggunakan bahan baku pati (singkong) dan selulosa (alang-alang). Hal ini dikarenakan proses produksi bioethanol akan lebih besar hasilnya apabila menggunakan bahan baku yang berbahan dasar gula atau yang lebih banyak mengandung gula. Sehingga, jumlah bioethanol yang dihasilkan akan lebih banyak pula.

Sedangkan untuk mendapatkan ethanol 70% dan 90 %, dilakukan pengenceran dengan rumus :

$$V_1 \cdot N_1 = V_2 \cdot N_2$$

Tabel 4.4 Proses pengenceran

Pengenceran (70%)	Pengenceran (90%)
$200 \text{ ml} \times 93\% = V_2 \times 70\%$ $= 266 \text{ ml}$	$200 \text{ ml} \times 9\% = V_2 \times 90\%$ $= 207 \text{ ml}$

Dari tabel diatas, untuk mendapatkan konsentrasi ethanol 70%, 200 ml ethanol 93% ditambahkan dengan akuades 266 ml. Sedangkan untuk mendapatkan ethanol 90%, maka 200 ml ethanol 93% ditambahkan dengan akuades 207 ml.

4.4 Analisis Kadar Gula

Analisis kadar gula dalam penelitian ini dilakukan dengan menggunakan alat refraktometer. Prinsip kerja refraktometer adalah menyerap cahaya yang terdapat pada sampel. Pengukuran kadar gula ini dilakukan sebelum dan sesudah proses fermentasi.

Tabel 4.5 Analisis kadar gula

Kadar Gula	
Awal (Sebelum fermentasi)	Akhir (Sesudah fermentasi)
7	5

Berdasarkan Tabel 4.5 di atas, dapat diketahui bahwa secara umum terjadi penurunan kadar gula selama proses fermentasi. Hal ini disebabkan pada proses fermentasi terjadi

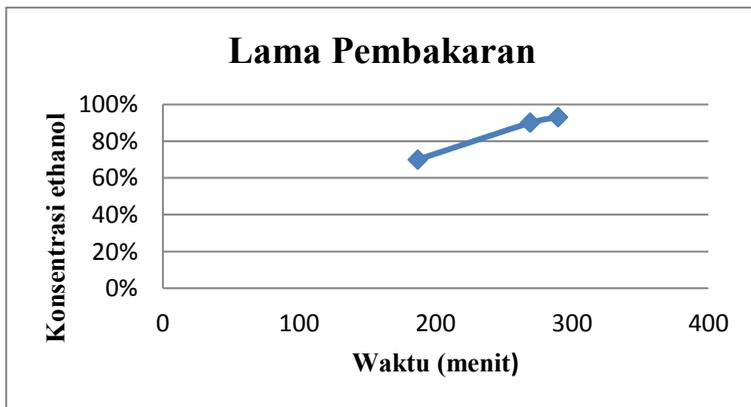
konversi gula reduksi menjadi ethanol dan karbondioksida (Grote *et al*, 1980), menyatakan bahwa konsentrasi ethanol yang maksimum diperoleh ketika konsentrasi gula reduksi residu minimum. Selain itu, *Saccharomyces cerevisiae* sebagai mikroorganisme heterotrof menggunakan kadar gula sebagai sumber energi.

4.5 Pengujian Bioetanol Sebagai Bahan Bakar

Pengujian bioetanol sebagai bahan bakar, dapat dilihat pada Tabel 4.6 dan Gambar 4.1.

Tabel 4.6 Hasil uji bioetanol sebagai bahan bakar

Konsentrasi ethanol	Lama pembakaran (menit)		
	Ulangan 1	Ulangan 2	Rata-rata
70%	190	184	187
90%	275	264	269,5
93%	290	-	290



