

LAPORAN SKRIPSI

**DELIGNIFIKASI TANDAN KOSONG KELAPA SAWIT
MENGUNAKAN *TRICHODERMA VIRIDE* DAN *ESCHERICHIA
COLI***



Diajukan oleh :

Daniel Prasetya

NRP: 5203014002

Weely Prasetyo Panjiarto

NRP: 5203014005

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

2017

LEMBAR PENGESAHAN

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

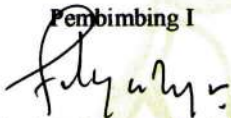
Nama : Daniel Prasetya

NRP : 5203014002

Telah diselenggarakan pada tanggal 22 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 Ismadi, Ph.D

NIK. 521.93.0198

Dewan Penguji

Ketua



Ery Susiany R. ST., MT.

NIK. 521.98.0348

Sekretaris



Felycia E. Soetaredjo, Ph.D

NIK. 521.99.0391

Anggota



Yohanes Sudaryanto, MT.

NIK. 521.89.0151

Anggota



Dra. Adriana A. A., MSi.

NIK. 521.86.0124

Anggota



Suryadi Ismadi, Ph.D

NIK. 521.93.0198

Mengetahui

Fakultas Teknik
Dekan



Suryadi Ismadi, Ph.D

NIK. 521.93.0198

Jurusan Teknik Kimia
Ketua



Sandy Budi H., Ph.D

NIK. 521.99.0401

LEMBAR PENGESAHAN

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

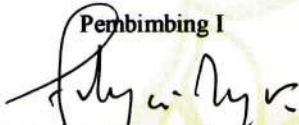
Nama : Weely Prasetyo Panjiarto

NRP : 5203014005

Telah diselenggarakan pada tanggal 22 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 Ismadi, Ph.D

NIK. 521.93.0198

Dewan Penguji

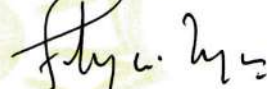
Ketua



Ery Susiany R. ST, MT.

NIK. 521.98.0348

Sekretaris



Felycia E. Soetaredjo, Ph.D

NIK. 521.99.0391

Anggota



Yohanes Sudaryanto, MT.

NIK. 521.89.0151

Anggota



Dra. Adriana A. A. MSi.

NIK. 521.86.0124

Anggota



Suryadi Ismadi, Ph.D

NIK. 521.93.0198

Mengetahui

Fakultas Teknik
Dekan



Suryadi Ismadi, Ph.D

NIK. 521.93.0198

Jurusan Teknik Kimia
Ketua



Sandy Budi H., Ph.D

NIK. 521.99.0401

**LEMBAR PERNYATAAN PERSETUJUAN
PUBLIKASI KARYA ILMIAH**

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

Nama : Daniel Prasetya
NRP : 5203014002

Menyetujui skripsi/karya ilmiah saya:

Judul:
Delignifikasi Tandan Kosong Kelapa Sawit Menggunakan *Trichoderma viride* dan *Escherichia coli*

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

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

Surabaya, 2 Juni 2017
Yang menyatakan



(Daniel Prasetya)
NRP. 5203014002

**LEMBAR PERNYATAAN PERSETUJUAN
PUBLIKASI KARYA ILMIAH**

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

Nama : Weely Prasetyo Panjiarto
NRP : 5203014005

Menyetujui skripsi/karya ilmiah saya:

Judul:
Delignifikasi Tandan Kosong Kelapa Sawit Menggunakan *Trichoderma viride* dan *Escherichia coli*

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

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

Surabaya, 2 Juni 2017

Yang menyatakan,



(Weely Prasetyo Panjiarto)

NRP. 5203014005

LEMBAR PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa skripsi ini benar-benar hasil karya saya sendiri dan bukan merupakan 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

Mahasiswa,



Daniel Prasetya

NRP. 5203014002

LEMBAR PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa skripsi ini benar-benar hasil karya saya sendiri dan bukan merupakan 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

Mahasiswa,



Weely Prasetyo Panjiarto

NRP. 5203014005

KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa atas segala rahmat dan karunia-Nya yang memberikan hikmat kepada penulis sehingga berhasil menyelesaikan skripsi tepat waktu dan sesuai dengan apa yang diharapkan.

