

SKRIPSI
STUDI PEMANFAATAN LIMBAH TANDAN KOSONG
KELAPA SAWIT UNTUK MEMBUAT ETANOL
DENGAN PROSES FERMENTASI OLEH
SACCHAROMYCES CEREVISIAE

Diajukan sebagai salah satu syarat Mencapai Gelar Sarjana
Strata Satu (S-1)



Oleh:

DARU KALOKA (200810235003)

FAKULTAS TEKNIK
JURUSAN KIMIA
UNIVERSITAS BHAYANGKARA JAKARTA RAYA

2012

LEMBAR PENGESAHAN

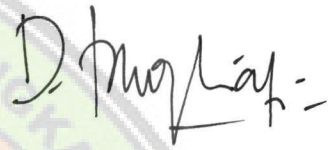
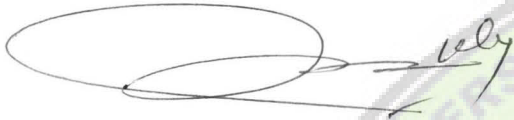
SKRIPSI

**STUDI PEMANFAATAN LIMBAH TANDAN KOSONG KELAPA SAWIT
UNTUK MEMBUAT ETANOL DENGAN PROSES FERMENTASI OLEH
SACCHAROMYCES CEREVISIAE**

Menyetujui,

Pembimbing I

Pembimbing II

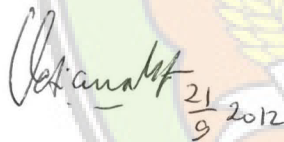


Dr. Yos Uly Ir., M.B.A., M.M.

Dewi Murniati, M.Si.

Penguji I

Penguji II



Octiana Mustikaningdyah, Ir.

Reni Masrida, S.T., M.T.


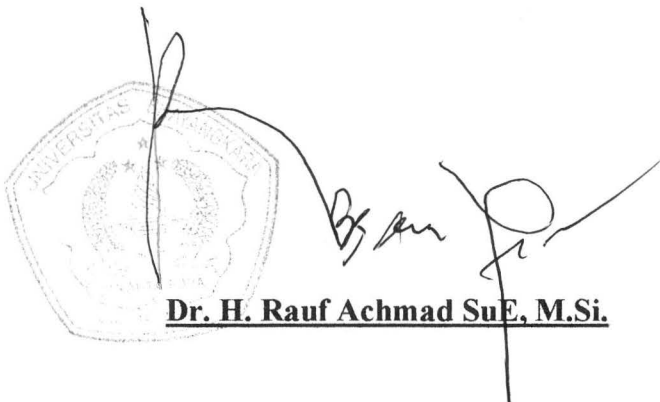
Mengetahui,

Dekan Fakultas Teknik

Ketua Program Studi Teknik Kimia

Universitas Bhayangkara Jakarta Raya

Universitas Bhayangkara Jakarta Raya



Dr. H. Rauf Achmad SuE, M.Si.

Reni Masrida, S.T., M.T.

LEMBAR PERNYATAAN

Yang bertanda tangan dibawah ini,

Nama : Daru Kaloka

NPM : 200810235003

Fakultas / jurusan : Teknik / Kimia

Judul Skripsi : STUDI PEMANFAATAN LIMBAH TANDAN
KOSONG KELAPA SAWIT UNTUK
MEMBUAT ETANOL DENGAN PROSES
FERMENTASI OLEH SACCHAROMYCES
CEREVISIAE

Dengan ini menyatakan bahwa hasil penulisan skripsi ini merupakan hasil karya sendiri dan benar keasliannya. Jika dikemudian hari penulisan skripsi yang telah saya buat merupakan hasil plagiat atau penjiplakan terhadap karya orang lain, maka saya bersedia bertanggung jawab sekaligus bersedia menerima sanksi berdasarkan aturan tata tertib di Universitas Bhayangkara Jakarta Raya.

Demikian, pernyataan dibuat dalam keadaan sadar dan tidak dipaksakan.

