

SKRIPSI

EFEKTIVITAS PENYERAPAN LIMBAH PEWARNA TEKSTIL DARI KOMBINASI ADSORBEN MOF ZnBDC DENGAN EKSTRAK KULIT JERUK PURUT



Diajukan oleh:

Gisela Sheryl Angelica

NRP 5203022008

Maria Rosario Widharka

NRP 5203022022

**PROGRAM STUDI TEKNIK KIMIA
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS KATOLIK WIDYA MANDALA SURABAYA
2025**

LEMBAR PENGESAHAN

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

Nama : Gisela Sheryl Angelica

NRP : 5203022008

telah diselenggarakan pada tanggal 30 Juni 2025, karenanya yang bersangkutan dapat dinyatakan telah memenuhi sebagian persyaratan kurikulum guna memperoleh gelar **Sarjana Teknik** Program Studi Teknik Kimia.

Surabaya, 30 Juni 2025

Pembimbing I

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

NIDN 0702027301

Pembimbing II

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

NIDN 0719079501

Dewan Penguji

Ketua

Ir. Nathania Puspitasari, S.T., Ph.D.,
IPP.

NIDN 0725119401

Sekretaris

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

NIDN 0702027301

Anggota

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

NIDN 0726127601

Anggota

Ir. Herman, S.T., M.T.

NIDN 0723047201

Anggota

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

NIDN 0719079501

Mengetahui



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

NIDN 0702047702



Ir. Sheila Permatasari Santoso, S.T.,
Ph.D., IPM.

NIDN 0709119004

LEMBAR PENGESAHAN

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

Nama : Maria Rosario Widharka

NRP : 5203022022

telah diselenggarakan pada tanggal 30 Juni 2025, karenanya yang bersangkutan dapat dinyatakan telah memenuhi sebagian persyaratan kurikulum guna memperoleh gelar **Sarjana Teknik** Program Studi Teknik Kimia.

Surabaya, 30 Juni 2025

Pembimbing I

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

NIDN 0702027301

Pembimbing II

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

NIDN 0719079501

Dewan Penguji

Ketua

Ir. Nathania Puspitasari, S.T., Ph.D.,
IPP.

NIDN 0725119401

Sekretaris

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

NIDN 0702027301

Anggota

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

NIDN 0726127601

Anggota

Ir. Herman, S.T., M.T.

NIDN 0723047201

Anggota

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

NIDN 0719079501

Mengetahui



LEMBAR PERNYATAAN PERSETUJUAN
PUBLIKASI KARYA ILMIAH

Demi perkembangan ilmu pengetahuan, saya sebagai mahasiswa Program Studi Teknik Kimia Universitas Katolik Widya Mandala Surabaya:

Nama : Gisela Sheryl Angelica

NRP : 5203022008

Menyetujui karya ilmiah saya:

**EFEKTIVITAS PENYERAPAN LIMBAH PEWARNA TEKSTIL
DARI KOMBINASI ADSORBEN MOF ZnBDC DENGAN EKSTRAK
KULIT JERUK PURUT**

untuk dipublikasikan di internet atau media lain (Digital Library Perpustakaan Universitas Katolik 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, 30 Juni 2025

Yang menyatakan,



Gisela Sheryl Angelica

NRP 5203022008

**LEMBAR PERNYATAAN PERSETUJUAN
PUBLIKASI KARYA ILMIAH**

Demi perkembangan ilmu pengetahuan, saya sebagai mahasiswa Program Studi Teknik Kimia Universitas Katolik Widya Mandala Surabaya:

Nama : Maria Rosario Widharka

NRP : 5203022022

Menyetujui karya ilmiah saya:

**EFEKTIVITAS PENYERAPAN LIMBAH PEWARNA TEKSTIL
DARI KOMBINASI ADSORBEN MOF ZnBDC DENGAN EKSTRAK
KULIT JERUK PURUT**

untuk dipublikasikan di internet atau media lain (Digital Library Perpustakaan Universitas Katolik 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, 30 Juni 2025