Skripsi mengenai “Delignifikasi Tandan Kosong Kelapa Sawit Menggunakan *Trichoderma viride* dan *Escherichia coli*” bertujuan mempelajari pengaruh durasi proses delignifikasi, perbandingan *solid-liquid* pada substrat, dan jenis mikroorganisme yang digunakan terhadap penurunan kadar lignin dalam substrat.

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 Ery Susiany R. ST., MT., Bapak Yohanes Sudaryanto, MT., dan Ibu Dra. Adriana A. A., MSi. 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 Fakultas Teknik Universitas Katolik Widya Mandala Surabaya;
6. Bapak Sandy Budi H., Ph.D selaku Ketua Jurusan Teknik Kimia Universitas Katolik Widya Mandala Surabaya;
7. Ayah dan Ibu tercinta yang senantiasa mendukung selama penyusunan skripsi;
8. Rekan-rekan mahasiswa atas dukungan, semangat dan masukan yang membangun selama penyusunan skripsi;
9. 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, 2 Juni 2017

Penulis

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	ii
LEMBAR PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH.....	iv
LEMBAR PERNYATAAN.....	vi
KATA PENGANTAR.....	viii
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR GAMBAR.....	xii
DAFTAR TABEL.....	xiii
DAFTAR SKEMA	xv
ABSTRAK.....	xvi
ABSTRACT.....	xvii
DAFTAR SINGKATAN	xviii
BAB I. PENDAHULUAN.....	1
I.1. Latar Belakang.....	1
I.2. Tujuan Penelitian	3
I.3. Pembatasan Masalah.....	3
I.4. Manfaat Penelitian	3
BAB II. TINJAUAN PUSTAKA.....	4
II.1. Biomassa Lignoselulosa.....	4
II.2. Delignifikasi	7
II.3. Kelapa Sawit.....	18
II.4. <i>Escherichia coli</i>	19
II.5. <i>Trichoderma viride</i>	20
BAB III. METODOLOGI PENELITIAN	22
III.1. Rancangan Penelitian.....	22
III.2. Bahan dan Alat	26
III.2.1 Bahan	26
III.2.2 Alat.....	26
III.3. Variabel Penelitian.....	27
III.3.1 Variabel Tetap	27
III.3.2 Variabel Bebas.....	27
III.4. Instrumen.....	28
III.5. Prosedur Penelitian	28
III.5.1 Penyiapan Substrat.....	28
III.5.2 Penentuan Kinetika Pertumbuhan dari <i>Trichoderma viride</i> dan <i>Escherichia coli</i>	28
III.5.3 Delignifikasi TKKS dengan Menggunakan Variasi Rasio <i>Solid:Liquid</i>	29

III.5.4	Delignifikasi TKKS dengan Menggunakan Rasio <i>Solid:Liquid</i> =1:30 dan Kombinasi <i>Escherichia coli</i> dan <i>Trichoderma viride</i>	30
BAB IV.	HASIL DAN PEMBAHASAN	31
IV.1.	Penentuan Kinetika Pertumbuhan dari <i>Trichoderma viride</i> dan <i>Escherichia coli</i>	31
IV.2.	Delignifikasi Menggunakan <i>Trichoderma viride</i>	33
IV.3.	Delignifikasi Menggunakan <i>Escherichia coli</i>	37
IV.4.	Delignifikasi Menggunakan Kombinasi <i>Trichoderma viride</i> dan <i>Escherichia coli</i>	39
IV.5.	Karakterisasi Substrat Menggunakan FT-IR	43
BAB V.	KESIMPULAN DAN SARAN	46
	DAFTAR PUSTAKA	48
	LAMPIRAN A	55
	LAMPIRAN B	60
	LAMPIRAN C	61
	LAMPIRAN D	63
	LAMPIRAN E	66
	LAMPIRAN F	68
	LAMPIRAN G	83

