



SINTESIS DAN KARAKTERISASI *HYDROGEL BEAD* DARI KOMPOSIT CANGKANG TELUR-ZEOLIT UNTUK REDUKSI ZAT WARNA

@Hak cipta milik IPB University

MUHAMMAD FAZA ROMADHON



**PROGRAM STUDI SARJANA FISIKA
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.



PERNYATAAN MENGENAI SKRIPSI DAN SUMBER INFORMASI SERTA PELIMPAHAN HAK CIPTA

Dengan ini saya menyatakan bahwa skripsi dengan judul “Sintesis dan Karakterisasi *Hydrogel Bead* dari Komposit Cangkang Telur-Zeolit untuk Reduksi Zat Warna” 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 skripsi ini.

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

Bogor, Juni 2026

Muhammad Faza Romadhon
G7401221012



@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.



ABSTRAK

MUHAMMAD FAZA ROMADHON. Sintesis dan Karakterisasi *Hydrogel Bead* dari Komposit Cangkang Telur-Zeolit untuk Reduksi Zat Warna. Dibimbing oleh MERSI KURNIATI dan FIFIA ZULTI.

Penelitian ini dilatarbelakangi oleh meningkatnya pencemaran air akibat limbah industri tekstil yang mengandung zat warna sintetik metilen biru (MB) yang bersifat toksik, persisten, dan sulit terdegradasi secara alami. Penelitian ini bertujuan mensintesis, mengarakterisasi, dan mengevaluasi performa adsorben berbentuk *hydrogel bead* berbasis cangkang telur dan zeolit dalam sistem kolom adsorpsi untuk reduksi MB. *Hydrogel bead* disintesis melalui metode enkapsulasi sodium alginat menggunakan agen penaut silang CaCl_2 dengan variasi bahan aktif cangkang telur (CThb), zeolit (Zhb), dan kompositnya (CTZhb). Karakterisasi meliputi analisis kadar air, *swelling*, *Fourier Transform Infrared Spectroscopy* (FTIR), dan *Scanning Electron Microscopy* (SEM). Pengujian adsorpsi dilakukan secara kontinu menggunakan larutan MB 100 mg/L selama 18 jam. Hasil penelitian menunjukkan bahwa ZHb memiliki efisiensi reduksi maksimum 89% dan kapasitas adsorpsi 10,05 mg/g yang didukung kemampuan pertukaran kation dan struktur pori zeolit. CThb menunjukkan kemampuan adsorpsi yang baik dengan stabilitas penggunaan ulang lebih tinggi akibat proses desorpsi yang lebih optimal. CTZhb mengombinasikan keunggulan kedua material sehingga menghasilkan efisiensi adsorpsi dan kemampuan penggunaan ulang yang baik. Ketiga *hydrogel bead* mampu mempertahankan bentuk fisik, laju alir, serta performa penggunaan ulang hingga lima siklus adsorpsi-desorpsi, sehingga berpotensi sebagai adsorben ramah lingkungan dan berbiaya rendah untuk pengolahan limbah zat warna secara kontinu.

Kata kunci: adsorpsi, cangkang telur, hydrogel, metilen biru, zeolit



ABSTRACT

MUHAMMAD FAZA ROMADHON. Synthesis and Characterization of Hydrogel Beads from Eggshell-Zeolite Composites for Dye Reduction. Supervised by MERSI KURNIATI and FIFIA ZULTI.

This study was motivated by the increasing water pollution caused by textile industry wastewater containing methylene blue (MB), a synthetic dye that is toxic, persistent, and difficult to degrade naturally. The study aimed to synthesize, characterize, and evaluate the performance of eggshell- and zeolite-based hydrogel bead adsorbents in a column adsorption system for MB removal. The hydrogel beads were synthesized through sodium alginate encapsulation using CaCl_2 as a crosslinking agent, with variations of eggshell (CThb), zeolite (ZHb), and their composite (CTZhb) as active materials. Characterization included moisture content, swelling, Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FTIR), and Scanning Electron Microscopy (SEM) analyses. Continuous adsorption experiments were conducted using a 100 mg/L MB solution for 18 hours. The results showed that ZHb achieved a maximum removal efficiency of 89% and an adsorption capacity of 10.05 mg/g, supported by its cation-exchange capability and porous structure. CThb exhibited good adsorption performance with higher reusability stability due to a more effective desorption process. CTZhb combined the advantages of both materials, resulting in good adsorption efficiency and reusability. All hydrogel beads maintained their physical integrity, flow rate, and adsorption performance over five adsorption–desorption cycles, indicating their potential as environmentally friendly and low-cost adsorbents for the continuous treatment of dye-containing wastewater.