Gambar 4.1 Hasil uji lama pembakaran

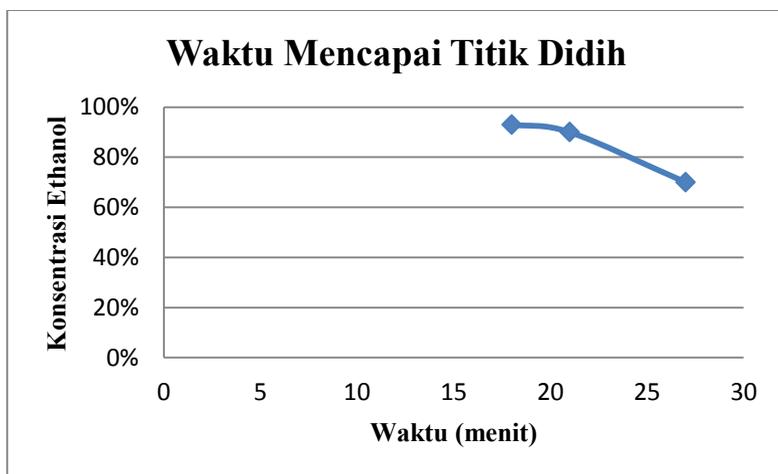
Dari hasil Tabel 4.6 dan Gambar 4.1, dapat disimpulkan bahwa kadar ethanol 93% dapat menyala lebih lama dengan kata lain lebih irit, jika dibandingkan dengan ethanol 90% dan 70%. Hal ini dikarenakan tingkat kemurnian dari ethanol 93% lebih tinggi, sehingga mempengaruhi efisiensi lama waktu nyala api, dimana hal ini didapatkan waktu lama pembakaran yang lebih lama daripada ethanol 90% dan 70%. Dari hasil tersebut didapatkan hasil waktu 290 menit pada konsentrasi ethanol 93% sebanyak 200 ml. Dan pada waktu rerata 269,5 menit pada konsentrasi ethanol 90% yaitu ulangan 1 275 menit dan 273 menit dari ulangan kedua, dari 200 ml volume ethanol 90%. Sedangkan pada konsentrasi ethanol 70% didapatkan rerata waktu 187 menit, dari 190 menit ulangan 1 dan ulangan 2 yaitu 184 menit. Sehingga hasil yang didapatkan pada uji lama pembakaran ini dapat disimpulkan bahwa ethanol 93% lebih lama nyala apinya, sehingga lebih irit dan efisien daripada ethanol 90% dan 70%. Hal ini disebabkan oleh tingkat kemurnian dari ethanol tersebut yang menyebabkan nyala api lebih lama pada ethanol dengan kadar kemurnian tinggi. Hal ini juga diungkapkan pada penelitian jurnal Litbang (2013) yang menyatakan bahwa tingkat kemurnian (kadar) ethanol mempengaruhi efisiensi waktu pemasakan, dimana ethanol dengan kadar lebih tinggi lebih efisien daripada ethanol berkadar rendah. Karena tingkat kemurnian (kadar) ethanol yang lebih tinggi, tidak mengandung banyak komponen lain selain ethanol.

4.6 Pengamatan waktu yang dibutuhkan untuk mencapai titik didih

Hasil uji pengamatan waktu yang dibutuhkan untuk mencapai titik didih ini dapat dilihat dari Tabel 4.7 dan Gambar 4.2.

Tabel 4.7 Hasil uji waktu mencapai titik didih

Konsentrasi ethanol	Waktu mencapai titik didih (menit)		
	Ulangan 1	Ulangan 2	Rata-rata
70%	26	28	27
90%	20	22	21
93%	18	-	18



Gambar 4.2 Uji waktu mencapai titik didih

Dari gambar diatas, didapatkan hasil dari waktu mencapai titik yaitu pada ethanol 93% selama 18 menit, ethanol 90% dengan rerata 21 menit, dari ulangan 1 20 menit dan pada ulangan 2 yaitu 22 menit. Sedangkan pada ethanol 70% didapatkan hasil rerata 27 menit dari ulangan 1 yaitu 26 menit dan ulangan 2 selama 28 menit untuk mencapai titik didih. Sehingga dapat

disimpulkan bahwa konsentrasi ethanol 93% menghasilkan panas yang lebih tinggi daripada ethanol 90% dan 70%, yang menyebabkan proses mendidih lebih cepat.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Alang-alang (*Imperata cylindrica* (L) Beauv.) berpotensi sebagai bahan baku dalam pembuatan ethanol dengan penambahan enzim stargenTM 002 pada proses sakarifikasi dan yeast *Saccharomyces cereviseae* pada proses fermentasi. Dari 11 kg alang-alang berbahan baku selulosa dihasilkan 600 ml bioethanol 93%. Apabila dibandingkan dengan pembuatan bioethanol berbahan baku pati (singkong) dan tetes tebu (gula), maka hasil bioethanol dan kadar yang didapatkan lebih banyak dan tinggi menggunakan tetes tebu, karena tetes tebu tersebut terkandung gula yang lebih banyak daripada berbahan baku pati dan selulosa. Penelitian pada uji lama pembakaran dan lama waktu mencapai titik didih menunjukkan hasil bahwa semakin tinggi konsentrasi ethanol yang digunakan, semakin lama pula waktu nyala api yang dihasilkan dan semakin cepat pula waktu untuk mencapai titik didih.

