



KOMPOSIT KARBON AKTIF BERBASIS JERAMI PADI DAN ZEOLIT LTA TERMODIFIKASI NiO/CeO₂ SEBAGAI MATERIAL ADSORBEN CO₂

RATU NURAFILLA ATMAJA



**PROGRAM STUDI ANALISIS KIMIA
SEKOLAH VOKASI
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2026**



@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.

Perpustakaan IPB University



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

Dengan ini saya menyatakan bahwa proyek tugas akhir dengan judul “Komposit Karbon Aktif Berbasis Jerami Padi dan Zeolit LTA Termodifikasi NiO/CeO₂ sebagai Material Adsorben CO₂” 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.

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

Bogor, Agustus 2026

Ratu Nurafilla Atmaja
J0412221101



@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.

Perpustakaan IPB University



ABSTRAK

RATU NURAFILLA ATMAJA. Komposit Karbon Aktif Berbasis Jerami Padi dan Zeolit LTA Termodifikasi NiO/CeO₂ sebagai Material Adsorben CO₂. Dibimbing oleh NOVIA AMALIA SHOLEHA.

Peningkatan emisi CO₂ global yang mencapai 37,6 Gt mendorong pengembangan teknologi penangkapan CO₂ yang efektif dan berkelanjutan untuk mendukung target *net-zero emission* tahun 2060. Penelitian ini bertujuan memanfaatkan limbah jerami padi sebagai sumber karbon aktif (KA) yang digunakan sebagai material pendukung komposit zeolit LTA-NiO/CeO₂ untuk adsorpsi CO₂. Karbon aktif disintesis melalui *pre-treatment* asam-basa, kemudian dikombinasikan dengan zeolit LTA-NiO/CeO₂ menggunakan metode pencampuran basah. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penambahan karbon aktif meningkatkan kapasitas adsorpsi CO₂, dengan nilai tertinggi sebesar 3,82 mmol/g pada komposit KA/LTA-NiO/CeO₂ 10% (298,15 K; ± 2 bar). Material komposit dikarakterisasi FTIR, XRD, dan SEM-EDS. Studi kinetika dan termodinamika menunjukkan bahwa adsorpsi CO₂ mengikuti model *pseudo-second-order* yang berlangsung secara spontan ($\Delta G = -0,27$ J/mol), eksotermik ($\Delta H = -2860$ J/mol) dengan entropi adsorpsi $-8,669$ J/mol.K⁻¹, dan energi aktivasi $-40,64$ kJ/mol.

Kata kunci: adsorpsi CO₂, jerami padi, karbon aktif, material komposit, zeolit LTA

ABSTRACT

RATU NURAFILLA ATMAJA. Activated Carbon Composite from Rice Straw and LTA Zeolite Modified with NiO/CeO₂ as a CO₂ Adsorbent Material. Supervised by NOVIA AMALIA SHOLEHA.

The increase in global CO₂ emissions, which reached 37.6 Gt, has driven the development of effective and sustainable CO₂ capture technologies to support the *net-zero emission* target by 2060. This study aimed to utilize rice straw waste as a source of activated carbon (KA) to serve as a support material for LTA zeolit-NiO/CeO₂ composites in CO₂ adsorption applications. Activated carbon was synthesized through acid-base pre-treatment, subsequently combined with LTA zeolit-NiO/CeO₂ using a wet mixing method. The results showed that the incorporation of activated carbon enhanced the CO₂ adsorption capacity, with the highest adsorption capacity of 3.82 mmol/g being achieved by the KA/LTA-NiO/CeO₂ 10% (298,15 K; ± 2 bar). The composite material was characterized using FTIR, XRD, and SEM-EDS. Kinetics and thermodynamics studies show that CO₂ adsorption follows a pseudo-second-order model, occurring spontaneously ($\Delta G = -0.27$ J/mol), exothermic ($\Delta H = -2860$ J/mol) with an adsorption entropy of -8.669 J/mol.K⁻¹, and an activation energy of -40.64 kJ/mol.

Keywords: activated carbon, adsorption CO₂, composite material, rice straw, zeolite LTA



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

© Hak Cipta milik IPB, tahun 2026
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.

