

TESIS

**STUDI KELAYAKAN SISTEM PEMURNIAN *CRUDE BIOETHANOL*
PADA PROTOTIPE PENGHASIL BIOFUEL
DARI TANDAN KELAPA SAWIT**



**Diajukan untuk Memenuhi Persyaratan Menyelesaikan Pendidikan pada
Program Studi Teknik Energi Terbarukan Program Magister Terapan
Politeknik Negeri Sriwijaya**

OLEH :

**Devina Sanchia Samosir
062050442832**

**PROGRAM MAGISTER TERAPAN
POLITEKNIK NEGERI SRIWIJAYA
PALEMBANG
2022**

HALAMAN PENGESAHAN

TESIS

**STUDI KELAYAKAN SISTEM PEMURNIAN *CRUDE BIOETHANOL*
PADA PROTOTIPE PENGHASIL BIOFUEL
DARI TANDAN KELAPA SAWIT**

OLEH :
DEVINA SANCHIA SAMOSIR
062050442832

Pembimbing I,

Dr. Yohandri Bow, S.T., M.S.
NIP.197110231994031002

Palembang, Juli 2022
Menyetujui,
Pembimbing II,

Dr. Ir. Abu Hasan, M.Si.
NIP.196410231992031001

Mengetahui,
Ketua Program Studi Teknik Energi Terbarukan
Program Megister Terapan

Prof. Dr. Ir. Rusdianasari, M.Si., IPM
NIP.196711191993032003

RINGKASAN

STUDI KELAYAKAN SISTEM PEMURNIAN *CRUDE BIOETHANOL* PADA PROTOTIPE PENGHASIL BIOFUEL DARI TANDAN KELAPA SAWIT

Karya tulis ilmiah berupa tesis, Juli 2022

Devina Sanchia Samosir; Dibimbing oleh Dr. Yohandri Bow, S.T., M.S., dan Dr. Ir. Abu Hasan, M.Si.

Feasibility Study Of Crude Bioethanol Purification System On Prtotype Producer Of Biofuel From Palm Oil Fruits

xx + 50 halaman, 21 tabel, 16 gambar, 4 lampiran (25 halaman)

Kebutuhan bahan bakar fosil meningkat rata-rata 10 persen per tahun di Indonesia dikarenakan meningkatnya kebutuhan bahan bakar kendaraan bermotor. Kebutuhan akan bahan bakar berbanding terbalik dengan ketersediaan energi fosil sebagai bahan baku utama pembuatan Bahan Bakar Minyak (BBM). Tandan kelapa sawit yang digunakan dalam penelitian adalah Tandan Buah Segar (TBS), Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS), dan *Fiber*. TKKS dan *Fiber* merupakan limbah industri yang saat ini belum dimanfaatkan secara optimal dan sering menimbulkan pencemaran lingkungan. Pengolahan limbah ini masih sangat terbatas yaitu masih dibakar di dalam incinerator, ditimbun, dijadikan mulsa di perkebunan kelapa sawit, dan diubah menjadi kompos. TBS mengandung lignin 18,67% dan selulosa 53,33%. TKKS mengandung lignin 18,00% dan selulosa 51,78%. *Fiber* mengandung lignin 19,00% dan selulosa 56,99%. Kandungan selulosa ini berpotensi dapat digunakan sebagai sumber gula pereduksi melalui proses kimiawi dan enzimatik. Penelitian ini menggunakan tiga bahan baku berbeda yaitu TBS, TKKS, dan *Fiber*. Dilakukan variasi terhadap masing-masing bahan baku yaitu perlakuan tanpa delignifikasi, dengan delignifikasi asam, dan dengan delignifikasi asam yang dilanjutkan dengan dengan delignifikasi basa. TBS digunakan sebagai pembandingan untuk melihat efisiensi prototipe alat yang dibuat. Setiap bahan baku menghasilkan kualitas produk bioetanol yang berbeda-beda. Dilakukan juga variasi terhadap waktu fermentasi *crude bioetanol*. Berdasarkan hasil pengamatan semakin lama waktu fermentasi terjadi peningkatan presentase etanol yang diperoleh setelah pemurnian *crude bioetanol*. Presentasi etanol tertinggi yaitu dengan waktu fermentasi 24 hari, namun waktu tersebut belum mencapai waktu optimal. Waktu optimal dapat diperoleh jika pengamatan dilanjutkan dengan waktu yang lebih panjang. Hasil pengamatan juga menunjukkan bahwa prototipe penghasil biofuel dari tandan kelapa sawit menghasilkan biofuel berupa bioetanol tapi belum optimal. Penelitian menghasilkan biofuel berupa bioetanol dengan karakteristik Densitas 0,9880gr/ml, Viskositas 1,1169 m.Pa.s, Titik Nyala 85°C dan 11,55% menggunakan alat khusus GC-MS. Studi kelayakan terhadap kinerja alat diperoleh nilai efisiensi pemurnian 26,73%; kebutuhan energi spesifik alat (sfc)

