

TESIS

STUDI PEMANFAATAN CANGKANG TELUR TERKALSINASI SEBAGAI PENYERAP CO₂ PADA PROSES PEMBAKARAN TANDAN KOSONG KELAPA SAWIT



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

OLEH :

**Andrian Putra Pratama
062350443204**

**PROGRAM MAGISTER TERAPAN
TEKNIK ENERGI TERBARUKAN
POLITEKNIK NEGERI SRIWIJAYA
2025**

HALAMAN PENGESAHAN

TESIS

**STUDI PEMANFAATAN CANGKANG TELUR TERKALSINASI
SEBAGAI PENYERAP CO₂ PADA PROSES PEMBAKARAN
TANDAN KOSONG KELAPA SAWIT**

Oleh :

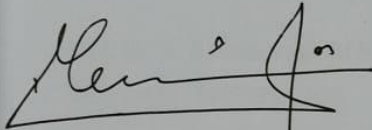
Andrian Putra Pratama

062350443204

Palembang, 26 Juli 2025

Menyetujui,

Pembimbing I,



Dr. Ir. Muhammad Yerizam, M.T.
NIP 196107091989031002

Pembimbing II,



Dr. Ir. Aida Syarif, M.T.
NIP 196501111993032001

Mengetahui,

**Ketua Program Studi Teknik Energi Terbarukan
Program Magister Terapan**



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

HALAMAN PERSETUJUAN

Karya tulis ilmiah berupa Tesis ini dengan judul “Studi Pemanfaatan Cangkring Telur Terkalsinasi Sebagai Penyerap CO₂ Pada Proses Pembakaran Tandan Kosong Kelapa Sawit” telah dipertahankan di hadapan Tim Penguji Karya Tulis Ilmiah Program Studi Teknik Energi Terbarukan Program Magister Terapan Politeknik Negeri Sriwijaya pada tanggal 26 Juli 2025.

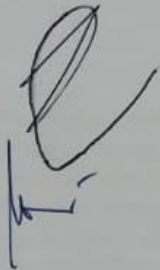
Palembang, 26 Juli 2025

Tim Penguji Karya Tulis Ilmiah Berupa Tesis

Ketua :

Prof. Dr. Ir. Abu Hasan, M.Si.

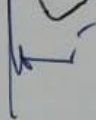
NIP. 196410231992031001

()

Anggota :

1. Prof. Dr. Ir. Yohandri Bow, S.T., M.S.

NIP. 197110231994031002

()

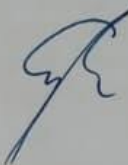
2. Prof. Dr. Ir. Leila Kalsum, M.T.

NIP. 196212071989032001

()

3. Prof. Dr. Ir. Rusdianasari, M.Si.

NIP. 196711191993032003

()

Mengetahui,
Ketua Program Studi Teknik Energi Terbarukan
Program Magister Terapan

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

HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Andrian Putra Pratama

Nim : 062350443204

Judul Tesis : Studi Pemanfaatan Cangkang Telur Terkalsinasi Sebagai Penyerap CO₂ Pada
Proses Pembakaran Tandan Kosong Kelapa Sawit

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

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

Palembang, 26 Juli 2025



Andrian Putra Pratama

NPM 062350443204

HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Andrian Putra Pratama

Nim : 062350443204

Judul Tesis : Studi Pemanfaatan Cangkang Telur Terkalsinasi Sebagai Penyerap CO₂ Pada Proses Pembakaran Tandan Kosong Kelapa Sawit

Memberikan izin kepada pembimbing dari 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, 26 Juli 2025



