

SKRIPSI

PROSES DELIGNIFIKASI LIMBAH KELAPA SAWIT SECARA KIMIA DAN KOMBINASI FISIKA DAN KIMIA



Diajukan oleh :

Dita Natalia NRP: 5203014007

Julistya Putri Winarta NRP: 5203014040

**JURUSAN TEKNIK KIMIA
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS KATOLIK WIDYA MANDALA
SURABAYA**

2017

LEMBAR PENGESAHAN

Seminar **SKRIPSI** bagi mahasiswa tersebut di bawah ini :

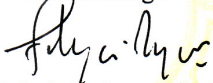
Nama : Dita Natalia

NRP : 5203014007

telah diselenggarakan pada tanggal 23 Mei 2017, karenanya yang bersangkutan dapat dinyatakan telah memenuhi sebagian persyaratan kurikulum guna memperoleh gelar **Sarjana Teknik** jurusan **Teknik Kimia**.

Surabaya, 2 Juni 2017

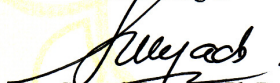
Pembimbing I



Felycia E. Soetaredjo, Ph.D.

NIK. 521.99.0391

Pembimbing II

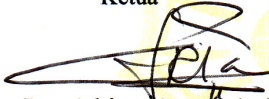


Suryadi Ismadji, Ph.D.

NIK. 521.93.0198

Dewan Penguji

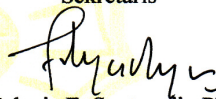
Ketua



Dra. Adriana Anteng A., M.Si.

NIK. 521.86.0124

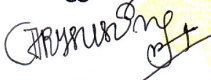
Sekretaris



Felycia E. Soetaredjo, Ph.D.

NIK. 521.93.0198

Anggota



Ery Susiany R., M.T.

NIK. 521.98.0348

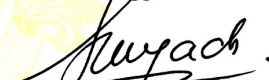
Anggota



Ir. Yohanes S., M.T.

NIK. 521.89.0151

Anggota



Suryadi Ismadji, Ph.D.

NIK. 521.93.0198

Mengetahui



Suryadi Ismadji, Ph.D.

NIK. 521.93.0198



Sandy Budi Hartono, Ph.D.

NIK. 521.99.0401

LEMBAR PENGESAHAN

Seminar **SKRIPSI** bagi mahasiswa tersebut di bawah ini :

Nama : Julistya Putri Winarta

NRP : 5203014040

telah diselenggarakan pada tanggal 23 Mei 2017, karenanya yang bersangkutan dapat dinyatakan telah memenuhi sebagian persyaratan kurikulum guna memperoleh gelar **Sarjana Teknik** jurusan **Teknik Kimia**.

Surabaya, 2 Juni 2017

Pembimbing I

Felycia E. Soetaredjo, Ph.D.

NIK. 521.99.0391

Pembimbing II

Suryadi Ismadji, Ph.D.

NIK. 521.93.0198

Dewan Penguji

Ketua

Dra. Adriana Anteng A., M.Si.

NIK. 521.86.0124

Sekretaris

Felycia E. Soetaredjo, Ph.D.

NIK. 521.93.0198

Anggota

Ery Susiany R., M.T.

NIK. 521.98.0348

Anggota

Ir. Yohanes S., M.T.

NIK. 521.89.0151

Anggota

Suryadi Ismadji, Ph.D.

NIK. 521.93.0198

Mengetahui

Fakultas Teknik
Dekan

Suryadi Ismadji, Ph.D.

NIK. 521.93.0198

Jurusan Teknik Kimia
Ketua

Sandy Budi Hartono, Ph.D.

NIK. 521.99.0401

LEMBAR PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH

Demi perkembangan ilmu pengetahuan, saya sebagai mahasiswa
Unika
Widya Mandala Surabaya:

Nama : Dita Natalia
NRP : 5203014007

Menyetujui skripsi/karya ilmiah saya :

Judul :
Proses Delignifikasi Limbah Kelapa Sawit Secara Kimia dan
Kombinasi Fisika dan Kimia

untuk dipublikasikan/ditampilkan di internet atau media lain (Digital
Library Perpustakaan Unika Widya Mandala Surabaya) untuk
kepentingan
akademik sebatas sesuai dengan Undang-undang Hak Cipta.

