

SKRIPSI

**SINTESIS KOMPOSIT MOF-TUNGSTEN (MIL-88B(Fe))@WO₃
UNTUK ADSORPSI DAN DEGRADASI FOTOKATALITIK
LIMBAH ZAT WARNA (RHODAMIN B)**



Diajukan oleh

Ekin Santoso Sim NRP. 5203020009

Rinda Wardhani NRP. 5203020020

**PROGRAM STUDI TEKNIK KIMIA
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS KATOLIK WIDYA MANDALA
SURABAYA**

2023

LEMBAR PENGESAHAN

Seminar **SKRIPSI** bagi mahasiswa tersebut di bawah ini:

Nama : Ekin Santoso Sim

NRP : 5203020009

telah diselenggarakan pada tanggal 07 Juli 2023, karenanya yang bersangkutan dapat dinyatakan telah memenuhi sebagian persyaratan kurikulum guna memperoleh gelar **Sarjana Teknik** Jurusan **Teknik Kimia**.

Surabaya, 13 Juli 2023

Pembimbing I

Prof. Ir. Suryadi Ismadi, M.T., Ph.D.,
IPU., ASEAN Eng.

NIK. 521.93.0198/0721126901

Pembimbing II

Prof. Ir. Felycia Edi Soetaredjo, S.T.,
M.Phil. Ph.D., IPU., ASEAN Eng.

NIK. 521.99.0391/0702047702

Dewan Penguji

Ketua

Ir. Jindrayani Nyoo Putro, S.T., Ph.D.,
IPM.

NIK. 521.20.1227/0708059403

Sekretaris

Prof. Ir. Suryadi Ismadi, M.T.,
Ph.D., IPU., ASEAN Eng.

NIK. 521.93.0198/0721126901

Anggota

Ir. Wenny Irawaty, S.T., M.T., Ph.D.,
IPM., ASEAN Eng.

NIK. 521.97.0284/0702027301

Anggota

Dr. Ir. Christian Julius Wijaya, S.T.,
M.T., IPP.

NIK. 521.17.0948/0719079501

Mengetahui

Dekan Fakultas Teknik

Prof. Ir. Felycia Edi Soetaredjo, S.T.,
M.Phil. Ph.D., IPU., ASEAN Eng.

NIK. 521.99.0391/0702047702

Ketua Prodi Teknik Kimia

Ir. Sandy Budi Hartono, S.T.,
M.Phil. Ph.D., IPM.

NIK. 521.99.0401/0326127601

LEMBAR PENGESAHAN

Seminar **SKRIPSI** bagi mahasiswa tersebut di bawah ini:


Nama : Rinda Wardhani

NRP : 5203020020

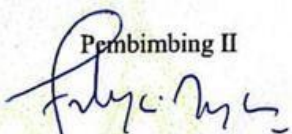
telah diselenggarakan pada tanggal 07 Juli 2023, karenanya yang bersangkutan dapat dinyatakan telah memenuhi sebagian persyaratan kurikulum guna memperoleh gelar **Sarjana Teknik Jurusan Teknik Kimia**.

Surabaya, 13 Juli 2023

Pembimbing I



Prof. Ir. Suryadi Ismadji, M.T., Ph.D.,
IPU., ASEAN Eng.
NIK. 521.93.0198/0721126901

Pembimbing II



Prof. Ir. Felycia Edi Soetaredjo, S.T.,
M.Phil. Ph.D., IPU., ASEAN Eng.
NIK. 521.99.0391/0702047702

Dewan Penguji

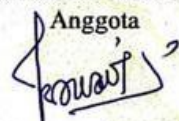
Ketua


Ir. Jindrayani Nyoo Putro, S.T.,
Ph.D., IPM.
NIK. 521.20.1227/0708059403


Sekretaris


Prof. Ir. Suryadi Ismadji, M.T.,
Ph.D., IPU., ASEAN Eng.
NIK. 521.93.0198/0721126901