Yang menyatakan,



Maria Rosario Widharka

NRP 5203022022

LEMBAR PERNYATAAN

Dengan ini, saya tersebut diatas juga menyatakan bahwa hasil karya ilmiah dalam bentuk Skripsi ini benar merupakan hasil karya saya sendiri dan bukan merupakan hasil karya orang lain, baik sebagian maupun seluruhnya, kecuali dinyatakan dalam teks. Seandainya diketahui ada pelanggaran dan penyelewengan dari peraturan akademik Program Studi Teknik Kimia Universitas Katolik Widya Mandala Surabaya, maka saya sadar dan menerima konsekuensi bahwa Skripsi ini tidak dapat digunakan sebagai syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik.

Surabaya, 30 Juni 2025
Yang menyatakan,



Gisela Sheryl Angelica
NRP 5203022008

LEMBAR PERNYATAAN

Dengan ini, saya tersebut diatas juga menyatakan bahwa hasil karya ilmiah dalam bentuk Skripsi ini benar merupakan hasil karya saya sendiri dan bukan merupakan hasil karya orang lain, baik sebagian maupun seluruhnya, kecuali dinyatakan dalam teks. Seandainya diketahui ada pelanggaran dan penyelewengan dari peraturan akademik Program Studi Teknik Kimia Universitas Katolik Widya Mandala Surabaya, maka saya sadar dan menerima konsekuensi bahwa Skripsi ini tidak dapat digunakan sebagai syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik.

Surabaya, 30 Juni 2025

Yang menyatakan,



Maria Rosario Widharka

NRP 5203022022

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	i
LEMBAR PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA	
ILMIAH.....	iii
LEMBAR PERNYATAAN.....	v
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR TABEL	ix
DAFTAR GAMBAR.....	x
KATA PENGANTAR.....	xi
INTISARI	xiii
BAB I	1
I.1 Latar Belakang	1
I.2 Tujuan Penelitian.....	3
I.3 Pembatasan Masalah	4
BAB II	5
II.1 <i>Metal-Organic Framework</i> (MOF)	5
II.1.1 MOF ZnBDC	7
II.1.2 Modifikasi MOF dengan Ekstrak Tanaman	9
II.2 Jeruk Purut (<i>Cirtus hystrix</i>)	12
II.3 Adsorpsi	13
BAB III.....	18
III.1.1 Bahan	18
III.1.2 Instrumentasi.....	18
III.1.3 Sintesis MOF ZnBDC.....	19
III.1.4 Pembuatan ekstrak kulit jeruk purut	19
III.1.5 Pembuatan MOF ZnBDC-ekstrak.....	19
III.1.6 Proses adsorpsi dengan MB	20
III.1.7 Karakterisasi MOF.....	20
BAB IV.....	22
IV.1 Karakterisasi Adsorben	22
IV.1.1 <i>Fourier Transform Infrared Spectroscopy</i> (FTIR)	22
IV.1.2 <i>Scanning Electron Microscopy-Energy Dispersive X-Ray</i> (SEM-EDX).....	24
IV.1.3 <i>Thermal Gravimetric Analysis</i> (TGA)	26
IV.1.4 <i>Nitrogen Sorption</i> menggunakan <i>Brunauer-Emmett Teller</i> (BET)	28
IV.1.5 <i>X-Ray Diffraction</i> (XRD).....	28
IV.2 Pengaruh Konsentrasi Awal MB Terhadap Adsorpsi.....	30
IV.3 Pengaruh pH.....	32