Demikian pernyataan persetujuan publikasi karya ilmiah ini saya
buat dengan sebenarnya.

Surabaya, 2 Juni 2017
Yang menyatakan,



(Dita Natalia)

NRP. 5203014007



LEMBAR PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH

Demi perkembangan ilmu pengetahuan, saya sebagai mahasiswa
Unika
Widya Mandala Surabaya:

Nama : Julistya Putri Winarta
NRP : 5203014040

Menyetujui skripsi/karya ilmiah saya :

Judul :
Proses Delignifikasi Limbah Kelapa Sawit Secara Kimia dan
Kombinasi Fisika dan Kimia

untuk dipublikasikan/ditampilkan di internet atau media lain (Digital
Library Perpustakaan Unika Widya Mandala Surabaya) untuk
kepentingan
akademik sebatas sesuai dengan Undang-undang Hak Cipta.

Demikian pernyataan persetujuan publikasi karya ilmiah ini saya
buat dengan sebenarnya.

Surabaya, 2 Juni 2017

Yang menyatakan,



(Julistya Putri Winarta)
NRP. 5203014040



LEMBAR PERNYATAAN

Dengan ini kami:

Nama / NRP : Dita Natalia / 5203014007

Nama / NRP : Julistya Putri Winarta / 5203014040

menyatakan bahwa skripsi ini benar-benar merupakan hasil karya kami sendiri dan bukan hasil karya orang lain, baik sebagian maupun seluruhnya, kecuali dinyatakan dalam teks. Seandainya diketahui bahwa skripsi ini ternyata merupakan hasil karya orang lain, maka saya sadar dan menerima konsekuensi bahwa skripsi ini tidak dapat digunakan sebagai syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik.

Surabaya, 2 Juni 2017

Yang Menyatakan

METERAI
TEMPEL

TGL. 20

B5F63AEF755224286

6000
ENAM RIBURUPIAH



Julistya Putri Winarta

Dita Natalia

NRP. 5203014040

NRP. 5203014007

KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa atas segala rahmat dan karunia-Nya yang telah memberikan hikmat kepada penulis sehingga berhasil menyelesaikan skripsi yang berjudul “Proses Delignifikasi Limbah Kelapa Sawit Secara Kimia dan Kombinasi Kimia dan Fisika” tepat waktu dan sesuai dengan apa yang diharapkan.

Terselesaikannya skripsi ini tentunya tak lepas dari bantuan serta dukungan baik secara materi maupun moral dari banyak pihak. Maka dari itu tak salah kiranya penulis mengucapkan banyak terima kasih dan penghargaan kepada:

1. Ibu Felycia E. Soetaredjo, Ph.D. dan Bapak Suryadi Ismadji, Ph.D. selaku pembimbing skripsi yang telah memberikan arahan, saran, kritik, waktu dan semangat selama penyusunan skripsi;
2. Ibu Dra. Adriana A. A., MSi., Bapak Yohanes dan Ibu Ery Susiany Retnoningtyan, M.T. selaku penguji atas saran dan kritik yang membangun;
3. Para Ketua Laboratorium atas izinnya untuk menggunakan fasilitas sarana-prasarana laboratorium Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Katolik Widya Mandala Surabaya;
4. Para Laboran atas asistensinya dalam menyediakan kebutuhan penelitian meliputi bahan kimia serta alat gelas dan alat instrumen;
5. Bapak Suryadi Ismadji, Ph.D selaku Dekan Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Katolik Widya Mandala Surabaya;
6. Ayah dan Ibu tercinta yang senantiasa mendukung selama penyusunan skripsi;
7. Rekan-rekan mahasiswa atas dukungan, semangat dan masukan yang membangun selama penyusunan skripsi;

8. Semua pihak yang tidak dapat penulis sebut satu persatu yang telah membantu dalam penyusunan skripsi ini.

Akhir kata, penulis berharap agar skripsi ini dapat memberikan kontribusi yang berarti bagi ilmu pengetahuan serta bermanfaat bagi banyak pihak. Penulis menyadari bahwa masih banyak kekurangan dalam penulisan skripsi ini baik dalam hal materi serta teknik penyajiannya. Oleh karena itu kritik dan saran yang membangun sangat penulis harapkan.