Pemulis.





Skripsi kupersembahkan kepada Almarhum Bapak dan Ibu tercinta

Serta Kakak & Adik tersayang

(keluarga merupakan anugerah yang terindah)

**STUDI PEMANFAATAN LIMBAH TANDAN KOSONG KELAPA SAWIT
UNTUK MEMBUAT ETANOL DENGAN PROSES FERMENTASI OLEH
SACCHAROMYCES CEREVISIAE**

Mahasiswa : Daru Kaloka (200810235003)
Jurusan : S 1 Teknik Kimia FT-UBHARA Jakarta Raya
Pembimbing I : Bapak Dr. Yos Uly, Ir., M.M., M.B.A.
Pembimbing II : Ibu Dewi Murniati, M.Si.

Ringkasan

Semakin menipisnya persediaan minyak dunia menyebabkan kelangkaan bahan bakar minyak (BBM), termasuk Indonesia yang menyebabkan masalah energi mendasar karena sifatnya yang tidak terbarukan (*non-renewable*) serta tingkat ketersediaannya semakin berkurang sehingga untuk mengatasi masalah defisit energi diperlukan pengembangan sumber energi terbarukan (*renewable*) sebagai bahan bakar alternatif seperti bioetanol.

Bioetanol merupakan salah satu *biofuel* yang hadir sebagai bahan bakar alternatif yang lebih ramah lingkungan dan sifatnya yang terbarukan. Pada umumnya bioetanol menggunakan jagung dan tebu sebagai bahan baku. Penggunaan kedua bahan baku tersebut berpotensi menimbulkan kontradiksi terhadap kebutuhan bahan pangan bila diterapkan di negara berkembang seperti Indonesia. Oleh sebab itu, selulosa berpotensi menjadi salah satu bahan baku alternatifnya dan limbah tandan kosong kelapa sawit (TKKS) memiliki potensi yang besar menjadi sumber bio massa selulosa dengan kelimpahan cukup tinggi dan sifatnya yang terbarukan karena jika tidak diolah dapat mencemari lingkungan. TKKS merupakan hasil samping dari pengolahan minyak kelapa sawit yang pemanfaatannya masih terbatas sebagai pupuk, bahan baku pembuatan matras dan media bagi pertumbuhan jamur serta tanaman.

Dalam limbah TKKS terdapat bahan selulosa yang dapat digunakan untuk membuat bioetanol, dengan menggunakan metode fermentasi dan bantuan katalis H_2SO_4 . Proses pembuatan bioetanol meliputi 4 tahap, yaitu tahap pre-hidrosa terjadi reaksi hemiselulosa menjadi xylose dengan katalis H_2SO_4 4,4% pada $100^\circ C$ dan tekanan atmosferis. Tahap hidrosa terjadi reaksi selulosa menjadi glukosa dengan katalis H_2SO_4 8% pada $110^\circ C$ dan tekanan atmosferis. Pada tahap fermentasi terjadi reaksi glukosa menjadi etanol 12,3% dengan penambahan *Saccharomyces Cerevisiae* pada $32^\circ C$ dan tekanan atmosferis. Tahap distilasi dan dehidrasi dilakukan untuk menaikkan kadar bioetanol dari 12,3% menjadi 99,6%. Untuk membuat bioetanol dari limbah TKKS dibutuhkan bahan pendukung yaitu H_2SO_4 , *Saccharomyces cerevisiae*, $(NH_4)_2SO_4$, dan H_3PO_4 . Kebutuhan utilitasnya adalah air sanitasi, air pendingin, air boiler, dan air proses.

Kata kunci : Sumber energi terbarukan (*renewable*), bioetanol, limbah TKKS

KATA PENGANTAR

Assalaamu'alaikum wr. wb.