DAFTAR GAMBAR

Gambar II.1. Struktur selulosa	5
Gambar II.2. Struktur dari koumaril alkohol, koniferil alkohol, dan sinapil alkohol	6
Gambar II.3. Enzim ligninolitik pada fungi beserta selektivitasnya terhadap komponen lignin.....	14
Gambar II.4. Struktur dari <i>active site</i> enzim lakase	15
Gambar II.5. Peta persebaran lahan kelapa sawit	18
Gambar II.6. <i>Escherichia coli</i>	20
Gambar II.7. <i>Trichoderma viride</i>	20
Gambar IV.1. Kinetika pertumbuhan <i>Trichoderma viride</i>	31
Gambar IV.2. Kinetika pertumbuhan <i>Escherichia coli</i>	31
Gambar IV.3. Pengaruh waktu terhadap kadar lignoselulosa TKKS hasil delignifikasi menggunakan <i>Trichoderma viride</i> pada rasio <i>solid:liquid</i> =1:30.....	34
Gambar IV.4. Pengaruh waktu terhadap kadar lignoselulosa TKKS hasil delignifikasi menggunakan <i>Trichoderma viride</i> pada rasio <i>solid:liquid</i> =1:50.....	34
Gambar IV.5. Pengaruh waktu terhadap kadar lignoselulosa TKKS hasil delignifikasi menggunakan <i>Escherichia coli</i> pada rasio <i>solid:liquid</i> =1:30	37
Gambar IV.6. Pengaruh waktu terhadap kadar lignoselulosa TKKS hasil delignifikasi menggunakan <i>Escherichia coli</i> pada rasio <i>solid:liquid</i> =1:50	38
Gambar IV.7. Pengaruh waktu terhadap kadar lignoselulosa TKKS hasil delignifikasi dengan perbandingan <i>Trichoderma viride</i> : <i>Escherichia coli</i> = 1:1	40
Gambar IV.8. Pengaruh waktu terhadap kadar lignoselulosa TKKS hasil delignifikasi dengan perbandingan <i>Trichoderma viride</i> : <i>Escherichia coli</i> = 1:2	40
Gambar IV.9. Pengaruh waktu terhadap kadar lignoselulosa TKKS hasil delignifikasi dengan perbandingan <i>Trichoderma viride</i> : <i>Escherichia coli</i> = 2:1	41
Gambar IV.10. Spektrum FT-IR untuk substrat TKKS	43

DAFTAR TABEL

Tabel II.1. Perbandingan metode-metode delignifikasi	8
Tabel II.2. Data penelitian delignifikasi menggunakan metode kimia.....	10
Tabel II.3. Data penelitian delignifikasi menggunakan metode fisika atau kimia-fisika	12
Tabel II.4. Data penelitian delignifikasi menggunakan fungi.....	13
Tabel II.5. Data penelitian delignifikasi menggunakan bakteri.....	17
Tabel II.6. Data komposisi TKKS.....	19
Tabel IV.1. Data spektrum FTIR substrat TKKS	44
Tabel C.1. Data Pengukuran Turbiditas <i>Trichoderma viride</i>	61
Tabel C.2. Data Pengukuran Turbiditas <i>Escherichia coli</i>	62
Tabel D.1 Data Hasil Pengukuran Kadar Air Sampel Hasil Delignifikasi <i>Trichoderma viride</i> dengan rasio <i>solid-liquid</i> = 1:30.....	63
Tabel D.2 Data Hasil Pengukuran Kadar Air Sampel Hasil Delignifikasi <i>Trichoderma viride</i> dengan rasio <i>solid-liquid</i> = 1:50.....	64
Tabel D.3 Data Hasil Pengukuran Kadar Air Sampel Hasil Delignifikasi <i>Escheichia coli</i> dengan rasio <i>solid-liquid</i> = 1:30.....	64
Tabel D.4 Data Hasil Pengukuran Kadar Air Sampel Hasil Delignifikasi <i>Escherichia coli</i> dengan rasio <i>solid-liquid</i> = 1:50.....	64
Tabel D.5 Data Hasil Pengukuran Kadar Air Sampel Hasil Delignifikasi Kombinasi Tv : Ec = 1:1	65
Tabel D.6 Data Hasil Pengukuran Kadar Air Sampel Hasil Delignifikasi Kombinasi Tv : Ec = 1:2.....	65
Tabel D.7 Data Hasil Pengukuran Kadar Air Sampel Hasil Delignifikasi Kombinasi Tv : Ec = 2:1	65
Tabel E.1 Data Kadar Abu Sampel TKKS	67
Tabel F.1 Data Kadar Lignoselulosa TKKS pada Delignifikasi oleh <i>T.viride</i> Perbandingan <i>Solid-liquid</i> = 1:30	72
Tabel F.2 Data Kadar Lignoselulosa TKKS pada Delignifikasi oleh <i>T.viride</i> Perbandingan <i>Solid-liquid</i> = 1:50	73
Tabel F.3 Data Kadar Lignoselulosa TKKS pada Delignifikasi oleh <i>E.coli</i> Perbandingan <i>Solid-liquid</i> = 1:30	74
Tabel F.4 Data Kadar Lignoselulosa TKKS pada Delignifikasi oleh <i>E.coli</i> Perbandingan <i>Solid-liquid</i> = 1:50	75
Tabel F.5 Data Kadar Lignoselulosa TKKS pada Delignifikasi oleh Kombinasi <i>T.viride-E.coli</i> pada Perbandingan 1:1	76
Tabel F.6 Data Kadar Lignoselulosa TKKS pada Delignifikasi oleh Kombinasi <i>T.viride-E.coli</i> pada Perbandingan 1:2.....	77
Tabel F.7 Data Kadar Lignoselulosa TKKS pada Delignifikasi oleh Kombinasi <i>T.viride-E.coli</i> pada Perbandingan 2:1	78

