

SINTESIS KARBON DOT DARI RUMPUT BENGALA DALAM MATRIKS POLIVINIL ALKOHOL UNTUK ADSORPSI ION Pb^{2+}

NUR ANISA LABONU



PROGRAM STUDI MAGISTER KIMIA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2026

PERNYATAAN MENGENAI TESIS DAN SUMBER INFORMASI SERTA PELIMPAHAN HAK CIPTA

Dengan ini saya menyatakan bahwa tesis dengan judul “Sintesis Karbon Dot dari Rumput Benggala dalam Matriks Polivinil Alkohol untuk Adsorpsi Ion Pb^{2+} ” 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 tesis ini.

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

Bogor, Juli 2026

Nur Anisa Labonu
G4501221006

RINGKASAN

NUR ANISA LABONU. Sintesis Karbon Dot dari Rumput Benggala dalam Matriks Polivinil Alkohol untuk Adsorpsi Ion Pb^{2+} . Dibimbing oleh TETTY KEMALA, SRI SUGIARTI, dan MUHAMMAD AL MUTTAQII.

Karbon dot (CD) merupakan nanomaterial karbon berdimensi nol yang memiliki sifat optik khas, toksisitas rendah, stabilitas tinggi, serta permukaan kaya gugus fungsi oksigen, sehingga berpotensi sebagai adsorben logam berat. Sintesis CD dari biomassa memanfaatkan sumber karbon terbarukan. Rumput benggala (*Megathyrsus maximus*) merupakan biomassa lignoselulosa yang melimpah yang berpotensi sebagai prekursor untuk sintesis CD. Untuk meningkatkan stabilitas dan kemudahan penggunaan, dilakukan imobilisasi CD dalam matriks polivinil alkohol (PVA) yang mampu membentuk film yang stabil. Penelitian ini bertujuan untuk mensintesis CD dari rumput benggala, melakukan karakterisasi sifat optik dan gugus fungsi komposit CD/PVA, mengevaluasi kemampuan adsorpsi terhadap ion Pb^{2+} , serta menganalisis hubungan antara karakteristik komposit dan kinerja adsorpsinya.

CD disintesis menggunakan metode hidrotermal, kemudian imobilisasi dilakukan dalam matriks PVA dengan rasio volume CD/PVA 15:5, 10:10, dan 5:15. Karakterisasi meliputi pengamatan visual di bawah sinar ultraviolet (366 nm), UV-Vis, fotoluminesens, dan *Fourier Transform Infrared* (FTIR). Kemampuan adsorpsi terhadap ion Pb^{2+} diuji dengan metode perendaman selama 12 jam, sedangkan konsentrasi Pb^{2+} sebelum dan sesudah adsorpsi dianalisis menggunakan spektroskopi serapan atom (*Atomic Absorption Spectroscopy*, AAS).

Hasil penelitian menunjukkan bahwa CD berhasil disintesis dari rumput benggala dan menghasilkan fluoresensi biru di bawah sinar ultraviolet. Spektrum UV-Vis menunjukkan puncak serapan pada 276 nm yang berkaitan dengan transisi $\pi \rightarrow \pi^*$ dari domain karbon sp^2 terkonjugasi, sedangkan spektrum fotoluminesens menunjukkan puncak emisi 446 nm (eksitasi 325 nm). Setelah proses imobilisasi ke dalam matriks PVA, CD tetap mempertahankan karakteristik optiknya. Peningkatan fraksi PVA menyebabkan pergeseran pita serapan UV-Vis ke panjang gelombang yang lebih pendek dan mengindikasikan perubahan karakteristik fotoluminesens akibat berkurangnya interaksi antartpartikel CD dalam matriks polimer. Analisis FTIR menunjukkan bahwa komposit terbentuk melalui interaksi nonkovalen berupa ikatan hidrogen tanpa menghasilkan gugus fungsi baru.

Seluruh komposit CD/PVA mampu mengadsorpsi ion Pb^{2+} dengan persentase penyisihan sekitar 44%. Variasi komposisi CD/PVA tidak memberikan perbedaan yang berarti terhadap efisiensi penyisihan, namun peningkatan fraksi PVA menunjukkan kecenderungan peningkatan kapasitas adsorpsi. Gugus hidroksil pada permukaan CD tetap dipertahankan setelah pembentukan komposit dan diperkirakan menjadi situs aktif adsorpsi. Penelitian ini menunjukkan bahwa rumput benggala berpotensi sebagai sumber karbon terbarukan untuk sintesis CD, sedangkan komposit CD/PVA berpotensi sebagai adsorben berbasis karbon untuk pengolahan air yang mengandung logam berat

Kata kunci: adsorpsi Pb^{2+} , karbon dot, komposit CD/PVA, rumput benggala, sintesis hidrotermal



SUMMARY

NUR ANISA LABONU. Synthesis of Carbon Dots Derived from Guinea Grass in a Polyvinyl Alcohol Matrix for Pb²⁺ Ion Adsorption. Supervised by TETTY KEMALA, SRI SUGIARTI, dan MUHAMMAD AL MUTTAQII.