Dengan memanjatkan puji syukur kehadiran Allah SWT, yang telah memberikan rahmat dan hidayahnya kepada penulis sehingga dapat melaksanakan & menyelesaikan penyusunan Laporan Tugas Akhir (skripsi) sesuai waktu yang telah ditentukan. Adapun judul laporan tugas akhir adalah :

“ STUDI PEMANFAATAN LIMBAH TANDAN KOSONG KELAPA SAWIT UNTUK MEMBUAT ETANOL DENGAN PROSES FERMENTASI OLEH *SACCHAROMYCES CEREVISIAE* ”

Laporan tugas akhir ini disusun untuk diajukan guna melengkapi salah satu syarat dalam mencapai gelar sarjana strata satu (S 1) program studi Skripsi Universitas Bhayangkara Jakarta Raya fakultas teknik jurusan kimia. Dalam pembuatan laporan tugas akhir ini masih jauh dari kesempurnaan, karena keterbatasan ilmu pengetahuan dan waktu yang dimiliki. Oleh sebab itu diharapkan adanya saran dan kritik yang membangun sehingga dapat memperbaiki dan membenahi kekurangan – kekurangan yang ada.

Akhir kata penulis berharap semoga laporan ini dapat bermanfaat bagi seluruh pihak yang membacanya serta dapat digunakan sebagai salah satu referensi untuk pengembangan laporan tugas akhir berikutnya. Sekian, terima kasih.

Wassalaamu'alaikum wr. wb.

Bekasi, September 2012

Penulis

UCAPAN TERIMA KASIH

Dengan memanjatkan puji syukur kehadiran Allah SWT, yang telah memberikan rahmat dan hidayah-Nya kepada penulis sehingga dapat melaksanakan & menyelesaikan penyusunan Tugas Akhir sesuai waktu yang telah ditentukan.

Dan dengan segala kerendahan, keikhlasan, serta ketulusan hati penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada :

1. Kedua Orang Tua, yang telah memberikan doa dan restunya.
2. Bapak Dr. H. Rauf Achmad SuE, M.Si., selaku dekan fakultas teknik Universitas Bhayangkara Jakarta Raya.
3. Ibu Reni Masrida ST., MT., selaku ketua jurusan fakultas teknik Kimia Universitas Bhayangkara Jakarta Raya.
4. Bapak DR. Yos Uly Ir., MM., MBA., selaku dosen pembimbing 1 yang sabar dan disiplin dalam membimbing kami hingga lulus.
5. Ibu Dewi Murniati M.Si., selaku dosen pembimbing 2 yang banyak memberi masukan dan ide – ide segar dalam penulisan skripsi.
6. Seluruh dosen Fakultas Teknik Universitas Bayangkara Jakarta Raya yang tidak bisa disebutkan satu persatu.
7. Seluruh teman teman kerja dan atasan di PT. Prakarsa Alam Segar.
8. Teman satu kelas di teknik kimia Arif & Agus W.E.S. yang selalu memberi dukungan dalam kuliah serta bahu – membahu berjuang dari smester 1 sampai lulus kuliah.

DAFTAR ISI

Halaman Judul.....	i
Halaman Pernyataan.....	ii
Halaman Pengesahan.....	iii
Daftar Riwayat Hidup.....	iv
Halaman Peruntukan.....	v
Ringkasan.....	vi
Kata Pengantar.....	vii
Ucapan Terima Kasih.....	viii
Daftar Isi.....	ix
Daftar Tabel.....	xiii
Daftar Gambar.....	xv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
I.1 Latar Belakang.....	1
I.2 Rumusan Masalah.....	2
I.3 Batasan Masalah.....	2
I.4 Tujuan Penelitian.....	3

I.5 Manfaat Penelitian.....	3
I.6 Metodologi Penelitian.....	3
I.7 Sistematika Penulisan.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	6
II.1 Sejarah Etanol.....	6
II.2 Pengertian Bioetanol.....	7
II.2.1 Sifat Fisik dan Kimia Etanol.....	11
II.3 Bahan Baku Pembuatan.....	13
II.3.1 Tandan Kosong Kelapa Sawit.....	13
II.3.1.1 Struktur Fisik TKKS.....	14
II.3.1.1.1 Selulosa.....	15
II.3.1.1.2 Hemiselulosa.....	17
II.3.1.1.3 Lignin.....	18
II.3.2 <i>Saccharomyces cerevisiae</i>	19
II.4 Bahan Baku Pendukung.....	23
II.4.1 Amonium Sulfat.....	23
II.4.2 Asam Phospat.....	23

