

# DESAIN PROSES KONVERSI LIMBAH KELAPA SAWIT MENJADI PUPUK (*FERTILIZER*) DALAM KERANGKA PENERAPAN EKONOMI SIRKULAR

GINA LISTIYANI



DEPARTEMEN TEKNOLOGI INDUSTRI PERTANIAN  
INSTITUT PERTANIAN BOGOR  
BOGOR  
2024

@Hak cipta milik IPB University

IPB University



IPB University  
Bogor Indonesia

- Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
    - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
    - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
  2. Dilarang mengumumkannya dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

Perpustakaan IPB University

## PERNYATAAN MENGENAI TUGAS AKHIR DAN SUMBER INFORMASI SERTA PELIMPAHAN HAK CIPTA

Dengan ini saya menyatakan bahwa tugas akhir dengan judul “**Desain Proses Konversi Limbah Kelapa Sawit menjadi Pupuk (*Fertilizer*) dalam Kerangka Penerapan Ekonomi Sirkular**” adalah karya saya dengan arahan dari dosen pembimbing dan belum diajukan dalam bentuk apa pun kepada perguruan tinggi mana pun. Sumber informasi yang berasal atau dikutip dari karya yang diterbitkan maupun tidak diterbitkan dari penulis lain telah disebutkan dalam teks dan dicantumkan dalam Daftar Pustaka di bagian akhir tugas akhir ini.

Dengan ini saya melimpahkan hak cipta dari karya tulis saya kepada Institut Pertanian Bogor.

Bogor, Agustus 2024

Gina Listiyani  
F3401201005

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkannya dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

## ABSTRAK

GINA LISTIYANI. Desain Proses Konversi Limbah Kelapa Sawit menjadi Pupuk (*Fertilizer*) dalam Kerangka Penerapan Ekonomi Sirkular. Dibimbing oleh, SUPRIHATIN.

Peningkatan produksi industri kelapa sawit menghasilkan limbah yang terus meningkat, limbah utamanya berupa tandan kosong kelapa sawit dan *palm oil mill effluent*. Teknologi seperti elektrokoagulasi, pirolisis, dan adsorpsi digunakan untuk mengolah limbah ini, namun masih menghasilkan limbah akhir berupa *sludge* dan *biochar* jenuh. Penelitian ini fokus pada karakterisasi dan konversi limbah akhir kelapa sawit, yaitu *sludge* dan *biochar* jenuh menjadi pupuk organik. Dalam basis basah, *Sludge* memiliki pH 7,5, C-organik 43,36%, rasio C/N 9,403 dan unsur NPK 5,226%. *Biochar* jenuh memiliki pH 10, C-organik 75,13%, rasio C/N 2,968, NPK 23,898%, Mg 0,2%, K 0,6%, Ca 0,4%, Si 0,3%, dan Al 0,2%. Meski hampir seluruh kriteria pupuk organik terpenuhi, kadar air *sludge* 61,32% dan *biochar* jenuh 34,96% masih belum memenuhi dan memerlukan penanganan lebih lanjut. Pengolahan lanjutan melibatkan pengeringan dengan unit *sludge drying bed* dan bak pengeringan menggunakan rumah kaca dan *solar system*, dengan efisiensi pengeringan dalam 2,66 hari untuk *sludge* dan 18 jam untuk *biochar* jenuh. Solusi ini berpotensi menghasilkan 5390,18 ton/tahun pupuk organik dengan kadar air *sludge* 15,28% dan *biochar* 9,16% (basis basah), yang berpotensi menggantikan kebutuhan pupuk sintetis di PKS, berpotensi menjadi sumber pendapatan tambahan dari penjualan surplus pupuk, lapangan tenaga kerja baru, pemenuhan regulasi lingkungan, menutrisi tanaman, memperbaiki struktur tanah, *carbon sequestration* hingga 631,52 ton/tahun, mengurangi cemaran dan beban lingkungan yang sejalan dengan konsep ekonomi sirkular bagi industri kelapa sawit.

Kata kunci: Desain proses, Ekonomi sirkular, Limbah kelapa sawit, Pupuk organik

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

## ABSTRACT

GINA LISTIYANI. Process Design of Palm Oil Waste Conversion into Fertilizer in Framework of Circular Economy Implementation. Supervised by SUPRIHATIN.