Anggota


Ir. Wenny Irawaty, S.T., M.T., Ph.D.,
IPM., ASEAN Eng.
NIK. 521.97.0284/0702027301

Anggota


Dr. Ir. Christian Julius Wijaya, S.T.,
M.T., IPP.
NIK. 521.17.0948/0719079501

Mengetahui


Dekan Fakultas Teknik
Prof. Ir. Felycia Edi Soetaredjo, S.T.,
M.Phil. Ph.D., IPU., ASEAN Eng.
NIK. 521.99.0391/0702047702


Ketua Prodi Teknik Kimia
Ir. Sandy Budi Hartono, S.T.,
M.Phil. Ph.D., IPM.
NIK. 521.99.0401/0726127601

**LEMBAR PERNYATAAN PERSETUJUAN
PUBLIKASI KARYA ILMIAH**

Demi perkembangan ilmu pengetahuan, saya sebagai mahasiswa Unika Widya Mandala Surabaya:

Nama : Ekin Santoso Sim

NRP : 5203020009

Menyetujui skripsi/karya ilmiah saya:

Judul :

Sintesis Komposit MOF-Tungsten (MIL-88B(Fe)@WO₃ untuk Adsorpsi dan Degradasi Fotokatalitik Limbah Zat Warna (Rhodamin B)

untuk publikasi/ditampilkan di internet atau media lain (Digital Library Perpustakaan Unika Widya Mandala Surabaya) untuk kepentingan akademik sebatas sesuai dengan Undang-Undang Hak Cipta.

Demikian pernyataan persetujuan publikasi karya ilmiah ini saya buat dengan sebenarnya.

Surabaya, 13 Juli 2023

Yang menyatakan,



Ekin Santoso Sim

NRP. 5203020009

**LEMBAR PERNYATAAN PERSETUJUAN
PUBLIKASI KARYA ILMIAH**

Demi perkembangan ilmu pengetahuan, saya sebagai mahasiswa Unika Widya Mandala Surabaya:

Nama : Rinda Wardhani
NRP : 5203020020

Menyetujui skripsi/karya ilmiah saya:

Judul :

Sintesis Komposit MOF-Tungsten (MIL-88B(Fe))@WO₃ untuk Adsorpsi dan Degradasi Fotokatalitik Limbah Zat Warna (Rhodamin B)

untuk publikasi/ditampilkan di internet atau media lain (Digital Library Perpustakaan Unika Widya Mandala Surabaya) untuk kepentingan akademik sebatas sesuai dengan Undang-Undang Hak Cipta.

Demikian pernyataan persetujuan publikasi karya ilmiah ini saya buat dengan sebenarnya.

Surabaya, 13 Juli 2023

Yang menyatakan,



Rinda Wardhani
NRP. 5203020020

LEMBAR PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa skripsi ini benar-banar merupakan hasil karya saya sendiri dan bukan merupakan hasil karya orang lain, baik sebagian maupun seluruhnya, kecuali dinyatakan dalam teks. Seandainya diketahui bahwa skripsi ini ternyata merupakan hasil karya orang lain, maka saya sadar dan menerima konsekuensi bahwa skripsi ini tidak dapat digunakan sebagai syarat untuk memperoleh gelar **Sarjana Teknik**.

Surabaya,

Mahasiswa, 26 Juni 2023



Ekin Santoso Sim

NRP. 5203020009

LEMBAR PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa skripsi ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri dan bukan merupakan hasil karya orang lain, baik sebagian maupun seluruhnya, kecuali dinyatakan dalam teks. Seandainya diketahui bahwa skripsi ini ternyata merupakan hasil karya orang lain, maka saya sadar dan menerima konsekuensi bahwa skripsi ini tidak dapat digunakan sebagai syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik.