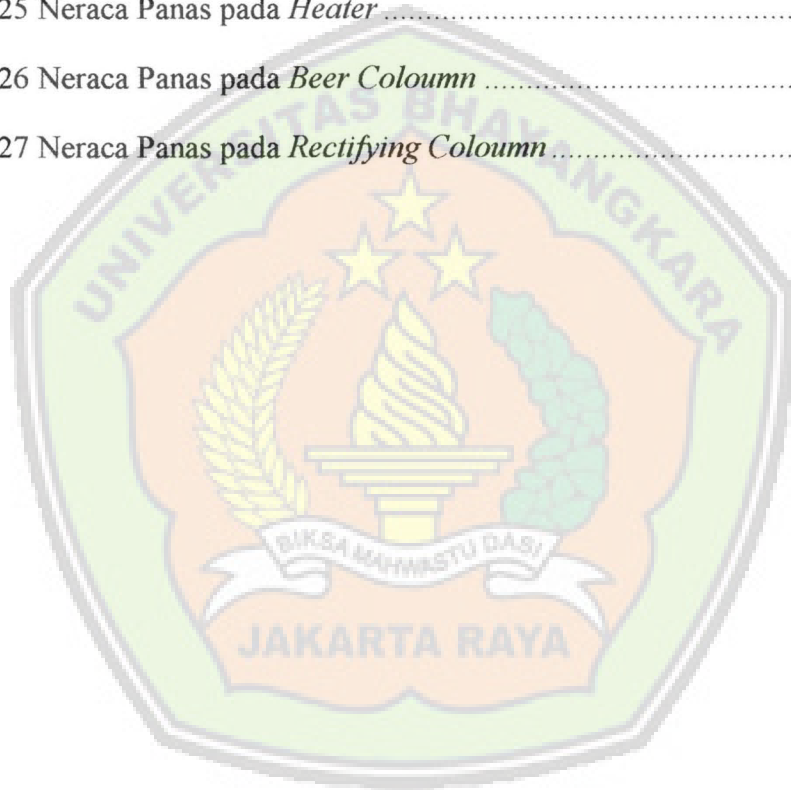
II.4.3 Antifoam.....	24
II.4.4 Susu Kapur.....	25
II.4.5 Asam Sulfat	25
II.5 Produk Samping.....	26
II.5.1 Karbondioksida.....	26
II.5.2 Lignin	27
II.5.3 Xylose.....	27
II.6 Macam Proses.....	27
II.6.1 Pembuatan Etanol Secara Sintesis dari Etilen.....	27
II.6.1.1 Proses Secara Hidrolisis Tidak Langsung.....	29
II.6.1.2 Proses Secara Hidrolisis Langsung.....	33
II.6.2 Pembuatan Etanol Secara Fermentasi <i>S. cerevisiae</i>	36
II.6.2.1 Pembuatan Etanol dari Tetes Tebu	38
II.6.2.2 Pembuatan Etanol dari Pati	41
II.6.2.3 Pembuatan Etanol dari Bahan Selulosa.....	43
II.7 Seleksi Proses	48
II.8 Instrumentasi dalam Pembuatan Bioetanol	49

BAB III DESKRIPSI PROSES	51
III.1 Uraian Proses Terpilih.....	51
III.1.1 Tahap Prehidrolisis	51
III.1.2 Tahap Hidrolisis	52
III.1.3 Tahap Fermentasi	52
III.1.4 Tahap Distilasi.....	54
III.1.5 Tahap Dehidrasi	55
III.3 Neraca Massa.....	57
III.4 Neraca Panas	69
BAB IV PENUTUP	84
IV.1 Kesimpulan	84
IV.2 Saran	85
DAFTAR PUSTAKA	86
LAMPIRAN	92