5.2 Saran

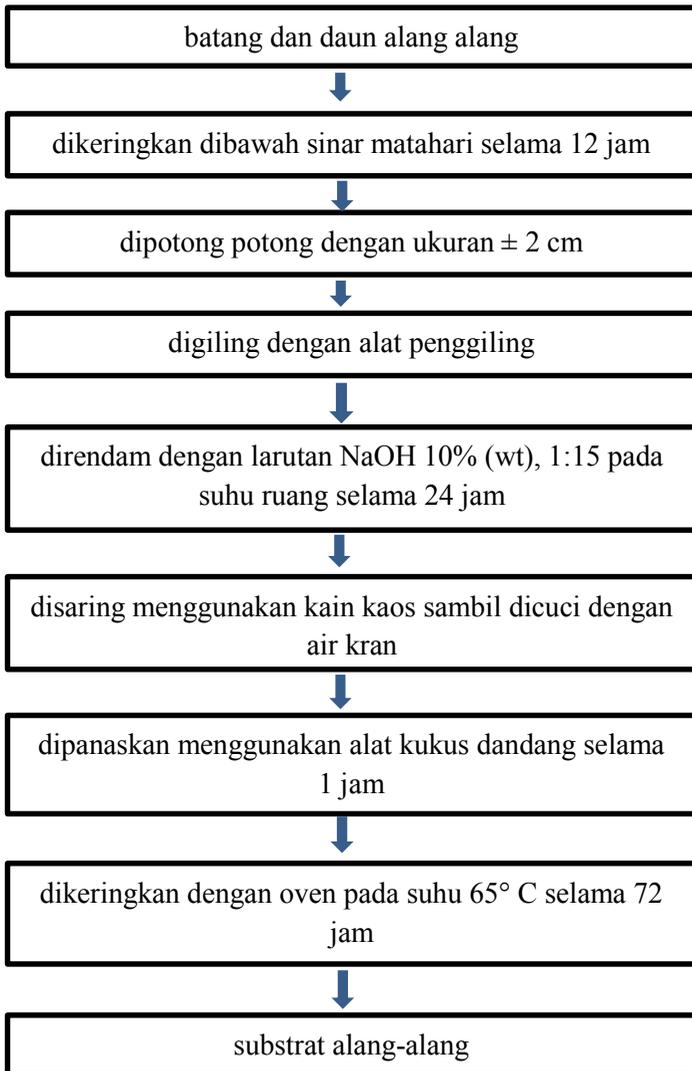
1. Sebaiknya untuk penelitian selanjutnya, menggunakan lebih banyak variasi enzim dengan memperhatikan kadar gula yang dihasilkan sebelum dan sesudah proses fermentasi.
2. Untuk penelitian yang selanjutnya juga disarankan agar menggunakan bakteri *Zymomonas mobilis* pada proses fermentasi, karena memungkinkan terjadinya peningkatan kadar gula yang lebih signifikan.
3. Sebaiknya menggunakan kompor bioethanol yang lebih canggih dan terkini agar nyala api lebih stabil dan merata.

“Hal ini sengaja dikosongkan”

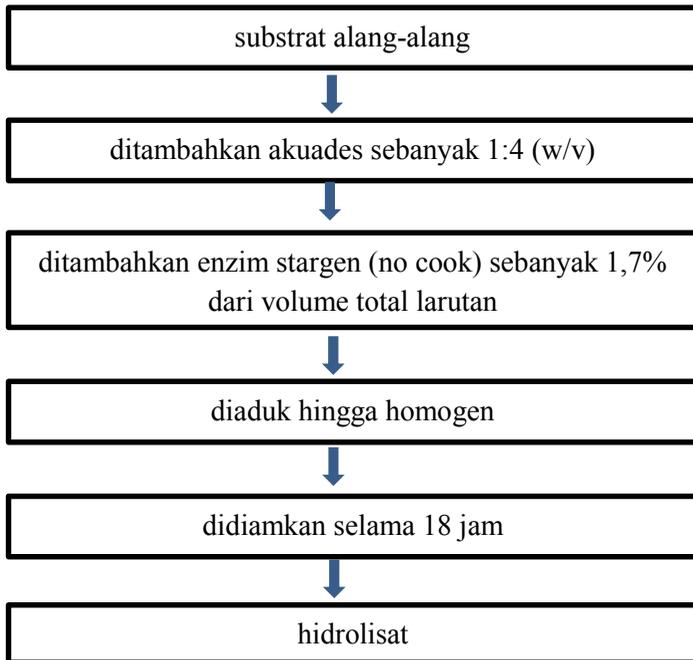
DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran 1. Persiapan Bahan dan Perlakuan Awal (<i>Pretreatment</i>)	47
Lampiran 2. Proses Sakarifikasi	48
Lampiran 3. Proses Fermentasi.....	49
Lampiran 4. Proses Destilasi	50
Lampiran 5. Pengujian Kadar Ethanol	51
Lampiran 6. Analisis Gula Reduksi.....	52
Lampiran 7. Pengujian Bioetanol Sebagai Bahan Bakar	53
Lampiran 8. Pengamatan Waktu yang Dibutuhkan Untuk Mencapai Titik Didih	54
Lampiran 9. Dokumentasi Kegiatan	55