Surabaya, 26 Juni 2023

Mahasiswa,



Rinda Wardhani

NRP. 5203020020

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa karena atas berkat dan kasih-Nya, penulis dapat menyusun dan menyelesaikan laporan skripsi ini. Laporan skripsi dengan judul “*Sintesis Komposit MOF-Tungsten (MIL-88B(Fe)@WO₃ untuk Adsorpsi dan Degradasi Fotokatalitik Limbah Zat Warna (Rhodamin B)*” ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat dalam menyelesaikan pendidikan Strata-1 (S-1) Perguruan Tinggi pada Program Studi Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Katolik Widya Mandala Surabaya. Penulis juga menyampaikan terima kasih kepada pihak-pihak yang telah membantu penulis dalam penyusunan skripsi ini:

1. Prof. Ir. Suryadi Ismadji, M.T., Ph.D., IPU., ASEAN Eng. selaku dosen pembimbing I skripsi yang telah memberikan ide judul skripsi ini, masukan, kritik, dan saran dalam penyusunan skripsi ini
2. Prof. Ir. Felycia Edi Soetaredjo, S.T., M.Phil. Ph.D., IPU., ASEAN Eng. selaku Dekan Fakultas Teknik dan juga dosen pembimbing II skripsi yang telah memberikan masukan, kritik, dan saran dalam penyusunan skripsi ini
3. Ir. Sandy Budi Hartono, S.T., M.Phil., Ph.D., IPM selaku Kepala Program Studi Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Katolik Widya Mandala Surabaya
4. Keluarga, teman, dan seluruh pihak lain yang telah mendukung dan memotivasi penulis dalam menyelesaikan skripsi.

Kami mohon maaf apabila terdapat kesalahan dalam penulisan laporan yang tidak diketahui sebelumnya. Akhir kata, kami berharap semoga laporan akhir skripsi ini dapat memberikan manfaat terhadap kemajuan ilmu pengetahuan dan teknologi serta bagi para pembaca.

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN.....	ii
LEMBAR PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH.....	iv
LEMBAR PERNYATAAN.....	vi
KATA PENGANTAR.....	viii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR TABEL.....	xi
DAFTAR GAMBAR.....	xiii
INTISARI.....	xiv
I. BAB I PENDAHULUAN.....	1
I.1 Latar Belakang.....	1
I.2 Tujuan Penelitian.....	4
I.3 Pembatasan Masalah.....	4
II. BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
II.1 Zat Warna Rhodamin B.....	5
II.2 Adsorpsi.....	6
II.3 Fotokatalitik.....	6
II.4 Metal-Organic Framework (MOF).....	8
II.5 Tungsten (VI) Oksida (WO ₃).....	9
III. BAB III METODE PENELITIAN.....	13
III.1 Bahan.....	13
III.2 Alat.....	13
III.3 Prosedur Penelitian.....	13
III.3.1 Sintesis Material Komposit MIL-88B(Fe)@WO ₃	13
III.3.2 Karakterisasi MIL-88B(Fe)@WO ₃	14

III.3.3	Adsorpsi dengan variasi pH.....	14
III.3.4	Kinetika Adsorpsi.....	15
III.3.5	Isoterm Adsorpsi	15
III.3.6	Degradasi Fotokatalitik	16
III.3.7	Tes <i>Reusability</i>	16
IV.	BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN.....	22
IV.1	Karakterisasi.....	22
IV.2	Hasil Adsorpsi dengan Variasi pH.....	23
IV.3	Hasil Kinetika Adsorpsi	25
IV.4	Hasil Isoterm Adsorpsi.....	29
IV.5	Kinetika Fotodegradasi	34
IV.6	Mekanisme Fotodegradasi RhB oleh M_xW_y	38
IV.7	Reusability	40
V.	BAB V PENUTUP.....	41
V.1	Kesimpulan	41
V.2	Saran	41
VI.	LAMPIRAN	50