Terima kasih.

Surabaya, 23 Mei 2017

Penulis

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	ii
LEMBAR PERNYATAAN PERSETUJUAAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH.....	iv
LEMBAR PERNYATAAN.....	vi
KATA PENGANTAR	viii
DAFTAR ISI	x
DAFTAR GAMBAR.....	xiv
DAFTAR TABEL	xv
DAFTAR BAGAN	xvii
DAFTAR SINGKATAN	xviii
ABSTRAK.....	xix
ABSTRACT	xx
BAB 1.....	1
PENDAHULUAN	1
I.1.LATAR BELAKANG.....	1
I.2 Perumusan Masalah.....	2
I.3 Tujuan Penelitian.....	2
I.4 Pembatasan Masalah	2
BAB II	3
TINJAUAN PUSTAKA	3
II.1 Limbah Kelapa Sawit	3
II.2. Lignoselulosa.....	6
II.2.1 Selulosa	7
II.2.2 Hemiselulosa	8
II.2.3 Lignin	8
II.3. Delignifikasi	10

BAB III	16
METODELOGI PENELITIAN	16
III.1 Rancangan Penelitian	16
III.2 Variabel Penelitian	18
III.3 Alat dan Bahan	19
III.3.1 Alat	19
III.3.2 Bahan.....	19
III.4. Prosedur Penelitian	20
III.4.1. Proses Persiapan Bahan Baku.....	20
III.4.2. Proses Delignifikasi.....	20
III.4.2.1. Proses Analisa Awal Sebelum Treatment.....	20
III.4.2.2. Proses Delignifikasi menggunakan NaOH	20
III.4.2.3. Proses Delignifikasi menggunakan H ₂ O ₂ dalam asam asetat.....	21
III.4.2.4. Proses Delignifikasi Kombinasi NaOH dengan Pemanasan	21
III.4.2.5. Proses Delignifikasi Kombinasi H ₂ O ₂ Dalam Asam Asetat dengan Pemanasan	22
III.4.2.6. Proses Delignifikasi Kombinasi NaOH dengan Sonikator dan Microwave	23
III.4.2.7. Proses Delignifikasi Kombinasi H ₂ O ₂ Dalam Asam Asetat dengan Sonikator dan Microwave	23
III.5. Karakterisasi	24
BAB IV	25
HASIL DAN PEMBAHASAN	25
IV.1 Jenis dan Konsentrasi Pelarut	25
IV.1.1 Pengaruh Perubahan Konsentrasi NaOH Terhadap Kadar	25
Selulosa, Hemiselulosa dan Lignin (%).	25
IV.1.2 Pengaruh Perubahan Konsentrasi H ₂ O ₂ Dalam Asam Asetat Terhadap Kadar Selulosa, Hemiselulosa dan Lignin (%)	29
IV.2 Jenis Pelarut dan Kombinasi Kimia dan Fisika	30