Carbon dots (CDs) are zero-dimensional carbon nanomaterials that possess distinctive optical properties, low toxicity, high stability, and a rich surface of oxygen-functional groups, making them a potentially effective adsorbent for heavy metals. The synthesis of CDs from biomass utilizes renewable carbon sources. Guinea grass (*Megathyrsus maximus*) is an abundant lignocellulosic biomass with potential as a precursor for CD synthesis. To improve stability and ease of use, CDs were immobilized in a polyvinyl alcohol (PVA) matrix that is capable of forming stable films. This study aims to synthesize CDs from Guinea grass, characterize the optical properties and functional groups of the CD/PVA composite, evaluate its adsorption capacity for Pb²⁺ ions, and analyze the relationship between the composite's characteristics and its adsorption performance.

CD was synthesized using the hydrothermal method, followed by immobilization in a PVA matrix at CD/PVA volume ratios of 15:5, 10:10, and 5:15. Characterization included visual observation under ultraviolet light (366 nm), UV–Vis spectroscopy, photoluminescence, and Fourier Transform Infrared (FTIR) spectroscopy. The adsorption capacity for Pb²⁺ ions was determined by a 12-hour immersion method, while the Pb²⁺ concentrations before and after adsorption were analyzed using atomic absorption spectroscopy (AAS).

The results of the study show that CD was successfully synthesized from Bengal grass and exhibits blue fluorescence under ultraviolet light. The UV–Vis spectrum shows an absorption peak at 276 nm associated with the $\pi \rightarrow \pi^*$ transition of the conjugated sp² carbon domains, and the photoluminescence spectrum shows an emission peak at 446 nm (excitation at 325 nm). After immobilization into the PVA matrix, the CDs retained their optical characteristics. An increase in the PVA fraction shifts the UV–Vis absorption band toward shorter wavelengths, indicating a change in photoluminescence characteristics due to reduced interparticle interactions of the CDs within the polymer matrix. FTIR analysis shows that the composite forms through noncovalent hydrogen bonding without the formation of new functional groups.

All CD/PVA composites were capable of adsorbing Pb²⁺ ions with a removal efficiency of approximately 44%. Variations in the CD/PVA composition did not result in significant differences in removal efficiency; however, an increase in the PVA fraction tended to increase the adsorption capacity. The hydroxyl groups on the CD surface were retained after composite formation and are believed to serve as active adsorption sites. This study demonstrates that Bengal grass has potential as a renewable carbon source for CD synthesis and that CD/PVA composites have potential as carbon-based adsorbents for the purification of water containing heavy metals.

Keywords: carbon dots, CD/PVA composite, guinea grass, hydrothermal synthesis, Pb²⁺ adsorption

SINTESIS KARBON DOT DARI RUMPUT BENGKALA DALAM MATRIKS POLIVINIL ALKOHOL UNTUK ADSORPSI ION Pb^{2+}

NUR ANISA LABONU

Tesis
sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
Magister pada
Program Studi Kimia

**PROGRAM STUDI MAGISTER KIMIA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2026**



@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.

Tim Penguji pada Ujian Tesis:
1 Dr. Zulhan Arif, S.Si., M.Si.

Judul Tesis : Sintesis Karbon Dot dari Rumpun Benggala dalam Matriks
Polivinil Alkohol untuk Adsorpsi Ion Pb^{2+}

Nama : Nur Anisa Labonu

NIM : G4501221006

Disetujui oleh

Pembimbing 1:

Dr. Tetty Kemala, S.Si., M.Si.

Pembimbing 2:

Sri Sugiarti, S.Si., Ph.D.

Pembimbing 3:

Dr. Muhammad Al Muttaqqi, M.T.

Diketahui oleh

Ketua Program Studi

Prof. Dr. Immanida Batubara, S.Si., M.Si.

NIP 19750807 200501 2 001

Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan
Alam

Dr. Berry Juliandi S.Si., M.Si.

NIP 19780723 200701 1 001



Digitaly signed by:
Immanida Batubara
Date: 11 Aug 2020 15:45:55 WIB
Verify at: e-sign@ipb.ac.id



Tanggal Ujian: 13 Juli 2026

Tanggal Lulus:

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.



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 Oktober 2024 sampai bulan November 2025 ialah “Sintesis Karbon Dot dari Rumput Benggala dalam Matriks Polivinil Alkohol untuk Adsorpsi Ion Pb^{2+} ”. Shalawat dan salam senantiasa penulis haturkan kepada Nabi Muhammad *shallallahu alaihi wasallam*, beserta keluarga, sahabat, dan pengikutnya hingga akhir zaman.