Tabel F.8 Data Kadar Sampel Hasil Delignifikasi dengan <i>Trichoderma viride</i> pada rasio <i>solid-liquid</i> = 1:30	79
Tabel F.9 Data Kadar Sampel Hasil Delignifikasi dengan <i>Trichoderma viride</i> pada rasio <i>solid-liquid</i> = 1:50	79
Tabel F.10 Data Kadar Sampel Hasil Delignifikasi dengan <i>Escherichia coli</i> pada rasio <i>solid-liquid</i> = 1:30	80
Tabel F.11 Data Kadar Sampel Hasil Delignifikasi dengan <i>Escherichia coli</i> pada rasio <i>solid-liquid</i> = 1:50	80
Tabel F.12 Data Kadar Sampel Hasil Delignifikasi dengan Kombinasi <i>Trichoderma viride</i> - <i>Escherichia coli</i> = 1:1	81
Tabel F.13 Data Kadar Sampel Hasil Delignifikasi dengan Kombinasi <i>Trichoderma viride</i> - <i>Escherichia coli</i> = 1:2	81
Tabel F.14 Data Kadar Sampel Hasil Delignifikasi dengan Kombinasi <i>Trichoderma viride</i> - <i>Escherichia coli</i> = 2:1	82
Tabel G.1 Data Persentase Delignifikasi Sampel TKKS	85

DAFTAR SKEMA

Skema III.1. Skema penelitian tahap penyiapan substrat	22
Skema III.2. Skema penelitian tahap penentuan kinetika pertumbuhan ...	23
Skema III.3. Skema penelitian delignifikasi tahap pertama	24
Skema III.4. Skema penelitian delignifikasi tahap kedua.....	25

ABSTRAK

Sebagai salah satu negara dengan produksi minyak kelapa sawit terbesar di dunia, Indonesia memiliki areal perkebunan kelapa sawit yang luas. Produksi minyak kelapa sawit di Indonesia terus mengalami perkembangan dari tahun ke tahun. Proses produksi minyak kelapa sawit yang besar ini tentunya akan menghasilkan limbah kelapa sawit dalam jumlah banyak. Bila tidak ditangani dengan baik, maka dapat mengakibatkan penumpukan limbah kelapa sawit. Salah satu limbah dari industri minyak kelapa sawit adalah tandan kosong kelapa sawit (TKKS).

