

ANALISIS DAN PEMODELAN MEKANISME ADSORPSI PEWARNA *METHYLENE BLUE* DAN *CONGO RED* MENGUNAKAN KOMPOSIT CANGKANG TELUR- KAOLIN DALAM BENTUK *BEAD*

AZ-ZAHRA FARHATUSAKINAH



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



- 

PERNYATAAN MENGENAI SKRIPSI DAN SUMBER INFORMASI SERTA PELIMPAHAN HAK CIPTA

Dengan ini saya menyatakan bahwa skripsi dengan judul “Analisis dan Pemodelan Mekanisme Adsorpsi Pewarna *Methylene Blue* dan *Congo Red* menggunakan Komposit Cangkang Telur-Kaolin dalam Bentuk *Bead*” 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

Azzahra Farhatusakinah
G7401221029



ABSTRAK

AZ-ZAHRA FARHATUSAKINAH. Analisis dan Pemodelan Mekanisme Adsorpsi Pewarna *Methylene Blue* dan *Congo Red* menggunakan Komposit Cangkang Telur-Kaolin dalam Bentuk *Bead*. Dibimbing oleh HENDRADI HARDHIENATA dan FIFIA ZULTI.

Pencemaran air akibat limbah zat warna *Methylene Blue* (MB) dan *Congo Red* (CR) memerlukan adsorben yang efektif. Penelitian ini bertujuan menganalisis pengaruh metode homogenisasi terhadap karakteristik *bead* komposit cangkang telur-kaolin melalui karakterisasi material, menentukan kondisi optimum adsorpsi, dan mengevaluasi mekanismenya melalui pemodelan kinetika, isoterm, dan termodinamika. Hasil penelitian menunjukkan metode ultrasonikasi menghasilkan permukaan *bead* yang lebih homogen dan mencegah aglomerasi. Kinerja adsorpsi menunjukkan *bead* CT1K1-US memiliki efisiensi penyisihan MB mencapai 76,99% mengikuti model PFO, namun model isoterm menyimpang. Adsorpsi CR memiliki RE 91,43% oleh *bead* CT1K1-S mengikuti model PFO, Freundlich dan Temkin, dan RE 91,43% oleh *bead* CT2K1-US mengikuti model PFO, dan model isoterm yang menyimpang. Metode ultrasonikasi menciptakan struktur permukaan *bead* dan interaksi yang kompleks.

Kata kunci: Adsorpsi, *bead* komposit, *congo red*, *methylene blue*, pemodelan mekanisme

ABSTRACT

AZ-ZAHRA FARHATUSAKINAH. Analysis and Modeling of the Adsorption Mechanism of Methylene Blue and Congo Red Dyes using Eggshell-Kaolin Composite Beads. Supervised by HENDRADI HARDHIENATA and FIFIA ZULTI.

Water pollution caused by Methylene Blue (MB) and Congo Red (CR) dye waste requires effective adsorbents. This study aimed to investigate the effect of homogenization methods on the characteristics of eggshell-kaolin composite beads through material characterization, determine the optimum adsorption conditions, and evaluate the adsorption mechanism using kinetic, isotherm, and thermodynamic models. The results showed that ultrasonication produced a more homogeneous bead surface and prevented particle agglomeration. The CT1K1-US bead removed 76.99% of MB, following the PFO kinetic model, although the isotherm model deviated. The CT1K1-S bead removed 91.43% of CR, following the PFO, Freundlich, and Temkin models, while the CT2K1-US bead also removed 91.43% of CR with the PFO model, and adsorption isotherm models showing poor agreement. Overall, ultrasonication produced a distinctive bead surface structure and more complex adsorption interactions.

Keywords: Adsorption, composite beads, congo red, mechanism modelling, methylene blue



@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.

© 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.

**ANALISIS DAN PEMODELAN MEKANISME ADSORPSI
PEWARNA *METHYLENE BLUE* DAN *CONGO RED*
MENGUNAKAN KOMPOSIT CANGKANG TELUR-
KAOLIN DALAM BENTUK *BEAD***

AZ-ZAHRA FARHATUSAKINAH

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

**DEPARTEMEN 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 Prof. Dr. R. Tony Ibnu Sumaryada Wijaya Puspita, M.Si.
- 2 Dr. Siti Nikmatin, M.Si.