Andrian Putra Pratama

NPM 062350443204

RIWAYAT HIDUP



Andrian Putra Pratama lahir pada tanggal 20 April 2001, di Palembang Provinsi Sumatera Selatan. Penulis merupakan anak pertama dari dua bersaudara, dari pasangan Bapak Heri Maulana dan Ibu Tatik Eryani. Penulis menempuh jenjang pendidikan formal pertama di SD N 43 Palembang, kemudian melanjutkan pendidikan di SMP N 19 Palembang hingga ke tingkat menengah atas di SMA N 11 Palembang, Penulis melanjutkan pendidikan di tingkat perguruan tinggi di Politeknik Negeri Sriwijaya pada Program Studi Sarjana Terapan (DIV) Teknik Energi Jurusan Teknik Kimia dan lulus pada tahun 2022. Pada tahun 2023 Penulis melanjutkan pendidikan di Program Studi Teknik Energi Terbarukan Program Magister Terapan Politeknik Negeri Sriwijaya.

DAFTAR GLOSARIUM

- Adsorben
- Adsorpsi
- BET (*Brunauer-Emmett-Teller*)
- Biomassa
- CaCO_3 (Kalsium Karbonat)
- CaO (Kalsium Oksida)
- *Carbon Capture and Storage* (CCS)
- Carbonation
- Cangkang Telur
- CO_2 (Karbon Dioksida)
- Furnace
- Gas Analyzer
- *Iodine Number*
- Kalsinasi
- Kristalinitas
- Laju Alir
- Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS)
- *Thermogravimetri*
- XRD (*X-ray Diffraction*)

MOTTO DAN PERSEMBAHAN

“Allah tidak membebani seseorang melainkan sesuai dengan kesanggupannya. Dia mendapatkan (pahala) dari (kebajikan) yang di kerjakannya dan dia mendapat (siksa) dari (kejahatan) yang di perbuatnya.”

(Q.S Al-Baqarah: 286)

“Orang tua di rumah menanti kepulanganmu dengan hasil yang membanggakan, jangan kecewakan mereka. Simpan keluhmu, sebab letihmu tak sebanding dengan perjuangan mereka menghidupimu.”

“Ada yang mengatakan syarat mengerjakan tesis itu perlu jatuh cinta atau patah hati. Ya betul, penulis mengalami keduanya. Tapi jangan lupa untuk bangkit ketika jatuh dan jangan lupa untuk tumbuh kembali ketika patah.”

Tesis ini di persembahkan untuk :

1. Keluarga
2. Pembimbing Tesis
3. Dosen Penguji Tesis
4. Seluruh Dosen Program Studi Teknik Energi Terbarukan Program Magister Terapan Politeknik Negeri Sriwijaya
5. Rekan-rekan Mahasiswa dan Kerabat
6. Semua Teman dan Sahabat
7. Politeknik Negeri Sriwijaya
8. Bangsa Indonesia

KATA PENGANTAR

Puji syukur dipanjatkan kepada Allah SWT atas rahmat dan karunia-Nya penulis dapat menyelesaikan Tesis dengan judul “Studi Pemanfaatan Cangkang Telur Terkalsinasi Sebagai Penyerap CO₂ Pada Proses Pembakaran Tandan Kosong Kelapa Sawit”. Tesis ini disusun sebagai persyaratan untuk menyelesaikan pendidikan pada Program Studi Teknik Energi Terbarukan Program Magister Terapan. Dalam penyusunan Tesis ini penulis mengucapkan terima kasih kepada :