6612,95kJ/kg; *Capital Cost* Rp6.500.000; *Variable Cost* Rp2.740.310,41; Depresiasi Rp900.000per tahun; *Regulated Cost* Rp2.000.000; dan BEP 18,18%.

Kata kunci: Bioetanol , TBS, TKKS, *Fiber* Kelapa Sawit
Kepustakaan: 26 (1990-2022)

SUMMARY

FEASIBILITY STUDY OF CRUDE BIOETHANOL PURIFICATION SYSTEM ON PRTOTYPE PRODUCER OF BIOFUEL FROM PALM OIL FRUITS

Scientific Paper in the form of thesis, July 2022

Devina Sanchia Samosir; Supervised by Dr. Yohandri Bow, S.T., M.S., dan Dr. Ir. Abu Hasan, M.Si.

Studi Kelayakan Sistem Pemurnian *Crude Bioethanol* Pada Prototipe Penghasil Biofuel Dari Tandan Kelapa Sawit

xx + 50 pages, 21 tables, 16 pictures, 4 attachments (25 halaman)

The need for fossil fuels increases by an average of 10 percent per year in Indonesia due to the increasing demand for fuel for motor vehicles. The need for fuel is inversely proportional to the availability of fossil energy as the main raw material for making fuel oil (BBM). The oil palm bunches used in this study were Fresh Fruit Bunches (FFB), Oil Palm Empty Bunches (TKKS), and Fiber. EFB and Fiber are industrial wastes that are currently not used optimally and often cause environmental pollution. The processing of this waste is still very limited, namely it is still burned in the incinerator, stockpiled, used as mulch in oil palm plantations, and converted into compost. FFB contains 18.67% lignin and 53.33% cellulose. EFB contains 18.00% lignin and 51.78% cellulose. Fiber contains 19.00% lignin and 56.99% cellulose. This cellulose content can potentially be used as a source of reducing sugars through chemical and enzymatic processes. This research uses three different raw materials, namely FFB, EFB, and Fiber. Variations were made for each raw material, namely treatment without delignification, with acid delignification, and with acid delignification followed by alkaline delignification. TBS is used as a comparison to see the efficiency of the prototype tool made. Each raw material produces different quality bioethanol products. Variations are also made to the fermentation time of crude bioethanol. Based on observations, the longer the fermentation time, the higher the percentage of ethanol obtained after purification of crude bioethanol. The highest percentage of ethanol is with a fermentation time of 24 days, but that time has not yet reached the optimal time. The optimal time can be obtained if the observations are continued for a longer time. The results of the observations also showed that the prototype for producing biofuel from oil palm bunches produced biofuel in the form of bioethanol but not yet optimal. The research produced biofuel in the form of bioethanol with the characteristics of Density 0.9880gr/ml, Viscosity 1.1169 m.Pa.s, Flash Point 85°C, and 11.55% using a special tool GC-MS. Feasibility study on the performance of the tool obtained purification efficiency value of 33.95%; equipment specific energy requirement (sfc) 6612.95kJ/kg; Capital Cost

IDR 6,500,000; Variable Cost Rp2.740.310.41; depreciation of Rp900,000 per year; Regulated Cost IDR 2,000,000; and BEP 18.18%.