Terima kasih penulis ucapkan kepada para pembimbing, Dr. Tetty Kemala, S.Si., M.Si., Sri Sugiarti, S.Si., Ph.D., dan Dr. Muhammad Al Muttaqii, M.T., yang telah membimbing dan banyak memberi saran. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada Dr. Zulhan Arif, S.Si, M.Si. selaku tim penguji dan Dr. Wulan Tri Wahyuni selaku moderator sidang. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada Rindi Herdika, A.md selaku komdik kimia pascasarjana, Rohmat Ismail, S.Si selaku laboran di Laboratorium Anorganik, Nor Pana Yupa, Ananda Novita Hi. Pattu, Putri Hana Nabilah, Moudy Valencia, Novia Alfiansyah Putri, Dyah Purnawati, Siti Martina, Fera Susanti, dan Wildayati yang telah membantu saya selama proses pengumpulan data, serta memberikan semangat dan bantuan selama penulis mengerjakan naskah tesis hingga selesai. Ungkapan terima kasih juga disampaikan kepada Ayahanda tercinta Indis Labonu, Ibunda tercinta Marlina Amadi, adik kandung saya Moh Reski Labonu, Moh Kautsar Labonu dan Moh Alif Labonu yang selalu memberikan dukungan moral maupun material, doa, dan kasih sayang selama menempuh studi S2.

Semoga Allah *subhanaahu wa ta'ala* melimpahkan rahmat, taufik, hidayah serta inayah-Nya kepada kita semua. Aamiin. Semoga karya ilmiah ini bermanfaat bagi pihak yang membutuhkan serta bagi kemajuan ilmu pengetahuan di bidang kimia.

Bogor, Juli 2026

Nur Anisa Labonu



DAFTAR ISI

DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR LAMPIRAN	xi
I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan	3
1.4 Manfaat	3
II METODE	5
2.1 Waktu dan Tempat Penelitian	5
2.2 Alat dan Bahan	5
2.3 Prosedur Kerja	5
2.4 Analisis data	6
III HASIL DAN PEMBAHASAN	8
3.1 Karbon Dot Hasil Sintesis dan Komposit Karbon Dot/Polivinil Alkohol	8
3.2 Karakteristik Karbon Dot dan Komposit CD/PVA	13
3.3 Aplikasi Komposit CD/PVA untuk Adsorpsi Ion Pb ²⁺	24
IV SIMPULAN DAN SARAN	32
4.1 Simpulan	32
4.2 Saran	32
DAFTAR PUSTAKA	33
LAMPIRAN	38
RIWAYAT HIDUP	46



DAFTAR TABEL

3.1	Parameter kurva kalibrasi larutan standar Pb^{2+}	25
3.2	Parameter adsorpsi komposit CD/PVA terhadap ion Pb^{2+}	26

DAFTAR GAMBAR

1.1	Rumput benggala	2
1.2	Struktur Polivinil Alkohol	2
3.1	Karbon dot hasil sintesis dari rumput benggala pada (A) cahaya tampak dan (B) penyinaran UV 366 nm	9
3.2	Skema mekanisme pembentukan CD dari rumput benggala melalui proses hidrotermal	10
3.3	Film komposit CD/PVA dengan rasio 15:5 (1), 10:10 (2), dan 5:15 (3) pada (A) cahaya tampak dan (B) penyinaran UV 366 nm	12
3.4	Skema mekanisme pembentukan komposit CD/PVA melalui metode <i>solution casting</i>	12
3.5	Spektrum UV–Vis CD dan komposit CD/PVA	14
3.6	Skema perubahan lingkungan elektronik CD setelah imobilisasi dalam matriks PVA	17
3.7	Spektrum fotoluminesens CD (a) dan komposit CD/PVA (b)	19
3.8	Skema perubahan karakteristik fotoluminesens CD setelah pembentukan komposit CD/PVA	21
3.9	Spektrum FTIR CD, PVA, dan komposit CD/PVA	22
3.10	Mekanisme pembentukan komposit CD/PVA melalui interaksi ikatan hidrogen	24
3.11	Kurva kalibrasi larutan standar Pb^{2+} menggunakan AAS	25
3.12	Persentase penyisihan (%R) ion Pb^{2+} oleh komposit CD/PVA pada berbagai rasio komposisi	27
3.13	Kapasitas adsorpsi (q_e) komposit CD/PVA terhadap ion Pb^{2+}	27
3.14	Mekanisme adsorpsi ion Pb^{2+} oleh komposit CD/PVA	28
3.15	Skema konseptual hubungan karakteristik komposit CD/PVA dengan kemampuan adsorpsi ion Pb^{2+}	30

DAFTAR LAMPIRAN

1.	Diagram Alir Penelitian	39
2.	Data Kurva Kalibrasi Larutan Standar Pb^{2+}	40
3.	Contoh Perhitungan Adsorpsi Ion Pb^{2+}	41
4.	Nilai Panjang Gelombang Maksimum (λ_{maks}) dan Absorbansi Maksimum Spektrum UV–Vis CD dan Komposit CD/PVA	42
5.	Data Spektrum Fotoluminesens CD dan Komposit CD/PVA	43
6.	Data Spektrum FTIR, CD, PVA, dan Komposit CD/PVA	44
7.	Tabel Parameter Adsorpsi Ion Pb^{2+}	45