1. Bapak Ir. Irawan Rusnadi, M.T., selaku Direktur Politeknik Negeri Sriwijaya yang telah memberikan dukungan dan kesempatan menggunakan segala fasilitas selama masa pendidikan.
2. Bapak Dr. Yusri, S.Pd., M.Pd., selaku Wakil Direktur I Politeknik Negeri Sriwijaya.
3. Bapak Tahdid, S.T., M.T., selaku Ketua Jurusan Teknik Kimia Politeknik Negeri Sriwijaya.
4. Ibu Prof. Dr. Ir. Rusdianasari, M.Si., selaku Ketua Program Studi Magister Terapan Teknik Energi Terbarukan.
5. Bapak Dr. Ir. Muhammad Yerizam, M.T., selaku Pembimbing I yang memberikan masukan dan motivasi berharga dengan penuh kesabaran.
6. Ibu Dr. Ir. Aida Syarif, M.T., selaku Pembimbing II yang penuh kesabaran dan dedikasi telah membimbing serta memberikan masukan berharga.
7. Segenap Bapak/Ibu Dosen Program Studi Teknik Energi Terbarukan Program Magister Terapan Politeknik Negeri Sriwijaya.
8. Rekan-rekan mahasiswa Program Studi Teknik Energi Terbarukan Program Magister Terapan Politeknik Negeri Sriwijaya angkatan 2023.
9. Kedua orang tua saya Bapak Heri Maulana dan Ibu Tatik Eryani, dua orang yang sangat berjasa dalam hidup saya, dua orang yang selalu mengusahakan anak pertamanya ini menempuh Pendidikan setinggi-tingginya. Kepada papa saya, terima kasih atas setiap cucuran keringat dan kerja keras yang engkau tukarkan menjadi sebuah nafkah demi anakmu bisa sampai kepada tahap ini, demi anakmu dapat mengenyam pendidikan sampai tingkat ini dan terima kasih telah menjadi contoh untuk menjadi seorang laki-laki yang bertanggung jawab penuh terhadap keluarga. Untuk mama saya, terima kasih atas segala motivasi, pesan, doa dan harapan yang selalu mendampingi setiap langkah dan ikhtiar anakmu untuk menjadi seorang yang berpendidikan, terima kasih atas kasih sayang tanpa batas yang tak pernah lekang oleh waktu, atas kesabaran dan pengorbanan yang selalu

mengiringi perjalanan hidup saya, terima kasih telah menjadi sumber kekuatan dan inspirasi serta pelita yang tak pernah padam dalam setiap langkah yang saya tempuh. Terakhir, terima kasih atas segala hal yang kalian berikan yang tak terhitung jumlahnya.

10. Saudara saya Rafli Hertadi, terima kasih telah melindungi, menasehati, memberikan doa, dukungan, semangat yang tidak di dapatkan diamanapun, memberikan saran saat mengalami kesulitan dalam menyelesaikan penulisan tesis.
11. Untuk diri saya sendiri Andrian Putra Pratama, terima kasih sudah bertahan sejauh ini. Terima kasih tetap memilih berusaha dan merayakan dirimu sendiri di titik ini, walau sering kali merasa putus asa atas apa yang di usahakan dan belum berhasil, namun terima kasih tetap menjadi manusia yang selalu mau berusaha dan tidak lelah mencoba. Terima kasih karena memutuskan tidak menyerah sesulit apapun proses penulisan tesis, ini merupakan pencapaian yang patut di apresiasi untuk diri kita sendiri. Berbahagialah selalu diamanpun berada, Andrian. Adapun kurang dan lebihmu mari merayakan diri sendiri.

Penulis menyadari bahwa banyak kekurangan dalam penulisan Tesis ini. Oleh karena itu, penulis mengharapkan adanya saran dan masukan yang sifatnya membangun dari para pembaca dan dosen penguji demi kesempurnaan penulisan Tesis di masa yang akan datang.

Palembang, 26 Juli 2025

Andrian Putra Pratama

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN.....	ii
HALAMAN PERSETUJUAN	iii
SUMMARY	iv
RINGKASAN	v
HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS	vi
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI	vii
RIWAYAT HIDUP	viii
DAFTAR GLOSARIUM.....	ix
MOTTO DAN PERSEMBAHAN	x
KATA PENGANTAR.....	xi
DAFTAR ISI.....	xiii
DAFTAR TABEL	xvi
DAFTAR GAMBAR.....	xvii

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Manfaat Penelitian	3
1.5 Hipotesis.....	3
1.6 Kebaruan (<i>Novelty</i>)	3
1.7 Kerangka Pikir Penelitian	4