Keyword: Bioethanol , EFB, FFB, Palm Fiber
Citation: 26 (1990-2022)

HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Devina Sanchia Samosir

NPM : 062050442832

Judul Tesis : Studi Kelayakan Sistem Pemurnian *Crude Bioethanol* pada
Prototipe Penghasil Biofuel dari Tandan Kelapa Sawit

Menyatakan bahwa Tesis saya merupakan hasil karya sendiri didampingi Pembimbing dan bukan hasil penjiplakan/*plagiat*. Apabila ditemukan unsur penjiplakan/*plagiat* dan Tesis ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik dari Politeknik Negeri Sriwijaya sesuai aturan yang berlaku.

Demikian, pernyataan ini saya buat dalam keadaan sadar dan tanpa ada paksaan dari siapapun.

Palembang, Juli 2022

Devina Sanchia Samosir

HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Devina Sanchia Samosir

NPM 062050442832

Judul Tesis : Studi Kelayakan Sistem Pemurnian *Crude Bioethanol* pada
Prototipe Penghasil Biofuel dari Tandan Kelapa Sawit

Memberikan izin kepada pembimbing dan Politeknik Negeri Sriwijaya untuk mempublikasikan hasil penelitian saya untuk kepentingan akademik apabila dalam waktu 1 (satu) tahun tidak mempublikasikan karya penelitian saya. Dalam kasus ini saya setuju untuk menempatkan pembimbing sebagai penulis korespondensi (*corresponding author*).

Demikian, pernyataan ini saya buat dalam keadaan sadar dan tanpa ada paksaan dari siapapun.

Palembang, Juli 2022

Devina Sanchia Samosir

RIWAYAT HIDUP



Devina Sanchia Samosir lahir pada tanggal 1 Desember 1997, di Palembang, Provinsi Sumatera Selatan. Penulis merupakan anak tunggal dari pasangan Drs. Sudirman Samosir dan Lundu Perliati Sitanggang, S.Pd. Penulis memulai Pendidikan Dasar di SD Methodist 1 Palembang kemudian dilanjutkan dengan Pendidikan Sekolah Menengah Pertama di SMP Negeri 3 Palembang dan Pendidikan Sekolah Menengah Atas di SMA Plus Negeri 2 Banyuasin III. Pendidikan Tinggi dimulai dengan menyelesaikan D-IV pada tahun 2015-2019 dari Program Studi Teknik Energi, Jurusan Teknik Kimia di Politeknik Negeri Sriwijaya. Setelah menyelesaikan studi di Politeknik Negeri Sriwijaya, penulis kemudian bekerja sebagai Junior Customer Service di PT Bank Rakyat Indonesia, Persero, yang merupakan perusahaan yang bergerak di bidang perbankan. Penulis bekerja sambil melanjutkan studi Magister Terapan di Politeknik Negeri Sriwijaya. Pada Januari 2022 penulis memutuskan untuk berhenti bekerja (*resign*) untuk menyelesaikan studi Magister Terapan di Politeknik Negeri Sriwijaya selesaipada bulan Agustus 2022.

KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa atas rahmat dan karunia-Nya penulis dapat menyelesaikan Tesis dengan judul “Studi Kelayakan Sistem Pemurnian *Crude Bioethanol* pada Prototipe Penghasil Biofuel dari Tandan Kelapa Sawit”. Tesis ini disusun untuk memenuhi persyaratan menyelesaikan pendidikan pada Program Studi Teknik Energi Terbarukan Program Magister Terapan Politeknik Negeri Sriwijaya.

Dalam penyusunan Tesis ini penulis mengucapkan terimakasih kepada:

1. Dr. Ing. Ahmad Taqwa, M.T., selaku Direktur Politeknik Negeri Sriwijaya.
2. Carlos RS, S.T., M.T., selaku Pembantu Direktur I Politeknik Negeri Sriwijaya.
3. Prof. Dr. Ir. Rusdianasari, M.Si., selaku Ketua Program Studi Teknik Energi Terbarukan Program Magister Terapan Politeknik Negeri Sriwijaya, dan selaku Dosen Pengajar di Program Studi Teknik Energi Terbarukan Program Magister Terapan Politeknik Negeri Sriwijaya,
4. Dr. Yohandri Bow, S.T., M.S., selaku Dosen pembimbing I di Program Studi Teknik Energi Terbarukan Program Magister Terapan Politeknik Negeri Sriwijaya.
5. Dr. Ir. Abu Hasan, M.T., selaku Dosen pembimbing II di Program Studi Teknik Energi Terbarukan Program Magister Terapan Politeknik Negeri Sriwijaya.
6. Segenap Bapak/Ibu Dosen Program Studi Teknik Energi Terbarukan Program Magister Terapan Politeknik Negeri Sriwijaya.
7. Rekan-rekan mahasiswa Program Studi Teknik Energi Terbarukan Program Magister Terapan Politeknik Negeri Sriwijaya angkatan 2020.