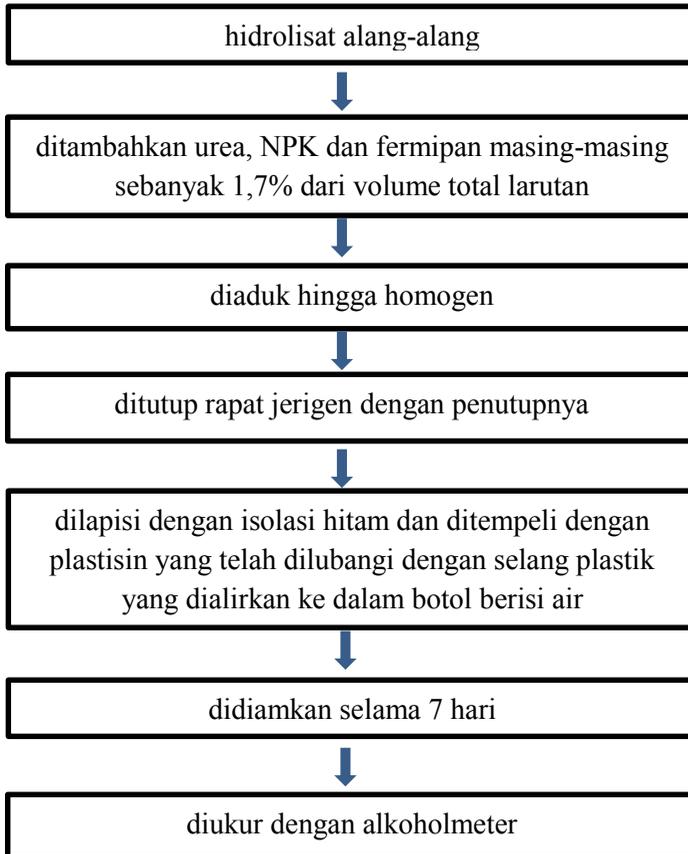
Lampiran 1. Persiapan bahan dan perlakuan awal (*Pretreatment*)