DAFTAR TABEL

Tabel II-1 Rangkuman Adsorpsi dan Fotokatalitik untuk Degradasi Warna oleh MOF.....	10
Tabel III-1 Persamaan Kinetika Adsorpsi dan Degradasi Fotokatalitik	17
Tabel III-2 Persamaan Isoterm Adsorpsi	19
Tabel III-3 Persamaan Termodinamika Adsorpsi.....	21
Tabel IV-1 Nilai % Removal dari masing-masing adsorben pada pH tertentu	24
Tabel IV-2 Hasil Plotting Persamaan Kinetika Adsorpsi (PFO, PSO, dan Elovich) untuk Tiap Adsorben pada suhu 30 °C.....	27
Tabel IV-3 Hasil Plotting Persamaan Kinetika Adsorpsi untuk <i>Intra-Particle Diffusion</i>	29
Tabel IV-4 Hasil Plotting Persamaan Isoterm Adsorpsi.....	32
Tabel IV-5 Hasil Perhitungan Nilai $K_C M_1W_1$ pada suhu 303 K, 313 K, dan 323 K	33
Tabel IV-6 Hasil Perhitungan Nilai ΔG^0 , ΔH^0 , dan ΔS^0	34
Tabel IV-7 Hasil Pengolahan Data Kinetika Degradasi Fotokatalitik	38
Tabel VI-1 Kurva Baku Rhodamin B	50
Tabel VI-2 Data % removal dan kapasitas adsorpsi pada kinetika adsorpsi oleh $M_1W_{0,5}$	52
Tabel VI-3 Data % removal dan kapasitas adsorpsi pada kinetika adsorpsi oleh M_1W_1	53
Tabel VI-4 Data % removal dan kapasitas adsorpsi pada kinetika adsorpsi oleh M_1W_2	54
Tabel VI-5 Data % removal dan kapasitas adsorpsi pada kinetika adsorpsi oleh WO_3	55

Tabel VI-6 Data % removal dan kapasitas adsorpsi pada kinetika adsorpsi oleh MIL-88B(Fe)	56
Tabel VI-7 Rata-rata % removal dan kapasitas adsorpsi	57
Tabel VI-8 Data Isoterm Adsorpsi untuk M ₁ W ₁	58
Tabel VI-9 Data Isoterm Adsorpsi untuk M ₁ W _{0,5}	59
Tabel VI-10 Data Isoterm Adsorpsi untuk M ₁ W ₂	59
Tabel VI-11 Data Isoterm Adsorpsi untuk MIL-88B(Fe).....	60
Tabel VI-12 Data kinetika degradasi fotokatalitik dengan adsorben M ₁ W ₁	62
Tabel VI-13 Data kinetika degradasi fotokatalitik dengan adsorben M ₁ W ₂	63
Tabel VI-14 Data kinetika degradasi fotokatalitik dengan adsorben M ₂ W ₁	63
Tabel VI-15 Data kinetika degradasi fotokatalitik dengan adsorben MIL-88B(Fe).....	64
Tabel VI-16 Data kinetika degradasi fotokatalitik dengan adsorben WO ₃ .	64
Tabel VI-17 Data kinetika degradasi fotokatalitik dengan adsorben M ₁ W ₁ + 1 ml H ₂ O ₂	65
Tabel VI-18 Data kinetika degradasi fotokatalitik dengan adsorben M ₁ W ₂ + 1 ml H ₂ O ₂	65
Tabel VI-19 Data kinetika degradasi fotokatalitik dengan adsorben M ₁ W ₂ + 1 ml H ₂ O ₂	66
Tabel VI-20 Data kinetika degradasi fotokatalitik dengan adsorben MIL-88B(Fe) + 1 ml H ₂ O ₂	66
Tabel VI-21 Data kinetika degradasi fotokatalitik dengan adsorben WO ₃ + 1 ml H ₂ O ₂	67
Tabel VI-22 Hasil degradasi RhB oleh H ₂ O ₂ tanpa fotokatalis	67
Tabel VI-23 Hasil fotodegradasi warna tanpa adsorpsi	68
Tabel VI-24 Data <i>reusability</i> adsorben M ₁ W ₁	68