The increasing production of the palm oil industry generates an increasing amount of waste, mainly in the form of oil palm empty fruit bunches and palm oil mill effluent. Technologies such as electrocoagulation, pyrolysis, and adsorption are used to treat these wastes, but still produce final wastes in the form of sludge and saturated biochar. This research focuses on the characterization and conversion of palm oil final waste into organic fertilizer. In wet base, sludge has pH 7.5, C-organic 43.36%, C/N ratio 9.403 and NPK nutrients 5.226%. Saturated biochar had a pH of 10, C-organic 75.13%, C/N ratio 2.968, NPK nutrients 23.898%, Mg 0.2%, K 0.6%, Ca 0.4%, Si 0.3%, Al 0.2%. Although almost all organic fertilizer criteria are met, the sludge moisture content of 61.32% and saturated biochar of 34.96% still do not meet required. Advanced processing involves sludge drying bed units and drying tubs using greenhouses and solar systems, with a drying efficiency of 2.66 days for sludges and 18 hours for saturated biochar. This solution has the potential to produce 5390,18 tons/year of organic fertilizer, potentially replace the need for synthetic fertilizers at the mill scale, becoming income and profit from fertilizer sales, employment and environmental benefits such as nourishing plants, improving soil structure, carbon sequestration up to 631,52 tonnes/year, reducing environmental contamination, in line with the concept of a circular economy for the palm oil industry.

*Keywords:* Circular economy, Oil palm waste, Organic fertilizer, Process design.

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkannya dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



- Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
    - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
    - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
  2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apa pun tanpa izin IPB University.

© Hak Cipta milik IPB, tahun 2024<sup>1</sup>  
Hak Cipta dilindungi Undang-Undang

*Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan atau menyebutkan sumbernya. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik, atau tinjauan suatu masalah, dan pengutipan tersebut tidak merugikan kepentingan IPB.*

*Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apa pun tanpa izin IPB.*

# **DESAIN PROSES KONVERSI LIMBAH KELAPA SAWIT MENJADI PUPUK (FERTILIZER) DALAM KERANGKA PENERAPAN EKONOMI SIRKULAR**

**GINA LISTIYANI**

Tugas Akhir  
Sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar  
Sarjana Teknik pada  
Program Studi Teknik Industri Pertanian

**DEPARTEMEN TEKNOLOGI INDUSTRI PERTANIAN  
FAKULTAS TEKNOLOGI PERTANIAN  
INSTITUT PERTANIAN BOGOR  
BOGOR  
2024**

- Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
    - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
    - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
  2. Dilarang mengumumkannya dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



**@Hak cipta milik IPB University**

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

**Tim Penguji pada Ujian Tugas Akhir:**

- 1 Prof. Dr. Ika Amalia Kartika, S.T.P., M.T**
- 2 Dr. Elisa Anggraeni, S.TP, M.Sc, IPM**



Judul Tugas Akhir : Desain Proses Konversi Limbah Kelapa Sawit menjadi Pupuk (*Fertilizer*) dalam Kerangka Penerapan Ekonomi Sirkular

Nama : Gina Listiyani  
NIM : F3401201005

Disetujui oleh

Pembimbing 1:  
Prof. Dr-Ing. Ir. Suprihatin, IPU

---

Diketahui oleh

Ketua Departemen:  
Prof. Dr. Ono Suparno, S.TP., M.T., IPM  
NIP 197212031997021001

---

Tanggal Ujian:  
18 Juli 2024

Tanggal Lulus:





## PRAKATA

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah subhanaahu wa ta'ala atas segala karunia-Nya sehingga karya ilmiah ini berhasil diselesaikan. Tema yang dipilih dalam penelitian yang dilaksanakan sejak bulan Februari 2024 sampai bulan Juli 2024 ini ialah Pengembangan Teknologi Maju untuk Pengolahan Limbah Kelapa Sawit dalam Rangka Mewujudkan Ekonomi Sirkular Berbasis Limbah Kelapa Sawit dengan judul “Desain Proses Konversi Limbah Kelapa Sawit menjadi Pupuk (*Fertilizer*) dalam Kerangka Penerapan Ekonomi Sirkular”. Penulis mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu dalam penulisan dan penyusunan proyek desain utama agroindustri ini, yaitu:

1. Prof. Dr-Ing. Ir. Suprihatin, IPU, Prof. Dr. Ir. Nastiti Siswi Indrasti, IPU, dan Dr. Elisa Anggraeni, STP, MSc, IPM selaku dosen pembimbing yang telah membimbing dan memberikan saran selama proses proyek desain utama agroindustri ini.
2. Prof. Dr. Ono Suparno, MT selaku Ketua Departemen Teknologi Industri Pertanian.
3. Seluruh Dosen, Laboran, Tendik, staf TU dan UPT di Departemen Teknologi Industri Pertanian.
4. Orang tua dan seluruh keluarga besar yang senantiasa memberikan doa dan dukungannya.
5. Tim Produta, Muhammad Abdillah Prasetyo, Jessica Rahmalia, Aaron Syach Adiguna Junio, Muhammad Raihan Alif Nirwan, atas kerja samanya dalam menyelesaikan proyek ini.
6. Rekan-rekan mahasiswa di Departemen Teknologi Industri Pertanian Angkatan 57.

Semoga karya ilmiah ini bermanfaat bagi pihak yang membutuhkan dan bagi kemajuan ilmu pengetahuan.

Bogor, Agustus 2024

Gina Listiyani

## DAFTAR ISI

DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR LAMPIRAN	xii
<b>I PENDAHULUAN</b>	13
1.1 Latar Belakang	13
1.2 Rumusan Masalah	14
1.3 Tujuan	15
1.4 Manfaat	15
1.5 Ruang Lingkup	15
<b>II METODE</b>	16
2.1 Waktu dan Tempat	16
2.2 Alat dan Bahan	16
2.3 Prosedur Kerja	16
2.4 Metode Pengumpulan Data	17
<b>III HASIL DAN PEMBAHASAN</b>	18
3.1 Potensi Pemanfaatan Limbah Akhir Kelapa Sawit	18
3.1.1 Potensi <i>sludge</i> endapan POME untuk pupuk	19
3.1.2 Potensi <i>biochar</i> jenuh untuk pupuk	20
3.2 Karakterisasi <i>sludge</i> dan <i>biochar</i> jenuh	21
3.2.1 Hasil Karakterisasi <i>Sludge</i>	22
3.2.2 Hasil Karakterisasi <i>Biochar</i> Jenuh	22
3.2.3 Prototipe pengeringan <i>Sludge</i>	24
3.2.4 Pemisahan <i>Biochar</i> jenuh	25
3.3 <i>Dewatering treatment</i>	27
3.3.1 <i>Sludge Drying Bed</i> (SDB)	27
3.3.2 Bak Pengeringan <i>Biochar</i> Jenuh	28
3.3.3 Rumah kaca dan Panel Surya	28
3.3.4 Diagram Alir Neraca Massa Proses Konversi Limbah	29
3.4 Desain prototipe unit <i>dewatering treatment</i>	31
3.4.1 Desain <i>Sludge Drying Bed</i> (SDB)	31
3.4.2 Desain Bak Pengeringan <i>Biochar</i> Jenuh	33
3.4.3 Desain Rumah Kaca	34
3.4.4 Hasil Karakterisasi Pupuk setelah Proses <i>Dewatering Treatment</i>	37
3.5 Analisis Biaya	38
3.5.1 Estimasi kebutuhan biaya	38



3.5.2	Kebutuhan penggunaan pupuk di PKS	41
3.5.3	Potensi penjualan pupuk organik	42
3.6	Manfaat Lingkungan Pupuk Organik	43
3.6.1	Manfaat Pupuk Organik dari <i>Sludge</i> dan <i>Biochar</i> Jenuh	43
3.6.2	Potensi <i>Carbon Sequestration</i>	44
	<b>SIMPULAN DAN SARAN</b>	43
4.1	Simpulan	46
4.2	Saran	46
	<b>DAFTAR PUSTAKA</b>	47
	<b>LAMPIRAN</b>	50
	<b>RIWAYAT HIDUP</b>	64

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.