

# DESAIN PROSES PIROLISIS UNTUK PRODUKSI BIOCHAR DARI LIMBAH PADAT TANDAN KOSONG KELAPA SAWIT

MUHAMMAD RAIHAN ALIF NIRWAN



DEPARTEMEN TEKNOLOGI INDUSTRI PERTANIAN  
FAKULTAS TEKNOLOGI PERTANIAN  
IPB UNIVERSITY  
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 mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



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

Dengan ini saya menyatakan bahwa tugas akhir dengan judul **“Desain Proses Pirolisis Untuk Produksi Biochar dari Limbah Padat Tandan Kosong Kelapa Sawit”** 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, 04 Juni, 2024

Muhammad Raihan Alif Nirwan  
F3401201062



## ABSTRAK

MUHAMMAD RAIHAN ALIF NIRWAN. Desain Proses Pirolisis Untuk Produksi Biochar dari Limbah Padat Tandan Kosong Kelapa Sawit. Dibimbing oleh SUPRIHATIN.

Perkembangan luas areal kelapa sawit di Indonesia setiap tahunnya cenderung meningkat. Sehingga terdapat banyak limbah biomassa Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS) yang dihasilkan dari pabrik kelapa sawit. Salah satu teknologi yang dapat digunakan untuk mengatasi masalah tersebut yaitu teknologi pirolisis. Pirolisis adalah proses pembakaran tanpa oksigen untuk memproduksi *biochar* dengan produk samping adalah *bio-oil* dan gas. Tujuan dalam penelitian ini yaitu untuk mengetahui pengaruh suhu dan waktu untuk memproduksi *biochar* (arang), melakukan desain keteknikan dengan mendesain alat pirolisis pada PKS Cikasungka dengan kapasitas 25 Ton/Jam, serta menghitung total panas yang dibutuhkan untuk melakukan proses pirolisis dan membandingkannya dengan energi panas (Q) bahan bakar yang dihasilkan dari limbah kelapa sawit. Pada penelitian ini digunakan variabel suhu pirolisis yaitu 300°C, 350°C dan 400°C. Hasil dari penelitian ini didapatkan yield *biochar* terbesar 39% pada suhu 350°C dengan waktu 45 menit, dan energi panas (Q) yang dibutuhkan untuk melakukan pirolisis sebesar 26995312,31 kJ serta energi panas (Q) dari limbah kelapa sawit sebesar 53631821 kJ. Estimasi biaya perhitungan produksi *biochar* per kg tergantung pada aktivasi, biaya produksi *biochar* sebelum aktivasi sebesar Rp. 36,61/kg *biochar*, sedangkan biaya produksi *biochar* setelah aktivasi sebesar Rp. 7.909,42/kg *biochar* aktif.

**Kata Kunci:** Tandan Kosong Kelapa Sawit, pirolisis, *biochar*, energi panas (Q)



## ABSTRACT

MUHAMMAD RAIHAN ALIF NIRWAN. Pyrolysis Process Design for Biochar Production from Empty Oil Palm Fruit Bunch. Supervised by SUPRIHATIN.

The development of oil palm plantation area in Indonesia tends to increase every year. So, there is a lot of empty oil palm bunches (TKKS) biomass waste produced from palm oil mills. One technology that can be used to overcome this problem is pyrolysis technology. Pyrolysis is a combustion process without oxygen to produce *biochar* with by-products being *bio-oil* and gas. The purpose of this study is to determine the effect of temperature and time to produce *biochar* (charcoal), to carry out engineering design by designing a pyrolysis tool at Cikasungka PKS with a capacity of 25 tons/hours, and to calculate the total heat needed to carry out the pyrolysis process and compare it with the heat energy (Q) of fuel produced from oil palm waste. In this study, the pyrolysis temperature variables used were 300°C, 350°C and 400°C. The results of this study obtained the largest Bio-char yield of 39% at a temperature of 350°C with a time of 45 minutes, and the heat energy (Q) required to carry out pyrolysis was 26995312,31 kJ and the heat energy (Q) from palm oil waste was 53631821 kJ. Estimated cost of calculating *biochar* production per kg depends on activation, the cost of *biochar* production before activation is IDR 36.61/kg *biochar*, while the cost of *biochar* production after activation is IDR 7,909.42/kg active *biochar*.

**Keywords:** Empty Oil Palm Fruit Bunches, pyrolysis, *biochar*, heat energy (Q)

@Hak cipta milik IPB University

IPB University

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

- Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
- 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.



- 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 apapun 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 PIROLISIS UNTUK PRODUKSI BIOCHAR DARI LIMBAH PADAT TANDAN KOSONG KELAPA SAWIT**

**MUHAMMAD RAIHAN ALIF NIRWAN**

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

**DEPARTEMEN TEKNOLOGI INDUSTRI PERTANIAN  
FAKULTAS TEKNOLOGI PERTANIAN  
IPB UNIVERSITY  
2024**

@Hak cipta milik IPB University

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 mengumumkannya dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



@Hak cipta milik IPB University

IPB University

Tim Penguji pada Ujian Tugas Akhir:

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



IPB University  
— Bogor Indonesia —



Judul Tugas Akhir : Desain Proses Pirolisis Untuk Produksi *Biochar* dari Limbah Padat Tandan Kosong Kelapa Sawit

Nama : Muhammad Raihan Alif Nirwan  
NIM : F4301201062

Hak cipta milik IPB University

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

Disetujui oleh



Diketahui oleh



Ketua Program Studi Teknik Industri  
Pertanian:  
Prof. Dr. Ir. Ono Suparno, S.T.P., M.T  
197212031997021001

Tanggal Ujian:  
(18 Juli 2024)

Tanggal Lulus:  
(tanggal penandatanganan oleh Dekan  
Fakultas/Sekolah ...)