IV.2.1 Pelarut NaOH 9% dengan Metode Delignifikasi Kombinasi Kimia dan Fisika Terhadap Kadar Selulosa, Hemiselulosa dan Lignin.....	31
IV.2.2 Pelarut H ₂ O ₂ 50% dalam Asam Asetat 15% dengan Metode Delignifikasi Kombinasi Kimia dan Fisika Terhadap Kadar Selulosa, Hemiselulosa dan Lignin	34
IV.3. Hasil Karakterisasi Menggunakan FTIR	38
BAB V	48
KESIMPULAN DAN SARAN	48
V.1 Kesimpulan.....	48
V.2 Saran.....	48
DAFTAR PUSTAKA	49
LAMPIRAN A	54
PEMBUATAN LARUTAN	54
A.1 Membuat larutan asam perasetat dalam 400 ml	54
A.2 Membuat larutan NaOH dalam 400 ml	55
A.3 Membuat larutan ADS dalam 250 ml	52
A.3.1. Membuat H ₂ SO ₄ 1 N dalam 250 ml	52
A.3.2. Menimbang CTAB	52
A.4 Membuat H ₂ SO ₄ 72% dalam 50 ml.....	52
LAMPIRAN B.....	58
KARAKTERISASI.....	58
B.1 Fourier Transform Infra-Red (FT-IR).....	58
LAMPIRAN C.....	59
ANALISA KADAR HASIL DELIGNIFIKASI	59
C.1 Metode Van Soest 1994	59
C.2 Perhitungan Metode Van Soest	60
C.2.1 Hasil Delignifikasi dengan NaOH Terhadap Kandungan Selulosa, Hemiselulosa dan Lignin	60
C.2.2 Hasil Delignifikasi Perbedaan Perlakuan dengan NaOH 9% Terhadap Kandungan Selulosa, Hemiselulosa dan Lignin	61

C.2.3 Hasil Delignifikasi dengan H_2O_2 50% dalam Asam Asetat Terhadap Kandungan Selulosa, Hemiselulosa dan Lignin	62
C.2.4 Hasil Delignifikasi Perbedaan Perlakuan dengan H_2O_2 50% dalam Asam Asetat 15% Terhadap Kandungan Selulosa, Hemiselulosa dan Lignin	63
LAMPIRAN D	65

DAFTAR GAMBAR

Gambar II.1. Bagian-Bagian Kelapa Sawit.....	3
Gambar II.2. Skematik Struktur Biomassa Lignoselulosa	6
Gambar II.3. Struktur Selulosa	7
Gambar II.4. Struktur Hemiselulosa	8
Gambar II.5. Struktur Lignin	9
Gambar II.6. Tubuh Silika (silica bodies) yang Menyelubungi Permukaan Serabut TKKS.....	10
Gambar II.7. Efek Delignifikasi Terhadap Struktur Biomassa Lignoselulosa	11
Gambar IV.1. Pengaruh Perubahan Konsentrasi NaOH Terhadap Kadar Selulosa, Hemiselulosa dan Lignin (%).....	26
Gambar IV.2. Reaksi Pemutusan Ikatan Lignoselulosa Menggunakan Larutan NaOH	28
Gambar IV.3 Pengaruh Perubahan Konsentrasi H ₂ O ₂ Dalam Asam Asetat Terhadap Kadar Selulosa, Hemiselulosa dan Lignin (%)	29
Gambar IV.4 Pelarut NaOH 9% dengan Metode Delignifikasi Kombinasi Kimia dan Fisika Terhadap Kadar Selulosa, Hemiselulosa dan Lignin.....	32
Gambar IV.5. Pelarut H ₂ O ₂ 50% dalam Asam Asetat 15% dengan Metode Delignifikasi Kombinasi Kimia dan Fisika Terhadap Kadar Selulosa, Hemiselulosa dan Lignin	34
Gambar IV.6 a) H ₂ O ₂ 50% dalam asam asetat 15% dengan sonikator dan microwave b) H ₂ O ₂ 50% dalam asam asetat 15% dengan pemanasan	36
Gambar IV.7. Spektrum FT-IR TKKS, a) Sebelum Pretreatment b) Delignifikasi dengan larutan NaOH 9% c) Delignifikasi dengan larutan NaOH 9% + 30 menit sonicator + 30 menit microwave d) Delignifikasi dengan larutan NaOH 9% + pemanasan 160°C	38
Gambar IV.8. Spektrum FT-IR TKKS, a) Sebelum Pretreatment b) Delignifikasi dengan larutan H ₂ O ₂ 50% Dalam Asam Asetat 15% c) Delignifikasi dengan larutan H ₂ O ₂ 50% Dalam Asam Asetat 15%+ 30 menit sonicator + 30 menit microwave d) Delignifikasi dengan larutan H ₂ O ₂ 50% Dalam Asam Asetat 15% + pemanasan 175°C	42