Judul Skripsi : Analisis dan Pemodelan Mekanisme Adsorpsi Pewarna *Methylene Blue* dan *Congo Red* menggunakan Komposit Cangkang Telur-Kaolin dalam Bentuk *Bead*

Nama : Az-zahra Farhatusakinah
NIM : G7401221029

Disetujui oleh

Pembimbing 1:
Dr.rer.nat. Hendradi Hardhienata, M.Si.
NIP. 198301142008121001



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



Diketahui oleh

Ketua Departemen:
Dr. Ir. Irmansyah, M.Si.
NIP. 196403301989031003



Tanggal Ujian: 8 Juli 2026

Tanggal Lulus:



PRAKATA

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT atas berkah rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan usulan penelitian dengan judul “Analisis dan Pemodelan Mekanisme Adsorpsi *Methylene Blue* dan *Congo Red* menggunakan Komposit Cangkang Telur-Kaolin dalam Bentuk *Bead*”. Usulan penelitian ini diajukan sebagai salah satu syarat untuk melakukan penelitian dan mendapatkan gelar sarjana di Departemen Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Institut Pertanian Bogor. Penulis mengucapkan terima kasih sebesar-besarnya kepada:

1. Bapak Anang Pirtana dan Ibu Ema Setiawati selaku orang tua penulis, Kak Agie Maliki Akbar, Kak IGFania Esvigi, Azka Adya Villar, selaku saudara penulis yang selalu memberikan dukungan, doa, perhatian, dan kasih sayangnya.
2. Bapak Dr.rer.nat. Hendradi Hardhienata, S.Si, M.Si. selaku pembimbing utama dan Ibu Fidia Zulti, S.Si., M.Si. selaku pembimbing kedua yang telah memberikan ilmu, arahan, bimbingan, serta motivasi dalam penelitian ini.
3. Peneliti dan staf Laboratorium Hidro-Biologi, KST Ir. Soekarno BRIN Cibinong, yang telah memberikan izin penelitian dan membantu selama pengumpulan data.
4. Teman-teman satu laboratorium, Monira, Desti, Faza, dan Rafi'i yang selalu mendukung, mengajari hal baru, dan kebersamaan selama proses penelitian.
5. Sahabat penulis, Monira, Desti, Ira, dan Ayi yang selalu menghibur, mendengarkan, memberikan dukungan dan menemani proses belajar sejak semester 3.
6. Teman-teman KKN Desa Wareng, Wonosari, Gunungkidul IPB 2025, Ifa, Chesa, Leyda, Lovelyn, Zara, Fachri, Farel, Ray, dan Arfan, yang selalu mendukung dan hadir di setiap perayaan progress penelitian.

Penulis menyadari bahwa masih banyak terdapat kekurangan dalam penulisan penelitian ini, oleh karena itu penulis berharap adanya kritik dan saran. Demikian kata pengantar ini dibuat, semoga karya ilmiah ini bermanfaat bagi pihak yang membutuhkan dan bagi kemajuan ilmu pengetahuan.

Bogor, Juni 2026

Az-zahra Farhatusakinah



- 

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 ISI	xi
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xiii
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 Kaolin	4
2.3 <i>Methylene Blue</i>	5
2.4 <i>Congo Red</i>	6
2.5 Mekanisme dan Proses Adsorpsi	6
III METODE	10
3.1 Waktu dan Tempat	10
3.2 Alat dan Bahan	10
3.3 Prosedur Sintesis <i>Bead</i> Komposit Cangkang Telur-Kaolin	10
3.4 Uji Sifat dan Karakterisasi Material <i>Bead</i>	11
3.5 Pengujian Adsorpsi Pewarna	12
3.6 Pengolahan Data	13
IV HASIL DAN PEMBAHASAN	15
4.1 Penelitian Pendahuluan Adsorpsi	15
4.2 Sifat dan Karakteristik <i>Bead</i> Komposit Cangkang Telur-Kaolin	18
4.3 Kinerja <i>Bead</i> Cangkang Telur-Kaolin dalam Adsorpsi Zat Warna	25
4.4 Pemodelan dan Sifat Energi Adsorpsi Zat Warna	31
4.5 Mekanisme Adsorpsi Zat Warna	40
V SIMPULAN DAN SARAN	43
5.1 Simpulan	43
5.2 Saran	43
DAFTAR PUSTAKA	44
LAMPIRAN	48
RIWAYAT HIDUP	51