DAFTAR TABEL

Tabel II.1 Standar Etanol di Indonesia	10
Tabel II.2 Data Bioetanol di Indonesia	12
Tabel II.3 Sifat Fisik dan Morfologi TKKS	15
Tabel II.4 Komposisi Kimia TKKS	15
Tabel II.5 Perbedaan dari Ketiga Proses Pembuatan Bioetanol	48
Tabel II.6 Instrumentasi dalam Pembuatan Bioetanol	50
Tabel III.1 Neraca Massa pada Reaktor <i>Prehidrolisis</i>	57
Tabel III.2 Neraca Massa pada <i>Rotary Vacum Filter</i>	58
Tabel III.3 Neraca Massa pada Reaktor <i>Hidrolisis</i>	59
Tabel III.4 Neraca Massa pada <i>Rotary Vacum Filter</i>	60
Tabel III.5 Neraca Massa pada Tangki <i>Overlimming</i>	61
Tabel III.6 Neraca Massa pada Tangki <i>Sterilisasi</i>	62
Tabel III.7 Neraca Massa pada Tangki <i>Starter</i>	63
Tabel III.8 Neraca Massa pada Tangki <i>Fermentor</i>	64
Tabel III.9 Neraca Massa pada <i>Rotary Vacum Filter</i>	65
Tabel III.10 Neraca Massa pada <i>Beer Coloumn</i>	66
Tabel III.11 Neraca Massa pada <i>Rectifying Coloumn</i>	67
Tabel III.12 Neraca Massa pada <i>Molecular Shieves</i>	68
Tabel III.13 Neraca Panas pada <i>Heater</i>	69
Tabel III.14 Neraca Panas pada Reaktor <i>Prehidrolisis</i>	70
Tabel III.15 Neraca Panas pada <i>Cooler</i>	71
Tabel III.16 Neraca Panas pada <i>Rotary Vacum Filter</i>	72
Tabel III.17 Neraca Panas pada Reaktor <i>Hidrolisis</i>	73
Tabel III.18 Neraca Panas pada <i>Cooler</i>	74

Tabel III.19 Neraca Panas pada <i>Rotary Vacum Filter</i>	75
Tabel III.20 Neraca Panas pada Tangki <i>Sterilisasi</i>	76
Tabel III.21 Neraca Panas pada <i>Cooler</i>	77
Tabel III.22 Neraca Panas pada <i>Tangki Starter</i>	78
Tabel III.23 Neraca Panas pada <i>Fermentor</i>	79
Tabel III.24 Neraca Panas pada <i>Rotary Vacum Filter</i>	80
Tabel III.25 Neraca Panas pada <i>Heater</i>	81
Tabel III.26 Neraca Panas pada <i>Beer Coloumn</i>	82
Tabel III.27 Neraca Panas pada <i>Rectifying Coloumn</i>	83



DAFTAR GAMBAR

Gambar II.1 Struktur Molekul Etanol.....	7
Gambar II.2 Tandan Kosong Kelapa Sawit	13
Gambar II.3 Struktur Selulosa	17
Gambar II.4 Struktur Hemiselulosa	18
Gambar II.5 Struktur Lignin.....	19
Gambar II.6 <i>Saccharomyces cerevisiae</i>	19
Gambar II.7 Proses Pembuatan Etanol dari Etilena dengan Proses Hidrolisis Tidak langsung	32
Gambar II.8 Proses Pembuatan Etanol dari Etilena dengan Proses Hidrolisis Langsung.....	35
Gambar II.9 Proses Pembuatan Etanol dari <i>Blackstrap Molasses</i>	40
Gambar II.10 Proses Pembuatan Etanol dari Pati	42
Gambar II.11 Proses Pembuatan Etanol dari Selulosa	47
Gambar III.1 Diagram Blok Proses Blok Etanol.....	56