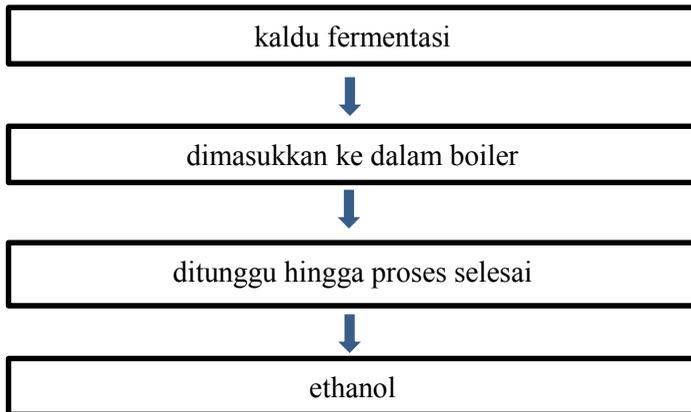
Lampiran 2. Proses sakarifikasi



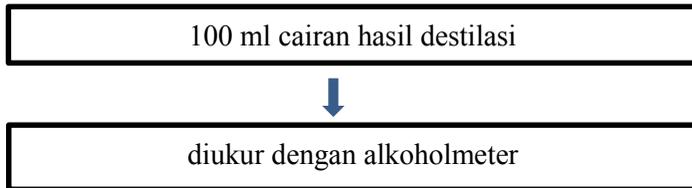
Lampiran 3. Proses fermentasi



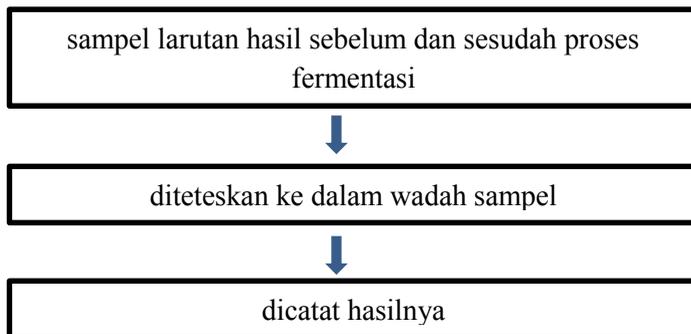
Lampiran 4. Proses destilasi



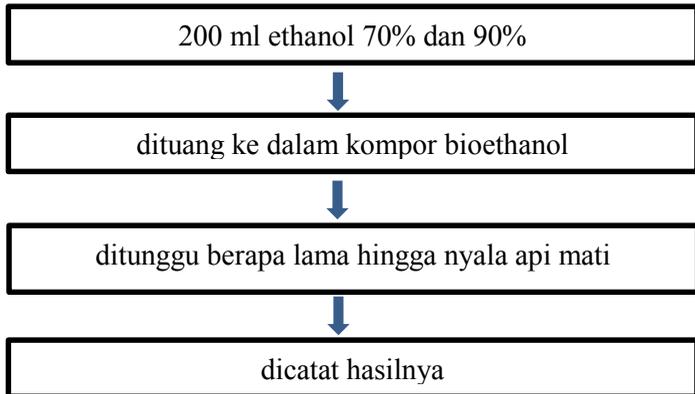
Lampiran 5. Pengujian kadar ethanol



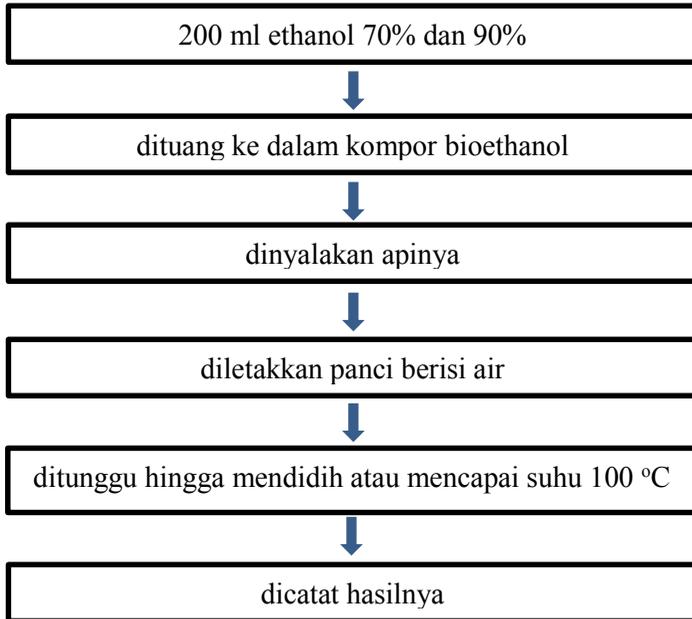
Lampiran 6. Analisis gula reduksi



Lampiran 7. Pengujian bioethanol sebagai bahan bakar



Lampiran 8. Pengamatan waktu yang dibutuhkan untuk mencapai titik didih



Lampiran 9. Dokumentasi kegiatan

a. Proses *pretreatment*

Alang-alang



Pemotongan alang-alang

Proses penggilingan
alang-alang

Serbuk alang-alang



Proses perendaman serbuk dengan NaOH



Proses penyaringan



Pengukusan serbuk alang-alang



Serbuk alang-alang dibungkus dengan aluminium foil



Proses pengovenan



Substrat alang-alang

b. Proses sakarifikasi



Enzim stargen (no cook)
dan akuades



Pengadukan substrat dengan
akuades dan enzim stargen



Proses sakarifikasi selama 18 jam



Hasil setelah proses sakarifikasi

c. Proses fermentasi



Urea



NPK

d. Proses destilasi



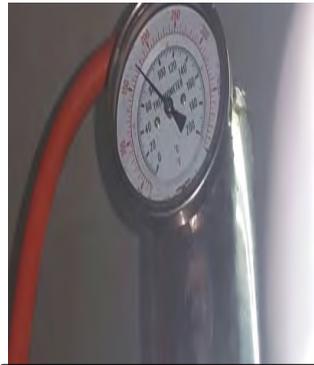
Proses penyaringan setelah fermentasi



Proses penuangan kaldu fermentasi



Proses destilasi



Pemanasan dengan suhu 80° C



Alat destilasi



Ethanol hasil destilasi

e. Pengujian kadar ethanol



Didapatkan kadar
ethanol 93%

f. Analisis kadar gula



Pengukuran kadar gula menggunakan refractometer

g. Proses pengenceran



Pengukuran kadar ethanol 70%



Pengukuran kadar ethanol 90%

h. Pengujian bioethanol sebagai bahan bakar



Pengujian kompor bioethanol



Penuangan bioethanol



Uji nyala api kompor bioethanol



Uji nyala api ethanol 90%



Uji nyala api ethanol 70%

i. Pengamatan titik didih



Ethanol 70%



Ethanol 90%

DAFTAR PUSTAKA

Ahmad, R.Z. 2005. Pemanfaatan Khamir *Saccharomyces cerevisiae* Untuk Ternak. **Wartazoa** Vol. 15 No. 1.

Anindyawati, T. 2010. **Potensi Selulase dalam Mendegradasi Lignoselulosa Limbah Pertanian untuk Pupuk Organik**. Berita Selulosa, Vol. 45, No. 2, Desember 2010 : 70 – 77.

Anonim. 2014. Proses Produksi Bioetanol. Surabaya : CV. Tristar

Arfman, N., Dijkhuizen, L., and Kirchhof, G. 1992. *Bacillus methanolicus* sp. nov., A New Species of Thermotolerant, Methanol-utilizing, Endospore-forming Bacteria. **Int J Syst Bacteriol** **42**, 439 ± 445.

Axelsson, J. 2011. Separate Hydrolysis and Fermentation of Pretreated Spruce. **Thesis**. Sweden : Department of Physics, Chemistry and Biology Linkoping University.