DAFTAR GAMBAR

Gambar II-1 Struktur Rhodamin B	6
Gambar IV-1 Hasil XRD: a) MIL-88B(Fe); b) WO ₃ ; c) M ₁ W _{0,5} ; d) M ₁ W ₁ ; e) M ₁ W ₂	22
Gambar IV-2 Hasil Analisis SEM: a) M ₁ W _{0,5} ; b) M ₁ W ₁ ; c) M ₁ W ₂	23
Gambar IV-3 pH PZC Komposit MIL-88B(Fe)	24
Gambar IV-4 Kinetika adsorpsi pada masing-masing adsorben dengan persamaan: a) <i>pseudo first order</i> , b) <i>pseudo second order</i> , c) <i>Intra-Particle Diffusion</i> , d) <i>Elovich</i>	27
Gambar IV-5 Plotting Persamaan Isoterm Adsorpsi pada suhu 30 °C: a) Persamaan Langmuir untuk masing-masing adsorben, b) Persamaan Langmuir, Freundlich, RP, Sips, dan Toth untuk M ₁ W ₁	33
Gambar IV-6 Isoterm Adsorpsi untuk M ₁ W ₁ pada suhu 30, 40 dan 50 °C: a) Persamaan Langmuir, b) Temkin	33
Gambar IV-7 Aplikasi: a) adsorpsi dan fotokatalitik tanpa H ₂ O ₂ ; b) adsorpsi dan fotokatalitik dengan penambahan 1ml H ₂ O ₂ 30% (b/b); c) fotokatalitik dengan penambahan 1 ml H ₂ O ₂ 30% (b/b) tanpa melalui proses adsorpsi ..	36
Gambar IV-8 Hasil plotting persamaan kinetika fotodegradasi a) <i>first order</i> ; b) <i>second order</i> ; c) BMG	37
Gambar IV-9 Mekanisme fotodegradasi RhB oleh MIL-88B(Fe)@WO ₃ ..	39
Gambar IV-10 Hasil uji penggunaan kembali adsorben M ₁ W ₁ untuk adsorpsi dan fotokatalitik	40
Gambar VI-1 Kurva Baku Rhodamin B	51
Gambar VI-2 Hubungan antara nilai ln Kc dengan 1/T	61

INTISARI

Dalam penelitian ini, dilakukan sintesa MIL-88B (Fe)@WO₃, yang terbentuk dari senyawa FeCl₃.6H₂O, WO₃, dan BDC. Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari karakterisasi dan kinerja material komposit MIL-88B (Fe)@WO₃ dalam aplikasi adsorpsi dan degradasi warna rhodamin B dengan memperhatikan pengaruh massa adsorben dan rasio MIL-88B:WO₃, kondisi pH, dan suhu tertentu serta mempelajari kemampuan *reusability* komposit. Komposit MIL-88B (Fe)@WO₃ disintesis dengan metode solvothermal dengan menggunakan autoklaf dan pelarut DMF dengan rasio MIL-88B(Fe):WO₃ 1:0,5; 1:1; dan 1:2. Komposit tersebut dianalisa dengan menggunakan *Scanning Electron Microscope* (SEM), *X-Ray Diffraction* (XRD), dan spektrofotometer. MOF-komposit semikonduktor WO₃ digunakan dalam adsorpsi dan fotodegradasi limbah warna RhB dengan bantuan cahaya tampak (400-700 nm). Didapatkan bahwa hasil komposit M₁W₁ memiliki kapasitas adsorpsi dan degradasi fotokatalitik yang paling optimum dibandingkan dengan rasio lainnya. Mekanisme adsorpsi komposit MIL-88B (Fe)@WO₃ dapat dijelaskan dengan baik menggunakan persamaan *pseudo first order* (PFO) dan isotherm Langmuir. Fotodegradasi MIL-88B(Fe)@WO₃ juga dilakukan dengan penambahan reagen H₂O₂ untuk mengoptimalkan kemampuan degradasi fotokatalitik. Kinetika fotodegradasi MIL-88B(Fe)@WO₃ dapat dijelaskan dengan baik menggunakan persamaan BMG. Selain itu, dalam literatur ini akan juga membahas pengaruh jenis morfologi WO₃ terhadap kinerja adsorpsi dan fotodegradasi.