Delignifikasi menjadi salah satu solusi dalam penanganan limbah TKKS. Limbah TKKS setelah proses delignifikasi dapat dimanfaatkan sebagai bahan pakan ternak. Pada penelitian yang telah dilakukan, dipelajari pengaruh dari waktu proses delignifikasi dengan variasi rasio *solid-liquid* dan konsentrasi penggunaan kedua mikroorganisme tersebut. Kadar lignin dan selulosa dari sampel dianalisis menggunakan metode analisis Van Soest dan sampel hasil dari penelitian di karakterisasi dengan menggunakan *Fourier-Transform Infrared (FTIR)* untuk menentukan gugus senyawa pada sampel

Dari hasil penelitian yang dilakukan, diperoleh data kadar lignin pada sampel mula-mula yaitu 32,83%, dan delignifikasi yang menghasilkan penurunan kadar lignin terbesar menggunakan *Trichoderma viride* yaitu pada rasio *solid-liquid* 1:30 dengan waktu fermentasi 6 minggu menghasilkan persentase delignifikasi 13,76% dan pada *Escherichia coli* dengan rasio *solid-liquid* 1:50 dengan waktu fermentasi 6 minggu menghasilkan persentase delignifikasi 12,48%. Sementara untuk kombinasi *Trichoderma viride* dan *Escherichia coli* yang menghasilkan persentase delignifikasi terbesar adalah pada rasio $Tv : Ec = 2:1$ dengan waktu 6 minggu dan menghasilkan persentase delignifikasi 18,57%. Dari hasil karakterisasi menggunakan FT-IR, sampel TKKS setelah didelignifikasi masih mengandung gugus fenol dan aromatik, yang menandakan masih adanya komponen lignin dalam sampel TKKS yang telah didelignifikasi.

ABSTRACT

As one of the countries with the largest production of palm oil in the world, Indonesia has wide oil palm plantations. The production of palm oil in Indonesia continues to grow for every year. Process of oil production from palm oil is certainly going to produce palm oil waste in large quantities. If this is not handled properly, it may result in buildup of the oil palm waste. One of the waste from the palm oil industry is oil palm empty fruit bunch (OPEFB).

Delignification is one of the solution to handling the OPEFB waste. Delignified OPEFB waste can be used for animal feed. In this research, the effect of delignification process with variation of delignification time, solid-liquid ratio, and ratio of the microorganisms used was studied. Lignin and cellulose content from the sample was analyzed using Van Soest analysis method, and the sample was characterized using Fourier-Transform Infrared (FT-IR) to determine the chemical compound from sample .

From experimental result, the lignin content from substrate before delignification was 32,83%, and delignification process with higher delignification percentage achieved by *Trichoderma viride* at 1:30 solid-liquid ratio for 6 weeks fermentation with 13,76% delignification percentage, meanwhile by using *Escherichia coli* higher delignification percentage was achieved by 6 weeks fermentation, with 1:50 solid-liquid ratio, resulting in 12,48% delignification percentage. Combination of Tv and Ec for delignification with highest delignification percentage achieved at 6 weeks fermentation, with Tv-Ec ratio = 2:1, resulting in 18,57% delignification percentage. From the characterization result using FT-IR, the functional group of phenol and aromatic compounds were detected, showing that lignin component still present in the delignified OPEFB samples.

DAFTAR SINGKATAN

ADS : *Acid Detergent Solution*

AFEX : *Ammonia Fibre/ Freeze Explosion*

ARP : *Ammonia Recycle Percolation*

CTAB : *Cetyl Trimethyl Ammonium Bromide*

DyP : *Dye-decolorizing* Peroksidase

Ec : *Escherichia coli*

EDA : *Electron Donor-Electron Acceptor*

FT-IR : *Fourier Transform Infra-red*

LiP : Lignin Peroksidase

MnP : Mangan Peroksidase

NA : *Nutrient Agar*

NB : *Nutrient Broth*

PDA : *Potato Dextrose Agar*

PDB : *Potato Dextrose Broth*

TBS : Tandan Buah Segar

TKKS : Tandan Kosong Kelapa Sawit

Tv : *Trichoderma viride*

VP : Versatile Peroksidase