Budiono. 1996. Produksi Etanol oleh *Saccharomyces cerevisiae* dengan Perendaman Tapioka dalam HCL. **Skripsi**. Surabaya : Jurusan Kimia, FMIPA ITS.

Brodeur, G., Elizabeth Y., Kimberly B., John C., K. B. Ramachandran, and Subramanian R. 2011. Chemical and Physicochemical Pretreatment of Lignocellulosic Biomass: A Review. **Enzyme Research**, Volume 2011, Article ID 787532, 17 pages.

Campbell, C. S. 1985. The Subfamilies and Tribes of the Gramineae (Poaceae) in the Southeastern United States. **Journal of the Arnold Arboretum** **66**: 123-199.

Clayton, W. D. 1972. Studies in the Gramineae: The Awned Genera of the Andropogoneae. **Kew Bulletin** 27: 457-474.

Dien, B.S., M.A. Cotta, and T.W. Jeffries. 2003. Bacteria Engineered for Fuel Ethanol Production: Current Status. **Appl. Microbiol. Biotechnol.** 63: 258–266.

Dworkin, M. 2006. **Prokaryotes, A Handbook on the Biology of Bacteria, Proteobacteria : Alpha and Beta Subclasses.** New York : Springer.

Fessenden, R.J. dan Fessenden, J.S. 1986. **Kimia Organik Jilid 1 Edisi Ketiga.** Jakarta : Erlangga.

Garrity, D.P., Soekadi, M., Van Noordwijk, M., De la Cruz, R., Pathak, P.S., Gunasena, H.P.M., Van So, N., Huijun, G. and Majid, N.M., 1997. The Imperata Grasslands of Tropical Asia: Area, Distribution, and Typology. **Agroforestry Systems** 36: 3-29.

Gabel, M. L. 1982. **A Biosystematic Study of the Genus Imperata (Gramineae: Andropogoneae).** Dissertation. USA : Iowa State University.

Ganda, D.P, Chairul, dan Hafidawati. 2013. Variasi Konsentrasi Enzim Stargen™ 002 pada Proses Sakarifikasi dan Fermentasi Serentak Pati Sorgum menjadi Bioetanol. **Skripsi.** Pekanbaru : Laboratorium Rekayasa Bioproses Jurusan Teknik Kimia Universitas Riau.

Genencor. 2010. Saccharifying and Debranching Enzymes. Singapore.

Grote, W, ,K,J Lee dan P,L Rogers. 1980. Continuous Ethanol Production by Immobilized Cells of *Zymomonas Mobilis*. **Biotechnology Letters**, vol 11, hal 481-486.

Gunam, Ida B.W, Buda, K. dan I Made Yoga S.G. 2010. Pengaruh Perlakuan Delignifikasi dengan Larutan NaOH dan Konsentrasi Substrat Jerami Padi terhadap Produksi Enzim Selulase dari *Aspergillus niger* Nrrl A-Ii, 264. **Jurnal Biologi XIV (1) : 55 – 61**.

Gurunathan, Sangiliyandi and Gunasekaran,P. 2004. Differential Expression of *Zymomonas mobilis* Sucrase Genes (sacB and sacC) in *Escherichia coli* and Sucrase Mutants of *Zymomonas mobilis*. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, Vol.47, no. 3 : pp. 329-338, July 2004.

Herera, S. 2006. Produksi Ethanol dari Bahan Alam Terbarukan. <http://www.ifpri.org>, 25 Agustus 2014.

Hidayat, I. 2005. Pengaruh pH terhadap Aktivitas Endo-1,4- β -Glucanase *Bacillus* sp. AR 009. **Biodiversitas** Volume 6, Nomor 4 Oktober 2005 Halaman: 242-244.

Hogg, S. 2005. **Essential Microbiology**. England : John Wiley & Sons, Ltd.

Holtzapple, M. T., Ripley, E. P., and Nikolaou, M. 1994. Saccharification, Fermentation, and Protein recovery from Low-temperatur AFEX-treated Coastal Bermudagrass. **Biotechnol. Bioeng.** 27, 1122-1131.

Imanah, A. 2006. Pemanfaatan Sari Buah Pisang sebagai Substrat untuk Pembuatan Etanol dengan Menggunakan *Zymomonas mobilis*. **Thesis**. Surabaya : Jurusan Kimia, FMIPA, Intitut Teknologi Sepuluh Nopember.

Indartono, Y. 2005. Bioetanol, Alternatif Energi Terbarukan : Kajian Prestasi. Mesin dan Implementasi di Lapangan Fisika. **LIPI**.

Judoamidjojo, M.A., Darwis, dan E.G. Sa'id. 1992. Teknologi Fermentasi Edisi 1. **Buku**. Jakarta : Rajawali Press.

