



APLIKASI *METAL ORGANIC FRAMEWORKS* HKUST-1 SEBAGAI FOTOKATALIS UNTUK DEGRADASI BIRU METILENA

RAMADHAN SAPUTRA



**DEPARTEMEN KIMIA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2025**



PERNYATAAN MENGENAI SKRIPSI DAN SUMBER INFORMASI SERTA PELIMPAHAN HAK CIPTA

Dengan ini saya menyatakan bahwa skripsi berjudul “Aplikasi *Metal Organic Frameworks* HKUST-1 sebagai Fotokatalis untuk Degradasi Biru Metilena” 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 laporan usulan penelitian ini.

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

Bogor, Agustus 2025

Ramadhan Saputra
G4401211104

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

ABSTRAK

RAMADHAN SAPUTRA. Aplikasi *Metal Organic Frameworks* HKUST-1 sebagai Fotokatalis untuk Degradasi Biru Metilena. Dibimbing oleh NOVIYAN DARMAWAN dan NURFINA YUDASARI.

Limbah biru metilena (MB) merupakan polutan organik yang dapat mencemari lingkungan perairan. Pada penelitian ini, *metal organic frameworks* (MOF) HKUST-1 yang disintesis menggunakan metode solvothermal dan mekanokimia (waktu sintesis 2, 3, dan 6 jam) diaplikasikan sebagai pendegradasi MB. Kondisi optimum degradasi MB diperoleh dengan massa HKUST-1 35 mg, konsentrasi MB 10 ppm, dan menggunakan radiasi sinar UV dengan panjang gelombang 315 nm. Hasilnya menunjukkan, HKUST-1 yang disintesis dengan metode mekanokimia 6 jam memiliki aktivitas degradasi MB terbaik serta memperlihatkan dual mekanisme, yaitu proses adsorpsi dan fotodegradasi. Proses adsorpsi mendominasi penurunan konsentrasi MB sampai 46,43% dan proses fotodegradasi menurunkan konsentrasi MB 16,86%. Studi kinetika menunjukkan proses fotodegradasi MB mengikuti model *pseudo-second order* dengan nilai koefisien korelatif (R^2) 0,9592 dan konstanta laju reaksi $0,0003 \text{ detik}^{-1}$.

Kata kunci: biru metilena, degradasi, fotokatalis, HKUST-1, mekanokimia, solvothermal

ABSTRACT

RAMADHAN SAPUTRA. Application of Metal Organic Frameworks HKUST-1 as Photocatalyst for Methylene Blue Degradation. Supervised by NOVIYAN DARMAWAN and NURFINA YUDASARI.

Methylene blue (MB) waste is an organic contaminant that can harm aquatic ecosystems. In this study, metal organic frameworks (MOF) HKUST-1 were synthesized utilizing solvothermal and mechanochemical methods (synthesis periods of 2, 3, and 6 hours) and used as MB degraders. The optimum MB degradation conditions were achieved using 35 mg of HKUST-1, 10 ppm of MB, and UV light at 315 nm. The results revealed that HKUST-1 synthesized utilizing the 6-hour mechanochemical method approach had the highest MB degradation activity and a dual mechanism that included both adsorption and photodegradation processes. The adsorption process was responsible for a 46.43% drop in MB concentration, while the photodegradation process lowered MB concentration by 16.86%. The kinetic analysis found that MB photodegradation followed the pseudo-second-order model, with a correlation coefficient (R^2) of 0.9592 dominated the reduction in MB concentration by 46.43%, while the photodegradation process reduced MB concentration by 16.86%. Kinetic study results showed that MB photodegradation followed the pseudo-second order model with a correlation coefficient (R^2) of 0.9592 and a reaction rate constant of 0.0003 s^{-1} .

Keywords: degradation, HKUST-1, mechanochemical, methylene blue, photocatalyst, solvothermal

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 2025
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 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.

APLIKASI *METAL ORGANIC FRAMEWORKS* HKUST-1 SEBAGAI FOTOKATALIS UNTUK DEGRADASI BIRU METILENA

RAMADHAN SAPUTRA

Skripsi
sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
Sarjana Sains pada
Departemen Kimia

**DEPARTEMEN KIMIA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2025**



@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.

Tim Penguji pada Ujian Skripsi:

- 1 Dr. Drs. Komar Sutriah, M.Si.
- 2 Prof. Dr. Dra. Eti Rohaeti, M.S.
- 3 Dr. Drs. Muhammad Farid, M.Si.



Judul Laporan : Aplikasi *Metal Organic Frameworks* HKUST-1 sebagai Fotokatalis untuk Degradasi Biru Metilena

Nama : Ramadhan Saputra
NIM : G4401211104

Hak cipta milik IPB University

1. Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
2. 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.
3. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

Disetujui oleh

Pembimbing 1:
Dr. rer. Nat. Noviyan Darmawan, M.Sc.

Pembimbing 2:
Dr. Nurfina Yudasari, M. Sc.

Diketahui oleh

Ketua Program Studi:
Prof. Dr. Dra. Dyah Iswantini, Msc.Agr.
NIP. 196707301991032001

Tanggal Ujian: 24 Juli 2025

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. Tema yang dipilih dalam penelitian yang dilaksanakan sejak bulan Januari hingga bulan Juni 2025 ini ialah fotokatalis MOF, dengan judul “Aplikasi *Metal Organic Frameworks* HKUST-1 sebagai Fotokatalis untuk Degradasi Biru Metilena”.