DAFTAR TABEL

Tabel II.1. Produk Samping Tanaman Kelapa Sawit/ha	3
Tabel II.2. Jenis Potensi dan Manfaat Limbah Pabrik Kelapa Sawit	4
Tabel II.3. Kandungan Gizi Limbah Kelapa Sawit.....	5
Tabel II.4. Komposisi Sabut Kelapa	5
Tabel II. 5. Kelebihan dan Kekurangan Dari Metode Pretreatment.....	12
Tabel II.5. Kelebihan dan kekurangan Dari Metode <i>Pretreatment(Cont.)</i> ..	13
Tabel IV.1 Pengaruh Perubahan Konsentrasi NaOH Terhadap Kadar Selulosa, Hemiselulosa dan Lignin (%).....	25
Tabel IV.2 Pengaruh Perubahan Konsentrasi H ₂ O ₂ Dalam Asam Asetat Terhadap Kadar Selulosa, Hemiselulosa dan Lignin (%)	29
Tabel IV.3 Pelarut NaOH 9% dengan Metode Delignifikasi Kombinasi Kimia dan Fisika Terhadap Kadar Selulosa, Hemiselulosa dan Lignin.....	31
Tabel IV.4 Pelarut H ₂ O ₂ 50% dalam Asam Asetat 15% dengan Metode Delignifikasi Kombinasi Kimia dan Fisika Terhadap Kadar Selulosa, Hemiselulosa dan Lignin	34
Tabel IV.5 Spektrum Serapan dari TKKS dengan Perbedaan Perlakuan Menggunakan larutan NaOH 9%.....	39
Tabel IV.5 Spektrum Serapan dari TKKS dengan Perbedaan Perlakuan Menggunakan larutan NaOH 9% (<i>Cont.</i>)	40
Tabel IV.6 Spektrum Serapan dari TKKS dengan Perbedaan Perlakuan Menggunakan larutan H ₂ O ₂ 50% Dalam Asam Asetat 15%.....	43
Tabel IV.6 Spektrum Serapan dari TKKS dengan Perbedaan Perlakuan Menggunakan larutan H ₂ O ₂ 50% Dalam Asam Asetat 15% (<i>Cont.</i>)	44
Tabel IV.6 Spektrum Serapan dari TKKS dengan Perbedaan Perlakuan Menggunakan larutan H ₂ O ₂ 50% Dalam Asam Asetat 15% (<i>Cont.</i>)	45
Tabel IV.6 Spektrum Serapan dari TKKS dengan Perbedaan Perlakuan Menggunakan larutan H ₂ O ₂ 50% Dalam Asam Asetat 15% (<i>Cont.</i>)	46
Tabel C.1 Hasil Delignifikasi dengan NaOH Terhadap Kandungan Selulosa, Hemiselulosa dan Lignin	60

Tabel C.2 Hasil Delignifikasi Perbedaan Perlakuan dengan NaOH 9% Terhadap Kandungan Selulosa, Hemiselulosa dan Lignin	61
Tabel C.3 Hasil Delignifikasi dengan H ₂ O ₂ 50% dalam Asam Asetat Terhadap Kandungan Selulosa, Hemiselulosa dan Lignin	62
Tabel C.4 Hasil Delignifikasi Perbedaan Perlakuan dengan H ₂ O ₂ 50% dalam Asam Asetat 15% Terhadap Kandungan Selulosa, Hemiselulosa dan Lignin	63

DAFTAR BAGAN

Bagan III.1 Skema Diagram Persiapan Bahan Baku dari Delignifikasi Tandan Kosong Kelapa Sawit.....	17
Bagan III.2 Skema Diagram Delignifikasi Tandan Kosong Kelapa Sawit dengan Kombinasi Pemanasan	17
Bagan III.3 Skema Diagram Delignifikasi Tandan Kosong Kelapa Sawit dengan Kombinasi Sonikator dan Microwave	18