Jungwoo, Y. 2011. Enhanced Bioethanol Production by *Zymomonas Mobilis* in Response to The Quorum Sensing Molecules AI-2. **Thesis**. Durham : Durham University.

Karimi, K., G. Emtiazi, dan M.J. Taherzadeh. 2006. Ethanol Production from Dilute-Acid Pretreated Rice Straw by Simultaneous Saccharification and Fermentation with *Mucor indicus*, *Rhizopus oryzae*, and *Saccharomyces cerevisiae*. **Enzyme and Microbial Technology** 40 (2006) 138–144.

Khairani, R. 2007. **Tanaman Jagung Sebagai Biofuel**. Jakarta : Agromedia Pustaka.

Krismastuti, Herwahyu, F.S. 2009. Sumber Daya Alam Hayati Penghasil energi Alternatif Bioetanol. **Berita Iptek Tahun ke-47** Nomor 1, 2009.

Kusumaningati, A.M., Nurhatika, S., dan Muhibuddin, A. 2013. Pengaruh Konsentrasi Inokulum Bakteri *Zymomonas mobilis* dan Lama Fermentasi Pada Produksi Ethanol dari Sampah Sayur dan Buah Pasar Wonokromo Surabaya. **Jurnal Sains dan Seni Pomits**. Vol. 2, No.2, (2013)

Lee, Kyung Yun, Jong, M.P, Tae, T.K, Hongseok, Y. and Sang, Y.L. 2010. The Genome-scale Metabolic Network Analysis of *Zymomonas mobilis* ZM4 Explains Physiological Features and Suggests Ethanol and Succinic Acid Production Strategies. **Microbial Cell Factories** 2010, 9:94.

- Lehninger. 1982. **Dasar-Dasar Biokimia Jilid 1**. Jakarta : Erlangga.
- Lin, Yu Sheng, and W. Lee. 2011. Simultaneous Saccharification and Fermentation of Alkali-Prereated Cogongrass for Bioethanol Production. **BioResources** 6(3), 2744-2756.
- Loan, A.N.V, J. R. Meeker, and M. C. Minno. 2002. Cogon Grass: Biological Control of Invasive Plants in the Eastern United States. **USDA Forest Service Publication**, 413 p.
- Maisaroh. 2009. Hidrolisis Selulosa dengan Enzim Selulase dari Bekicot (*Achatina fulica*) untuk Produksi Ethanol dengan *Zymomonas mobilis* A3. **Thesis**. Surabaya : Jurusan Kimia. FMIPA, Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Nurhatika, S. and Arifiyanto, A. 2014. An Overview of Bioethanol Application Made from Biomaterial Ingredient For Stove and Motorcycle. **Journal of Applied Environmental and Biological Sciences**, 4 (4) 147-151
- Norman, W.D. 1988. Teknologi Pengawetan Pangan. **Skripsi**. Univeristas Indonesia. Jakarta.
- Nurhatika, S., Arifiyanto, A., Kusumaningati, A.M. and Agustina, D. 2014. Bioethanol Application Made From Biomaterial Ingredient for Stove and Its Contribution Towards Renewable Energy Usage in Indonesia. **International Journal of Academic Research**, Vol.6 No.5 Article ID : IJ14V6N5A34
- Osunkoya, O.A. and N.J Okwundika. 2011. Utilization of Sugar Refinery Waste (Molasses) for Ethanol Production Using *Saccharomyces cerevisiae*. **American Journal of Scientific and Industrial Research** 2 (4): 694-706

Pasha, Chand, B.C Sekhar, B.Srinivas, K. Balakrishna, and N. Hanumalal. 2012. Sequential Cellulase Production, Saccharification and Ethanol Fermentation Using Rice Straw. **Journal of Scientific and Industrial Research**, Vol. 71, September 2012, pp.616-620.

Pikukuh, P. 2012. Selulosa, Komponen yang Paling Banyak Ditemukan di Alam. <http://www.blog.ub.ac.id>. 25 Agustus 2014.

Prescott, S. G and C. G. Said. 1959. Industrial Microbiology, ed 3. **Book**. New York : McGraw-Hill Book Company.

Presscott, M.C. and C.G. Dunn. 1959. Industrial Microbiology. **Book**. London : McGrawHill Book.

Prihandana, R., Kartika N., Praptiningsih G. A., Dwi S., Sigit S., dan Roy H. 2007. **Bioetanol Ubi Kayu : Bahan Bakar Masa Depan**. Jakarta : Agromedia Pustaka.

Purwanto. 2004. Aktivitas Fermentasi Alkoholik Cairan Buah. **Jurnal Universitas Widya Mandala Madiun**. No.1 tahun XXXII. Madiun : UWM.

Riyanti, E.I. 2009. Biomassa Sebagai Bahan Baku Bioetanol. **Jurnal Litbang Pertanian**, 28(3), 2009.