Keywords: adsorption, eggshell, hydrogel, methylene blue, zeolite.



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.



@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.



SINTESIS DAN KARAKTERISASI *HYDROGEL BEAD* DARI KOMPOSIT CANGKANG TELUR-ZEOLIT UNTUK REDUKSI ZAT WARNA

MUHAMMAD FAZA ROMADHON

Skripsi
sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
Sarjana pada
Program Studi Fisika

**PROGRAM STUDI SARJANA FISIKA
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 Skripsi:

1 Dr. Erus Rustami, S.Si., M.Si.

2 Drs. Mahfuddin, M.Si.



Judul Skripsi : Sintesis dan Karakterisasi *Hydrogel Bead* dari Komposit
Cangkang Telur-Zeolit untuk Reduksi Zat Warna

Nama : Muhammad Faza Romadhon
NIM : G7401221012

Disetujui oleh

Pembimbing 1:
Dr. Mersi Kurniati, S.Si., M.Si.
NIP. 196811171998022001

Pembimbing 2:
Fifia Zulti, S.Si, M.Si.
NIP. 198605292008122002

Diketahui oleh

Ketua Departemen:
Dr. Ir. Irmansyah, M.Si.
NIP. 196809161994031001

Tanggal Ujian: 30 Juni 2026

Tanggal Lulus:



@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.



PRAKATA

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah subhanaahu wa ta'ala atas segala karunia-Nya sehingga karya ilmiah ini berhasil diselesaikan. Penelitian yang dilaksanakan sejak bulan Agustus 2025 sampai bulan April 2026 dengan judul Sintesis dan Karakterisasi *Hydrogel Bead* dari Komposit Cangkang Telur-Zeolit untuk Reduksi Zat Warna.

Rasa hormat dan terima kasih penulis ucapkan kepada Dr. Mersi Kurniati, S.Si., M.Si. dan Fifia Zulti, S.Si, M.Si. selaku dosen pembimbing yang telah memberikan arahan, ilmu, motivasi, serta berbagai masukan selama proses penelitian dan penyusunan karya ilmiah ini. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada pembimbing akademik, moderator seminar, dan penguji luar komisi pembimbing. Penulis juga menyadari bahwa banyak bantuan yang telah diberikan oleh berbagai pihak dalam proses penyelesaian karya ilmiah ini. Penulis menyampaikan penghargaan tertinggi kepada kedua orang tua tercinta, Bapak Eri Setia Romadhon dan Ibu Ega Rahayu, serta kakak penulis, Imany Romadhon, Nafhan Isfahani, dan Nabila Azmi yang senantiasa memberikan doa, dukungan, motivasi, perhatian, dan kasih sayang selama proses perkuliahan hingga penyusunan karya ilmiah ini. Ucapan terima kasih juga penulis sampaikan kepada teman-teman Seruni yang selalu mendampingi dan memberikan semangat dalam proses belajar serta penyelesaian karya ilmiah ini. Terima kasih kepada rekan magang riset BRIN 2025 atas dukungan dan kebersamaan selama pelaksanaan penelitian. Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada rekan-rekan mahasiswa Fisika IPB angkatan 59 yang telah memberikan bantuan, dukungan, dan pengalaman berharga selama penulis menempuh pendidikan di Sekolah Sarjana Fisika IPB.

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

Bogor, Juni 2026

Muhammad Faza Romadhon

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.