Dengan adanya Tesis ini penulis mengharapkan semoga penelitian ini dapat bermanfaat dalam mengembangkan dan menunjang perkembangan ilmu pengetahuan secara umum.

Palembang, Juli 2022

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
Halam Sampul	i
Halam Judul	ii
Halaman Persetujuan	iii
Halam Pengesahan	iv
Ringkasan.....	v
Summary	vii
Halaman Pernyataan Integritas	ix
Halam Pernyataan Persetujuan Publikasi.....	x
Daftar Riwayat Hidup	xi
Kata Pengantar.....	xii
Daftar Isi	xiii
Daftar Gambar	xv
Daftar Tabel.....	xvi
Daftar Lampiran	xvii
Daftar Glosarium	xvii
Motto	xix
Halaman Pesembahan	xix
BAB I. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang Masalah	1
1.2 Perumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian.....	3
1.4 Manfaat Penelitian.....	3
1.5 Hipotesa	4
1.6 Novelty.....	4
1.7 Kerangka Pikir Penelitian	5
BAB II. TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1 Potensi Tandan Kelapa Sawit.....	6
2.2 Bioetanol	10
2.3 Interpretasi	11
2.4 Proses Produksi Bioetanol dari Tandan Kelapa Sawit.....	14
2.5 Biofuel.....	17
2.6 Adsorpsi	18
2.7 Pengujian Karakteristik Bahan Bakar yang Dihasilkan.....	21
2.8 Delignifikasi	24
2.9 Studi Kelayakan Prototipe	25
BAB III. METODOLOGI PENELITIAN	31
3.1 Pendekatan Desain Fungsional	31
3.2 Pendekatan Desain Struktural	31
3.3 Pertimbangan Percobaan	34
3.4 Pengamatan	35
3.5 Prosedur Percobaan	36

BAB IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	40
DAFTAR ISI	
4.1 Hasil Penelitian.....	40
4.2 Pembahasan.....	42
BAB V. PENUTUP	52
5.1 Kesimpulan	52
5.2 Saran.....	52
DAFTAR PUSTAKA	53
LAMPIRAN	55

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Kerangka Pikir Penelitian.....	5
2. Tandan Kosong Kelapa Sawit	7
3. Zeolit Alam	16
4. Desain Prototipe Penghasil Biofuel dari Tandan Kelapa Sawit.....	32
5. Sistematika Penelitian	35
6. Penurunan Kadar Lignin terhadap Perlakuan Bahan Baku	43
7. Penurunan Kadar Selulosa terhadap Perlakuan Bahan Baku	43
8. Hubungan Waktu Fermentasi terhadap Kenaikan %Etanol	45
9. Peningkatan %Etanol Sebelum dan Sesudah Pemurnian	46
10. Densitas Biofuel yang Dihasilkan	47
11. Viskositas Biofuel yang Dihasilkan	48
12. Titik Nyala Biofuel yang Dihasilkan.....	48
13. Hasil Analisa Biofuel dengan Alat Khusus GS-MS	49
14. Pengambilan Bahan Baku	55
15. Penjemuran Bahan Baku	55
16. Pengecilan Bahan Baku.....	55
17. Sampel TKKS.....	55
18. Sampel <i>Fiber</i> Kelapa Sawit.....	55
19. Sampel Tandan Kelapa Sawit.....	56
20. Perendaman Sampel	56
21. Pemanasan Sampel	56
22. Sampel setelah Didiamkan 4 jam	56
23. Penyaringan Endapan	56
24. Proses Fermentasi.....	57
25. Alat Penghasil Bioetanol.....	57
26. Filtrat	57
27. Residu.....	57
28. Produk yang Dihasilkan	57
29. Proses Produksi Bioetnaol.....	58
30. Analisa Indeks Bias	58
31. Refraktometer.....	58