Terima kasih penulis ucapkan kepada para pembimbing, Dr. rer. Nat. Noviyani Darmawan, S.Si., M.Sc. dan Dr. Nurfina Yudasari, M.Sc. yang telah membimbing dan banyak memberi masukan serta saran. Penelitian ini tidak dapat selesai jika tanpa difasilitasi dan didanai oleh komisi pembimbing serta Badan Riset dan Inovasi Nasional (BRIN) Serpong. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada keluarga penulis, Ibu Sri Handayani, Bapak Sutarno, dan keempat kakak saya, Sigit Kuncoro, Dwi Cahya Ningrum, Singgih Langlang Buana, dan Fikri Damayanti yang telah memberikan banyak doa dan dukungan kepada penulis. Disamping itu, penghargaan penulis sampaikan kepada Bapak Rohmat Ismail, S.Si. dari Laboratorium Kimia Anorganik serta rekan saya Muh. Farid FB, Kak Mardiana Julita, Kevin Murheza, Najwa Putri Nayanda, Nurul Hudda, Baheta, Fanny Raniah Nuraeni, Fazilatun Nisa, Eneng Lulu Salamah, R. Cheria Nur Amalia, Dibba Cakka Ratana yang telah memberi banyak masukan dan saran selama penelitian ini berlangsung.

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

Bogor, Agustus 2025

Ramadhan Saputra

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



@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.

DAFTAR ISI

DAFTAR ISI	3
DAFTAR GAMBAR	4
DAFTAR TABEL	4
DAFTAR LAMPIRAN	4
I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan	2
1.4 Manfaat	2
II METODE	3
2.1 Waktu dan Tempat	3
2.2 Alat dan Bahan	3
2.3 Prosedur Kerja	3
III HASIL DAN PEMBAHASAN	6
3.1 Pengoptimuman Parameter Fotodegradasi MB	6
3.2 Analisis Energi Celah Pita Fotokatalis HKUST-1	11
3.3 Studi Kinetika Fotodegradasi MB	12
IV SIMPULAN DAN SARAN	15
4.1 Simpulan	15
4.2 Saran	15
DAFTAR PUSTAKA	16
LAMPIRAN	19
RIWAYAT HIDUP	31



DAFTAR TABEL

3.1	Parameter energi celah pita HKUST-1 pada variasi metode sintesis	12
3.2	Nilai parameter kinetika fotodegradasi MB menggunakan HKUST-1 BM-6 jam	14

DAFTAR GAMBAR

1	Struktur koordinasi HKUST-1	2
3.1	Visual hasil fotodegradasi MB menggunakan HKUST-1 (A) kontrol (B) solvothermal (C) BM-2 jam (D) BM-3 jam (E) BM-6 jam	6
3.2	Pengaruh metode sintesis HKUST-1 pada degradasi MB terhadap waktu	7
3.3	Degradasi MB terhadap waktu pada variasi massa fotokatalis HKUST-1	8
3.4	Degradasi MB terhadap massa fotokatalis HKUST-1	8
3.5	Degradasi MB terhadap waktu pada variasi konsentrasi MB	9
3.6	Degradasi MB terhadap konsentrasi MB	9
3.7	Degradasi MB terhadap waktu pada variasi sinar radiasi	10
3.8	Energi celah pita HKUST-1 (A) BM-2 jam (B) BM-3 jam (C) BM-6 jam (D) Solvothermal	11
3.9	Kurva model kinetika (A) <i>pseudo-first order</i> dan (B) <i>pseudo-second order</i> pada reaksi fotodegradasi MB menggunakan HKUST-1 BM-6 jam	13

DAFTAR LAMPIRAN

1	Bagan alir penelitian	20
2	Spektrum UV-Vis pengoptimuman pengaruh metode sintesis HKUST-1 terhadap aktivitas fotodegradasi (a) kontrol (b) solvothermal (c) BM-2 jam (d) BM-3 jam dan (e) BM-6 jam	21
3	Penentuan degradasi pengoptimuman pengaruh metode sintesis HKUST-1 terhadap aktivitas fotodegradasi MB	21
4	Visual hasil fotodegradasi MB pada variasi massa fotokatalis (A) kontrol (0 mg) (B) 5 mg (C) 15 mg (D) 25 mg (E) 35 mg	23
5	Spektrum UV-Vis pengoptimuman parameter fotodegradasi MB terhadap massa fotokatalis (a) kontrol (b) 5 mg (c) 15 mg (d) 25 mg (e) 35 mg	23
6	Penentuan degradasi pengoptimuman massa HKUST-1 terhadap aktivitas fotodegradasi	24
7	Visual hasil fotodegradasi MB pada variasi konsentrasi MB (A) 10 ppm (B) 20 ppm (C) 30 ppm	25



8	Spektrum UV-Vis pengoptimuman parameter fotodegradasi MB terhadap konsentrasi MB (a) 10 ppm (b) 20 ppm (c) 30 ppm	25
9	Penentuan degradasi pengoptimuman konsentrasi MB terhadap aktivitas fotodegradasi	25
10	Visual hasil fotodegradasi MB pada variasi sinar radiasi (A) gelap (B) UV (C) <i>visible</i>	27
11	Spektrum UV-Vis pengoptimuman parameter fotodegradasi MB terhadap radiasi sinar (a) gelap (b) UV (c) <i>visible</i>	27
12	Penentuan persen degradasi pengoptimuman sumber radiasi sinar terhadap aktivitas fotodegradasi	27
13	Kurva kalibrasi MB	29
14	Penentuan konsentrasi MB pada fotodegradasi MB menggunakan HKUST-1 BM-6 jam	29
15	Penentuan parameter persamaan <i>pseudo-first order</i> dan <i>pseudo-second order</i>	29



@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.