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 <i>State Of The Art</i> Penelitian.....	5
2.2 Karbon Dioksida (CO_2).....	6
2.3 Teknologi Penangkapan Karbon (<i>Carbon Capture Technologies</i>).....	7
2.3.1 <i>Post Combustion Capture</i>	7
2.3.2 <i>Pre Combustion Capture</i>	7
2.3.3 <i>Oxy Fuel Combustion</i>	7
2.3.4 Adsorpsi	7
2.3.5 Adsorpsi	8
2.3.6 <i>Membrane Separation</i>	8
2.3.7 <i>Cryogenic Distillation</i>	8
2.4 Pembakaran Tandan Kosong Kelapa Sawit	8
2.5 Tandan Kosong Kelapa Sawit.....	10
2.6 Cangkang Telur.....	11
2.7 Cangkang Telur sebagai Adsorben CO_2	13
2.8 <i>X-ray Diffraction (XRD)</i>	16

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian	17
3.2 Alat dan Bahan.....	17
3.2.1 Alat Yang Digunakan	17
3.2.2 Bahan Yang Digunakan	18
3.3 Perlakuan dan Rancangan Penelitian	18

3.4	Prosedur Penelitian	18
3.4.1	Persiapan Bahan Baku	18
3.4.1.1	Tandan Kosong Kelapa Sawit.....	18
3.4.1.2	Cangkang Telur.....	19
3.4.2	Preparasi Adsorben Cangkang Telur	19
3.4.3	Pengujian <i>Iodine Number</i>	20
3.4.3.1	Pembuatan Larutan Iodin 0,1 N (100 ml)	20
3.4.3.2	Pembuatan Larutan Amilum 1% (100 ml).....	20
3.4.3.3	Langkah Uji Daya Serap Iodin	20
3.4.4	Pengujian XRD Cangkang Telur	21
3.4.5	Pengujian Alat Proses Adsorpsi CO ₂	21
3.5	Pengaplikasian	22
3.6	Proses Kalsinasi	23
3.7	Proses Uji Iodine.....	23
3.8	Blok Diagram Tahapan Penelitian	24
 BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN		
4.1	Hasil	25
4.1.1	Preparasi Adsorben	25
4.1.2	Penguji XRD (<i>X-Ray Diffraction</i>)	27
4.2	Data Uji Adsorpsi CO ₂ Menggunakan Aliran Gas	30
4.3	Pembahasan Model Isoterm Adsorpsi.....	31
4.3.1	Model <i>Isoterm Langmuir</i>	31
4.3.2	Model <i>Isoterm Freundlich</i>	33
 BAB V KESIMPULAN DAN SARAN		
5.1	Kesimpulan	35
5.2	Saran.....	36
 DAFTAR PUSTAKA.....		
LAMPIRAN.....		40
1.	Dokumentasi Persiapan Bahan Baku.....	40
2.	Dokumentasi Pengujian Alat Adsorpsi CO ₂	40
3.	Dokumentasi di Laboratorium.....	41

DAFTAR TABEL

Tabel

2.1 Penelitian Terdahulu	5
2.2 Kandungan Senyawa pada Proses Pembakaran Tandan Kosong Kelapa Sawit	9
2.3 Kandungan Utama pada Tandan Kosong Kelapa Sawit	11
2.4 Komposisi Kimia rata-rata Cangkang Telur	12
4.1 Tabel Hasil Impregnasi CaO dari Cangkang Telur Ayam	25
4.2 Data Uji Adsorpsi CO ₂ Menggunakan Aliran Gas	30

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1.1 Kerangka Pikir Penelitian	4
3.1 Seperangkat Alat Pembakaran Biomassa dan Adsorber	23
3.2 Diagram Alir Penelitian	24
4.1 Hasil kalsinasi pada suhu 700°C	26
4.2 Hasil Kalsinasi pada suhu 900°C	26
4.3 Grafik XRD Cangkang Telur 1	28
4.4 Grafik XRD Cangkang Telur 2	29
4.5 Grafik Efisiensi Adsorpsi	31
4.6 Grafik Model <i>Isoterm Langmuir</i>	32
4.7 Grafik Model <i>Isoterm Freunlich</i>	34