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Luas Areal Perkebunan Kelapa Sawit (Ha) Tahun 2002-2018	7
2. Data Komposisi Kimia Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS)	9
3. Jenis Adsorpsi	19
4. Klasifikasi Minyak Bumi menurut <i>Spesific Gravity</i> dan °API.....	24
5. Pendekatan Fungsional Alat.....	31
6. Spesifikasi Prototipe Penghasil Biofuel dari Tandan Kelapa Sawit	33
7. Hasil Analisa Lignin dan Selulosa Bahan Baku.....	40
8. Kenaikan %Etanol berdasarkan Lama Waktu Fermentasi <i>Crude Bioetanol</i>	40
9. Tabel Neraca Massa Bioetanol dengan Bahan Baku TBS (C)	41
10. Tabel Neraca Massa Bioetanol dengan Bahan Baku TKKS (F).....	41
11. Tabel Neraca Massa Bioetanol dengan Bahan Baku <i>Fiber</i> (I).....	41
12. Sifat Fisik Bioetanol	41
13. Komposisi Senyawa Kimia pada Biofuel yang Dihasilkan.....	42
14. SFC Pemurnian <i>Crude Bioethanol</i>	42

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Halaman
I Dokumentasi Penelitian.....	55
II Data dan Perhitungan	59
III Desain Alat.....	94
IV Surat Menyurat.....	97

DAFTAR GLOSARIUM

- Adsorpsi
- Adsorben
- Alkohol
- Analisa Ekonomi
- Analisa Proksimat
- Analisa Ultimat
- BEP
- *Break Event Point*
- Biofuel
- Bioetanol
- Bioetanol Trap
- *Blending*
- Butanol
- *Capital Investment*
- Delignifikasi
- Delignifikasi Asam
- Delignifikasi Basa
- Densitas
- Depresiasi
- Derajat API
- Destilat
- Etanol
- Fermentasi
- *Fiber*
- GC-MS
- Heksanol
- Hemiselulosa
- Hidrolisis
- Indeks Bias
- Kadar Air Terserap
- Kebutuhan Energi Spesifik
- Kondensasi
- Kondenser
- Massa Jenis
- Metanol
- *Moisture*
- Neraca Massa
- Neraca Energi
- *Oppurtunity Cost*
- *Payback period*
- Pentanol
- Pompa

- Pompa Vakum
- Propanol
- Refraktometer
- *Regulated Cost*
- SEC
- Selulosa
- Tandan Segar Kelapa Sawit (TBS)
- Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS)
- Titik Nyala
- Viskositas
- Zeolit

MOTTO

“Ora et Labora”: Berdoa dan Bekerja

Siapa menaruh belas kasihan kepada orang yang lemah, memiutangi Tuhan, yang akan membalas perbuatannya itu. Amsal 19 :17

*“Sebab Aku ini mengetahui rancangan-rancangan apa yang ada pada-Ku mengenai kamu, demikianlah firman Tuhan, yaitu rancangan damai sejahtera dan bukan rancangan kecelakaan, untuk memberikan hari depan yan penuh harapan”
Yeremia 29 : 11*

Sebab karena kasih karuni kamu diselamatkan oleh iman; itu bukan hasil usahamu, tetapi pemberian Allah. Efesus 2 :8

Jangan seorangpun menganggap engkau rendah karena engkau muda. Jadilah teladan bagi orang-orang percaya, dalam perkataanmu, dalam tingkah lakumu, dalam kasihmu, dalam kesetiaanmu dan dalam kesucianmu. 1 Timotius 4 :12

Jika orang lain bisa, kenapa saya tidak bisa. Penulis

Untuk jadi maju memang banyak hambatan. Kecewa semenit dua menit boleh, tapi setelah itu harus bangkit lagi. Joko Widodo

Tesis ini kupersembahkan untuk:

- ❖ Allah, Putra, dan Roh Kudus
- ❖ Orangtuaku St. Drs. Sudirman Samosir & Lundu Perliati Sitanggang, S.Pd.
- ❖ Calon suamiku Redix Juliyanto Nainggolan, S.P.
- ❖ Dosen Pembimbing I dan Dosen Pembimbing II
 - ❖ Teman-teman seperjuanganku EGT’2020
 - ❖ Almamaterku Politeknik Negeri Sriwijaya