KOMPOSIT KARBON AKTIF BERBASIS JERAMI PADI DAN ZEOLIT LTA TERMODIFIKASI NiO/CeO₂ SEBAGAI MATERIAL ADSORBEN CO₂

RATU NURAFILLA ATMAJA

Proyek Tugas Akhir
sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
Sarjana Terapan pada
Program Studi Analisis Kimia

**PROGRAM STUDI ANALISIS KIMIA
SEKOLAH VOKASI
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2026**



@Hak cipta milik IPB University

IPB University

Penguji pada Ujian Laporan Akhir: Nindya Tri Muliawati, S.Si., M.Sc.



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.

Perpustakaan IPB University



Judul Laporan : Komposit Karbon Aktif Berbasis Jerami Padi dan Zeolit LTA
Termodifikasi NiO/CeO₂ sebagai Material Adsorben CO₂

Nama : Ratu Nurafilla Atmaja
NIM : J0412221101

@Hak cipta milik IPB University

Disetujui oleh

Pembimbing:
Dr. Novia Amalia Sholeha, S.Si.

Diketahui oleh

Ketua Program Studi:
Dr. Farida Laila, S.Si., M.Si.
NIP. 197611032014092002

Dekan Sekolah Vokasi:
Dr. Ir. Aceng Hidayat, M.T.
NIP. 196607171992031003



Tanggal Ujian: 17 Juli 2026

Tanggal Lulus:



@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.

Perpustakaan IPB University

PRAKATA

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah *subhanaahu wa ta'ala* atas segala karunia-Nya sehingga Tugas Akhir penelitian ini dapat disusun dan diselesaikan dengan baik. Tema yang dipilih dalam penelitian yang dilaksanakan sejak bulan Januari 2026 sampai bulan Mei 2026 ini ialah Rekayasa Material Katalis Adsorben berbasis Biomassa, dengan judul “Komposit Karbon Aktif Berbasis Jerami Padi dan Zeolit LTA Termodifikasi NiO/CeO₂ sebagai Material Adsorben CO₂”.

Ucapan terima kasih dan penghargaan yang setinggi-tingginya penulis sampaikan kepada berbagai pihak yang telah memberikan bimbingan, dukungan, serta bantuan selama proses penyusunan tugas akhir ini, antara lain kepada:

1. Dr. Novia Amalia Sholeha, S.Si selaku dosen pembimbing yang telah meluangkan banyak waktu, pikiran, dan kesabaran dalam memberikan bimbingan, arahan, masukan, serta saran yang membangun selama proses penelitian hingga penyelesaian tugas akhir ini.
2. Dr. Triyanda Gunawan, S.Si selaku Kepala Laboratorium Kimia Fakultas Sains dan Analitika Data (FSAD) Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS) serta Arya Avif Alviansyah, S.Tr.Si selaku Kepala Laboratorium PT Nature Chem Synergy atas izin pelaksanaan penelitian serta fasilitas dan bantuan yang diberikan selama proses pengambilan dan pengolahan data.
3. Kedua orang tua tercinta, Bapak Atmaja dan Ibu Ninih, serta seluruh keluarga besar atas segala dukungan moral, limpahan doa, kesabaran, dan kasih sayang tiada tara yang senantiasa menjadi sumber kekuatan terbesar bagi penulis.
4. Sahabat-sahabat seperjuangan di masa perkuliahan yang selalu menemani, memberikan semangat, dan kebersamaan hingga garis akhir perkuliahan, yaitu Enit, Hana, Lisda, Manzilah, Rahma, Kinan, Syafira, dan Amalina.

Penulis berharap karya ilmiah ini dapat memberikan manfaat bagi pihak-pihak yang membutuhkan serta berkontribusi dalam pengembangan dan kemajuan ilmu pengetahuan, khususnya di bidang material adsorben dan pemanfaatan biomassa.

Bogor, Agustus 2026

Ratu Nurafilla Atmaja



@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.