@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 GAMBAR	xi
DAFTAR LAMPIRAN	xii
I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan	2
1.4 Manfaat	3
II TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Cangkang Telur	4
2.2 Zeolit	4
2.3 Adsorpsi	5
2.4 <i>Hydrogel bead</i>	7
2.5 Zat Warna	7
III METODE	9
3.1 Waktu dan Tempat	9
3.2 Alat dan Bahan	9
3.3 Prosedur Penelitian	9
3.4 Analisis Data	12
IV HASIL DAN PEMBAHASAN	14
4.1 Karakterisasi <i>Hydrogel Bead</i>	14
4.2 Kinerja Adsorpsi dalam Sistem Kolom	19
V SIMPULAN DAN SARAN	32
5.1 Simpulan	32
5.2 Saran	32
DAFTAR PUSTAKA	33
LAMPIRAN	36
RIWAYAT HIDUP	38



DAFTAR TABEL

1	Rata-rata diameter, Kadar air, dan <i>Swelling</i> ketiga jenis <i>hydrogel bead</i>	14
2	Pengukuran area pori menggunakan ImageJ pada citra SEM <i>hydrogel bead</i> perbesaran 2500×	19
3	Kapasitas adsorpsi <i>hydrogel bead</i> dalam sistem kolom adsorpsi	26

DAFTAR GAMBAR

1	Pembentukan ikatan fisisorpsi dan kemisorpsi	5
2	Struktur kimia Metilen Biru	8
3	Skema sistem kolom Adsorpsi	11
4	Visual <i>hydrogel bead</i> a) CThb, b) Zhb, c) CTZhb	14
5	Spektrum FTIR Cangkang Telur Serbuk (CTs) dan Zeolit Serbuk (Zs)	16
6	Spektrum FTIR Cangkang Telur <i>Hydrogel Bead</i> (CThb), Zeolit <i>Hydrogel Bead</i> (Zhb), Cangkang Telur-Zeolit <i>Hydrogel Bead</i> (CTZhb)	17
7	Morfologi permukaan perbesaran 2500× a) CThb, b) Zhb, c) CTZhb	18
8	Citra SEM setelah pemrosesan <i>thresholding</i> a) CThb, b) Zhb, c) CTZhb	18
9	Spektrum FTIR Cangkang Telur <i>Hydrogel Bead</i> (CThb), Zeolit <i>Hydrogel Bead</i> (Zhb), Cangkang Telur-Zeolit <i>Hydrogel Bead</i> (CTZhb) setelah adsorpsi MB 100 mg/L selama 18 jam	20
10	Morfologi permukaan Morfologi permukaan a) CThb, b) Zhb, c) CTZhb setelah adsorpsi MB 100 mg/L selama 18 jam	20
11	Kurva standar pengukuran konsentrasi MB	21
12	pH efluen pengujian kolom adsorpsi metilen biru menggunakan ketiga jenis <i>hydrogel bead</i>	22
13	Pengaruh variasi <i>bed ratio</i> adsorben dalam kolom terhadap kinerja adsorpsi	23
14	Profil laju alir efluen pada kolom adsorpsi menggunakan adsorben serbuk dan <i>hydrogel bead</i> dengan debit pompa 5 ml/menit	23
15	Profil perubahan konsentrasi MB selama proses adsorpsi menggunakan adsorben serbuk	24
16	Grafik efisiensi reduksi MB terhadap waktu selama proses adsorpsi menggunakan adsorben serbuk	25
17	Profil perubahan konsentrasi MB selama proses adsorpsi menggunakan adsorben <i>hydrogel bead</i>	26

18	Grafik efisiensi reduksi MB terhadap waktu selama proses adsorpsi menggunakan adsorben <i>hydrogel bead</i>	26
19	Perbedaan visual larutan MB 100 mg/L dan larutan efluen MB pada jam ke-18 pengujian adsorpsi menggunakan a) CThb, b) Zhb, dan c) CTZhb	28
20	Bentuk fisik <i>hydrogel bead</i> sebelum dan setelah adsorpsi MB selama 18 jam menggunakan a) CThb, b) Zhb, dan c) CTZhb	28
21	Grafik efisiensi reduksi terhadap waktu dari penggunaan ulang CThb dalam reduksi MB sebanyak 5 siklus	30
22	Grafik efisiensi reduksi terhadap waktu dari penggunaan ulang ZThb dalam reduksi MB sebanyak 5 siklus	30
23	Grafik efisiensi reduksi terhadap waktu dari penggunaan ulang CTZhb dalam reduksi MB sebanyak 5 siklus	31

DAFTAR LAMPIRAN

1	Lampiran 1 Diagram alir penelitian	33
2	Lampiran 2 Perhitungan konsentrasi larutan metilen biru	37
3	Lampiran 3 Perhitungan larutan standar metilen biru	37



@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.