Rizani, K.Z. 2000. Pengaruh Konsentrasi Gula Reduksi dan Inokulum *Saccharomyces cerevisiae* pada Proses Fermentasi Sari Kulit Nanas (*Ananas comusus* L. Merr) untuk Produksi Etanol. **Skripsi**. Malang : Jurusan Biologi Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam. Universitas Brawijaya.

Robson, L.M. and G.H. Chambliss. 1989. **Enzymes Microbial Technology** 11: 626-644.

Rogers, P.L., Lee, K.J., Skotnicki, M.L. And Tribe, D.E. 1982. Ethanol production by *Zymomonas mobilis*. **Journal advances in Biochemical Engineering**, vol. 23, p. 37-84.

Safaria S, Nora I., dan T.A Zaharah. 2013. Efektivitas Campuran Enzim Selulase dari *Aspergillus niger* dan *Trichoderma reesei* dalam Menghidrolisis Substrat Sabut Kelapa. **JKK**, tahun 2013, volume 2 (1), halaman 46-51.

Sen, D. C. 1989. Ethanol Fermentation. **Biomass Handbook**. Gordon and Breach Science Publishers, 254-270.

Steeniss, Van, C.G.G.J. 1982. Flora. Jakarta : PT. Pratnya Paramita.

Sulfahri, Nurhatika S., and Nurhidayati T. 2011. Aerobic and Anaerobic Processes of *Spyrogyra* Extract Using Different Doses of *Zymomonas mobilis*. **Journal of Aplied Enviromental and Biological Sciences**. 1 (10) 420-425.

Sumasroh, M. 2013. Perkembangan Kompor Bioetanol. Asosiasi Pengusaha Bioetanol Indonesia.

Sunarto, E. 2012. Fermentasi Selulosa Batang Jagung (*Zea mays* L.) oleh *Zymomonas mobilis* dengan Penggunaan Enzim Selulase Melalui Metode Separate Enzymatic Hidrolysis and Fermentation (SHF). **Tugas Akhir**. Surabaya : Jurusan Biologi, FMIPA, Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

Sun, Y., and Cheng, J., 2002. Hydrolysis of Lignocellulosic Materials for Ethanol Production: A Review. **Bioresource Technol.**, 83, 1-11.

Sutiya, B., Istikowati, T.W., Rahmadi, A. Dan Sunardi. 2012. Kandungan Kimia dan Sifat Serat Alang-Alang (*Imperata cylindrica*) Sebagai Gambaran Bahan Baku Pulp dan Kertas. **Bioscientiae**, Vol. 9, No.1, Hal. 8-9.

Steeniss, Van, C.G.G.J. 1982. **Flora**. Jakarta : PT. Pratnya Paramita

Vlasenko, E.Y., Ding, H., Labavitch, J. M., and Shoemaker, S. O. 1997. Enzymatic Hydrolysis of Pretreated Rice Straw. **Bioresour Technol**. 59, 109-119.

Walpole, R.E. 1992. Ilmu Peluang dan Statistika untuk Insinyur dan Ilmuwan. **Skripsi**. Bandung : Institut Teknologi Bandung.

Zakpaa, H. D., Mak-Mensah, E. E., and Johnson, F. S. 2009. Production of Bioethanol from Corncobs Using *Aspergillus niger* and *Saccharomyces cerevisiae* in Simultaneous Saccharification and Fermentation. **Afr. J. Biotechnol**, Vol. 8:3018-3022.

Zaldivar J, Nielsen J and Olsson L. 2001. Fuel Ethanol Production from Lignocellulose: a Challenge for Metabolic Engineering and Process Integration. **Appl Microbiol Biotechnol**, 56, 17-34.

Zhang, K. And Feng, H. 2010. Fermentation Potentials of *Zymomonas mobilis* and its Application in Ethanol Production from Low-cost Raw Sweet Potato. **African Journal of Biotechnology**. Vol. 9 (37), No. 6122-6128.

BIODATA PENULIS



Penulis dilahirkan di Surabaya, 30 Agustus 1992 merupakan anak bungsu dari tiga bersaudara. Memulai pendidikan awal di TK Kutilang Surabaya, lalu melanjutkan pendidikan dasar di SDN Petemon 1 Surabaya. Setelah lulus, melanjutkan ke jenjang menengah pertama di SMPN 5 Surabaya. Dari sinilah mulai terdapat ketertarikan pada bidang sains dan ilmu hayati, terutama di Biologi. Kemudian memulai jenjang menengah pertama di SMAN 9 Surabaya.

Setelah lulus SMA, perempuan yang gemar dengan *travelling*, *swimming* dan *cooking* ini, memutuskan untuk melanjutkan ke Perguruan Tinggi di Jurusan Biologi ITS Surabaya. Disinilah penulis pernah mengikuti organisasi Himpunan Mahasiswa sebagai staff di bidang Enterpreneur.