DAFTAR TABEL

1	Tabel 1 Rasio massa cangkang telur dan kaolin dalam komposit	10
2	Tabel 2 Persentase <i>yield</i> dan <i>swelling</i> adsorben <i>bead</i> komposit CT-K	19
3	Tabel 3 Persentase kristalinitas pada setiap <i>bead</i> komposit	22
4	Tabel 4 Nilai median luas partikel <i>bead</i> komposit cangkang telur-kaolin	25
5	Tabel 5 Nilai koefisien model kinetika adsorpsi MB 100 mg/L	32
6	Tabel 6 Nilai koefisien model kinetika adsorpsi CR 100 mg/L	34
7	Tabel 7 Nilai koefisien model isoterm adsorpsi MB selama 360 menit	36
8	Tabel 8 Nilai koefisien model isoterm adsorpsi CR selama 360 menit	38
9	Tabel 9 Nilai koefisien termodinamika adsorpsi pada uji adsorpsi MB dan CR	39

DAFTAR GAMBAR

1	Gambar 1 Struktur molekul <i>methylene blue</i>	5
2	Gambar 2 Visualisasi struktur senyawa congo red	6
3	Gambar 3 Pengaruh waktu kontak terhadap (a) Ct, (b) RE,	15
4	Gambar 4 Pengaruh konsentrasi awal terhadap (a) Ct, (b) RE, (c) q adsorpsi MB	16
5	Gambar 5 Pengaruh suhu terhadap (a) Ct, (b) RE, (c) q adsorpsi MB	17
6	Gambar 6 <i>Bead</i> komposit (a) CT1K1-S, (b) CT2K1-S, (c) CT2K1-US, (d) CT2K1-US sebelum dan sesudah pengeringan	18
7	Gambar 7 Grafik pH Point of Zero Charge <i>bead</i>	19
8	Gambar 8 Pola difraksi XRD hasil rietveld refinement <i>bead</i> (a) CT1K1-S, (b) CT2K1-S, (c) CT1K1-US, (d) CT2K1-US	20
9	Gambar 9 Pola Difraksi XRD adsorben <i>bead</i> komposit	21
10	Gambar 10 Spektrum FTIR adsorben <i>bead</i> komposit	22
11	Gambar 11 Morfologi permukaan <i>bead</i> (a) CT1K1-S, (b) CT2K1-S,	24
12	Gambar 12 Pengaruh waktu kontak <i>bead</i> komposit dengan MB terhadap (a) Ct, (b) RE, (c) q	25
13	Gambar 14 Pengaruh waktu kontak <i>bead</i> komposit dengan CR terhadap (a) Ct,	26
14	Gambar 15 Pengaruh C0 terhadap (a) Ct, (b) RE, (c) q pada adsorpsi MB oleh <i>bead</i> komposit	27
15	Gambar 16 Pengaruh C0 terhadap (a) Ct, (b) RE, (c) q pada adsorpsi CR oleh <i>bead</i> komposit	28
16	Gambar 17 Pengaruh suhu terhadap (a) Ct, (b) RE, (c) q pada adsorpsi MB oleh <i>bead</i> komposit	29
17	Gambar 18 Pengaruh suhu terhadap (a) Ct, (b) RE, (c) q pada adsorpsi CR oleh <i>bead</i> komposit	30
18	Gambar 19 Model kinetika a) PFO, b) PSO (c) Elovich (d) Difusi Intrapartikel pada uji adsorpsi MB	31
19	Gambar 20 Model kinetika a) PFO, b) PSO (c) Elovich (d) Difusi Intrapartikel pada uji adsorpsi CR	33



20	Gambar 21 Model isoterm a) Langmuir, b) Freundlich, c) Temkin pada uji adsorpsi MB	35
21	Gambar 22 Model isoterm a) Langmuir, b) Freundlich, c) Temkin pada uji adsorpsi CR	37
22	Gambar 23 Grafik termodinamika dari uji adsorpsi a) MB dan b) CR	39
23	Gambar 23 Spektrum FTIR <i>bead</i> komposit sebelum dan setelah adsorpsi	40

DAFTAR LAMPIRAN

1	Lampiran 1 Contoh kode <i>python</i> untuk <i>data fitting</i> pemodelan adsorpsi menggunakan <i>Anaconda Prompt</i>	49
2	Lampiran 2 Proses <i>thresholding</i> citra SEM menggunakan ImageJ pada <i>bead</i>	50