## PRAKATA

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah subhanaahu wa ta'ala atas segala karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan proyek desain utama agroindustri ini yang dilaksanakan sejak bulan Februari sampai bulan Juli 2024. Proyek desain utama agroindustri berjudul “Desain Proses Pirolisis Untuk Produksi *Biochar* dari Limbah Padat Tandan Kosong Kelapa Sawit” merupakan salah satu syarat untuk menyelesaikan program sarjana Departemen Teknologi Industri Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian.

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, 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, Tendik, staf TU dan UPT di Departemen Teknologi Industri Pertanian.
4. Rekan-rekan mahasiswa di Departemen Teknologi Industri Pertanian Angkatan 57.

Bogor, 04 Juni 2024

*Muhammad Raihan Alif Nirwan*



## DAFTAR ISI

@Hak cipta milik IPB University

DAFTAR ISI	viii
DAFTAR TABEL	ix
DAFTAR GAMBAR	ix
PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah Desain Keteknikan	2
1.3 Tujuan	2
1.4 Manfaat	2
1.5 Ruang Lingkup	2
II TINJAUAN PUSTAKA	3
2.1 Limbah Kelapa Sawit	3
2.2 Tandan Kosong Kelapa Sawit	3
2.3 Pirolisis	4
2.4 <i>Biochar</i> (Arang)	5
III METODE	6
3.1 Waktu dan Tempat	6
3.2 Alat dan Bahan	6
3.3 Prosedur Kerja	6
IV HASIL DAN PEMBAHASAN	8
4.1 Karakteristik Sampel TKKS	8
4.2 Proses Uji Variabel Perlakuan Proses Pirolisis	9
4.3 Karakterisasi Arang Non Aktivasi	10
4.4 Diagram Alir Proses	11
4.5 Neraca Massa Unit <i>Size Reductor</i>	12
4.6 Neraca Massa Unit Pirolisis	12
4.7 Neraca Panas Unit Pirolisis	13
4.8 Perhitungan Ketersediaan Energi Panas	16
4.9 Perencanaan Kebutuhan Panas Untuk Memanaskan Reaktor	19
4.10 Perencanaan Dimensi Reaktor Pirolisis	21
4.11 Spesifikasi Alat dan Mesin	22
4.12 Estimasi Biaya Produksi	23
4.13 Hasil Desain Prototipe 2D Unit Pirolisis	25
4.14 Hasil Desain Prototipe 3D Unit Pirolisis	25
V SIMPULAN DAN SARAN	26
5.1 Simpulan	26
5.2 Saran	26
DAFTAR PUSTAKA	27
RIWAYAT HIDUP	30

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 apapun tanpa izin IPB University.



## DAFTAR TABEL

1	Komponen TKKS	8
2	Hasil Uji Variabel Perlakuan Proses Pirolisis	9
3	Hasil Karakterisasi Arang Non Aktivasi	10
4	Neraca Massa Unit <i>Size Reductor</i>	12
5	Neraca Massa Unit Pirolisis	13
6	Data Cp ( <i>Heat Capacity</i> ) dan $\Delta H_f$ (Perry 8ed & Geankoplis 3ed)	14
7	Neraca Panas Unit Pirolisis	14
8	Proses Panas Untuk Mencapai Panas Reaksi	15
9	Neraca Panas Overall	15
10	Energi dari Sisa Limbah Padat Kelapa Sawit	16
11	Komponen <i>Syngas</i> Beserta Cp	17
12	Perhitungan Panas (Q) <i>Syngas</i>	17
13	Hasil Energi Panas	18
14	Spesifikasi Alat dan Mesin dengan kapasitas 25 ton/hari	22
15	Biaya Bahan Habis Pakai	23
16	Biaya Operasional Alat	24
17	Biaya Tenaga Kerja	24
18	Biaya Investasi Alat	24
19	Biaya Produksi Tanpa Aktivasi	24
20	Biaya Produksi Dengan Aktivasi	

## DAFTAR GAMBAR

1	Prosedur Kerja Proses Pirolisis	6
2	Diagram Alir Pirolisis	11
3	Neraca Massa Unit <i>Size Reductor</i>	12
4	Neraca Massa Unit Pirolisis	13
5	Prototipe Desain 3D Energi <i>Biogas</i> Sebagai Sumber Panas	18
6	Grafik Kenaikan Energi Terhadap Waktu	20
7	Grafik Kenaikan Suhu Terhadap Waktu	21
8	Hasil Desain Prototipe 2D Unit Pirolisis	25
9	Hasil Desain Prototipe 3D Unit Pirolisis	25

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 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 mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.