DAFTAR ISI

DAFTAR TABEL	viii
DAFTAR GAMBAR	viii
DAFTAR LAMPIRAN	ix
DAFTAR PERSAMAAN	ix
I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan	2
1.4 Manfaat	3
1.5 Ruang Lingkup	3
1.6 Hipotesis	3
II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Adsorpsi Gas CO ₂	5
2.2 Karbon Aktif	5
2.3 Limbah Jerami Padi	6
2.4 Zeolit Linde Type A (LTA)	7
2.5 Logam Aktif	8
2.6 Karakterisasi Material Komposit KA/LTA-NiO/CeO ₂	9
III METODE	12
3.1 Waktu dan Tempat	12
3.2 Alat dan Bahan	12
3.3 Prosedur Kerja	12
3.4 Analisis Data	17
IV HASIL DAN PEMBAHASAN	18
4.1 Hasil Pembuatan Karbon Aktif Berbasis Jerami Padi	18
4.2 Hasil Sintesis dan Karakterisasi Zeolit LTA	25
4.3 Hasil Karakterisasi Struktur Zeolit LTA Termodifikasi NiO/CeO ₂	29
4.4 Hasil Karakterisasi Material Komposit KA/LTA-NiO/CeO ₂	31
4.5 Hasil Kinerja Adsorpsi CO ₂	34
V SIMPULAN DAN SARAN	39
5.1 Simpulan	39
5.2 Saran	39
DAFTAR PUSTAKA	40
LAMPIRAN	45
RIWAYAT HIDUP	49



DAFTAR TABEL

1	Material adsorben gas CO ₂	5
2	Logam aktif dalam kemampuan adsorpsi gas CO ₂	9
3	Perbedaan karakteristik fisik biomassa jerami padi	19
4	Karakteristik puncak FTIR biomassa dan KA	21
5	Karakteristik puncak FTIR zeolit LTA	27
6	Karakteristik puncak XRD zeolit LTA	28
7	Hasil analisis EDS zeolit LTA	29
8	Karakteristik puncak FTIR	32
9	Hasil analisis EDS KA/LTA-NiO/CeO ₂ 10%	33
10	Hasil pengujian adsorpsi CO ₂	34
11	Analisis termodinamika adsorpsi gas	36

DAFTAR GAMBAR

1	Karbon aktif	6
2	Biomassa jerami padi	7
3	Struktur zeolit LTA	8
4	Mekanisme kerja FTIR	10
5	Mekanisme kerja XRD	10
6	Mekanisme kerja SEM	11
7	Diagram alir penelitian	13
8	Mekanisme pengujian adsorpsi CO ₂	16
9	Biomassa jerami padi	18
10	Reaksi desilikasi biomassa jerami	19
11	Proses <i>pre-treatment</i>	20
12	Spektrum FTIR karbon aktif dan biomassa jerami	21
13	Gugus fungsi guaiaasil dan siringil	22
14	Hasil XRD serbuk jerami dan karbon aktif	23
15	Hasil karakterisasi SEM karbon aktif (KA)	24
16	Reaksi pembentukan zeolit LTA	25
17	Spektrum FTIR zeolit LTA	26
18	Hasil XRD zeolit LTA	27
19	Hasil XRD material	30
20	Spektrum FTIR komposit	31
21	Hasil karakterisasi XRD komposit	32
22	Hasil karakterisasi SEM KA/LTA-NiO/CeO ₂ 10%	33
23	Grafik analisis kinetika pseudo-order kedua	35
24	Grafik analisis termodinamika dan energi aktivasi	37



DAFTAR LAMPIRAN

1	Perhitungan pembuatan larutan	46
2	Perhitungan komposisi bimetal NiO/CeO ₂	46
3	Perhitungan sintesis zeolit LTA	47
4	Perhitungan XRD Zeolit LTA	48
5	Data kinetika adsorpsi	48

DAFTAR PERSAMAAN

1	Persamaan kinetika adsorpsi	16
2	Persamaan pseudo orde satu	16
3	Persamaan pseudo orde dua	16
4	Persamaan difusi intrapartikel	16
5	Persamaan termodinamika	17
6	Persamaan energi bebas Gibbs	17
7	Persamaan Arrhenius	17



@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.