DAFTAR SINGKATAN

TKKS	: Tandan Kosong Kelapa Sawit
TBS	: Tandan Buah Segar
PS	: Pelepah Sawit
LS	: Lumpur Sawit
BS	: Bungkil Sawit
DS (TL)	: Daun Sawit (Tanpa Lidi)
SP	: Serat Perasan
TK	: Tandan Kosong
BS	: Batang Sawit

ABSTRAK

Meluasnya perkebunan kelapa sawit di Indonesia mengakibatkan semakin banyak limbah padat tandan kosong kelapa sawit (TKKS) yang dihasilkan. TKKS kaya akan kandungan lignoselulosa. Kandungan selulosa dalam lignoselulosa cukup tinggi sekitar 45-50%. Agar TKKS bisa digunakan sebagai alternative sumber selulosa, dilakukan delignifikasi untuk menghilangkan senyawa-senyawa selain selulosa yang ada pada TKKS, seperti lignin dan hemiselulosa.

TKKS yang digunakan berasal dari Pulau Sumatera. Sebelum delignifikasi, TKKS dikecilkan ukurannya dan disimpan pada suhu ruang. TKKS yang digunakan untuk delignifikasi harus memiliki kadar air dibawah 12%, oleh karena itu sebelumnya TKKS dikeringkan hingga diukur kadar airnya dengan menggunakan *moisture analyzer*. TKKS yang masih memiliki kadar air diatas 12% dimasukkan ke dalam oven pada suhu 50°C selama 24 jam untuk mengurangi kadar airnya. TKKS yang memiliki kadar air dibawah 12% kemudian ditimbang sebanyak 500 gram lalu dimasukkan *plastic sealer* dan disimpan pada suhu ruang.

Proses delignifikasi dilakukan untuk meningkatkan kualitas selulosa dengan memutus ikatan lignin, hemiselulosa dan selulosa. Proses ini akan merusak struktur bagian kristalin dan amorf pada lignin sehingga akan menyebabkan kadar selulosa meningkat. Penelitian ini bertujuan mengetahui pengaruh jenis dan konsentrasi pelarut, waktu dan perbedaan metode delignifikasi terhadap kadar selulosa yang dihasilkan.

Pada penelitian ini diperoleh hasil terbaik pada metode delignifikasi H₂O₂ 50% dalam asam asetat 15% dengan kombinasi pemanasan selama 60 menit yaitu kadar selulosa mengalami peningkatan dari 49,45% menjadi 79,71% dan kadar lignin mengalami penurunan dari 24,75% menjadi 1,46%.

Kadar lignin, hemiselulosa, dan selulosa hasil dari percobaan di karakterisasi dengan menggunakan *Fourier-Transform Infrared* (FTIR).

ABSTRACT

The expansion of oil palm plantations in Indonesia has resulted in more and more solid waste of empty palm oil bunches (TKKS) produced. TKKS is rich in lignocellulosic content. The content of cellulose in lignocellulose is quite high around 45-50%. In order for TKKS to be used as an alternative source of cellulose, delignification is done to remove compounds other than cellulose present in TKKS, such as lignin and hemicellulose.

TKKS used comes from the island of Sumatra. Before delignification, TKKS is reduced in size and stored at room temperature. TKKS used for delignification should have a moisture content below 12%, therefore TKKS was previously dried until measured moisture analyzer by moisture analyzer. TKKS which still have moisture content above 12% were put into oven at 50°C for 24 hours. TKKS that have water content below 12%, then weighed 500 grams and then inserted into the plastic sealer and stored at room temperature.

The delignification process is performed to improve the quality of cellulose by breaking the bonds of lignin, hemicellulose and cellulose. This process will damage the structure of the crystalline and amorphous parts of lignin which will cause the cellulose level to increase. The aim of this research is to know the influence of solvent type and concentration, time and difference of delignification method on cellulose content produced.

In this research, the best result on 50% H₂O₂ delignification method in 15% acetic acid with combination of heating for 60 minutes ie cellulose level increased from 27,82% to 79.71% and lignin level decreased from 31,59% to 1,46%.

The content of lignin, hemicellulose, and cellulose resulting from the experiment characterized using Fourier-Transform Infrared (FTIR).