IV.4 Mekanisme Adsorpsi.....	36
IV.5 Kinetika Adsorpsi.....	38
IV.6 Isoterm Adsorpsi	40
IV.7 Termodinamika Adsorpsi	43
BAB V.....	45
V.1 Kesimpulan.....	45
V.2 Saran.....	46
DAFTAR PUSTAKA.....	47
LAMPIRAN A	63
A.1 Sintesis MOF ZnBDC	63
A.2 Pembuatan ekstrak kulit jeruk purut.....	64
A.3 Penggabungan MOF ZnBDC dengan ekstrak kulit jeruk purut	64
A.4 Proses adsorpsi dengan MB.....	65
LAMPIRAN B.....	66
B.1 Pembuatan etanol 41%	66
B.2 Larutan standar MB.....	66
B.3 Larutan NaOH 0,1 M; 0,5 M, dan 1 M.....	67
B.4 Larutan HCl 0,1 M; 0,5 M, dan 1 M.....	68
B.5 Larutan NaCl 0,1 M sebanyak 500 mL	69
LAMPIRAN C.....	71
C.1 Penentuan panjang gelombang maksimum (λ_{maks}):	71
C.2 Pembuatan kurva standar dan penentuan konsentrasi MB:	72
C.3 Penentuan PZC	72
C.4 Hasil dari Percobaan Adsorpsi	73
C.4.1 Pengaruh variasi konsentrasi awal MB terhadap adsorpsi	78
C.4.2 Pengaruh variasi pH MB terhadap adsorpsi.....	79
C.4.3 Kinetika Adsorpsi	80
C.4.4 Isoterm Adsorpsi	81
C.4.5 Termodinamika Adsorpsi	84

DAFTAR TABEL

Tabel II.1. Adsorpsi Zat Warna dengan MOF	5
Tabel II.2. Modifikasi MOF Menggunakan Ekstrak Tanaman	10
Tabel IV.1. Hasil analisa EDX ZnBDC dan ZnBDC-ekstrak.....	25
Tabel IV.2. Parameter model kinetika untuk adsorpsi MB.....	39
Tabel IV.3. Parameter model kinetika untuk adsorpsi MB pada ZnBDC- ekstrak.....	42
Tabel C.1. Pengaruh konsentrasi MB terhadap adsorpsi. Waktu adsorpsi: 24 jam, pH: 10, volume adsorpsi: 10 mL.....	78
Tabel C.2. Pengaruh pH terhadap adsorpsi MB. Co: 1079,2797 ppm, T: 30°C	79
Tabel C.3. Kinetika Adsorpsi pada MOF ZnBDC-ekstrak	80
Tabel C.4. Isoterm Adsorpsi pada MOF ZnBDC-ekstrak	81
Tabel C.5. Termodinamika adsorpsi ZnBDC-ekstrak	84

DAFTAR GAMBAR

Gambar II.1. Ilustrasi modifikasi MOF ZnBDC dengan ekstrak kulit jeruk purut	13
Gambar IV.1. Spektrum FTIR dari MOF ZnBDC dan ZnBDC-ekstrak.....	23
Gambar IV.2. SEM ZnBDC 3.500x (a) dan ZnBDC-ekstrak 5.000x (b) ...	25
Gambar IV.3. Hasil karakterisasi TGA dari MOF ZnBDC dan MOF ZnBDC-ekstrak	27
Gambar IV.4. Hasil karakterisasi XRD dari MOF ZnBDC	29
Gambar IV.5. Pengaruh konsentrasi awal MB terhadap kapasitas adsorpsi. Kondisi adsorpsi: pH 10.	31
Gambar IV.6. Ilustrasi PZC dari sebuah adsorben	32
Gambar IV.7. Nilai PZC pada ZnBDC dan ZnBDC-ekstrak.....	33
Gambar IV.8. Ilustrasi interaksi antara permukaan ZnBDC dengan molekul MB pada pH di bawah dan di atas PZC	34
Gambar IV.9. Pengaruh pH terhadap kapasitas adsorpsi MOF ZnBDC dan MOF ZnBDC-ekstrak dengan MB sebagai target adsorbat.....	35
Gambar IV.10. Ilustrasi mekanisme adsorpsi MB pada MOF ZnBDC (a) dan ZnBDC-ekstrak (b)	37
Gambar IV.11. Kinetika adsorpsi untuk adsorpsi MB pada MOF ZnBDC-ekstrak	39
Gambar IV.12. Isoterm adsorpsi menggunakan (a) model Freundlich dan (b) model Langmuir	41
Gambar A.1. Proses sintesa MOF ZnBDC	63
Gambar A.2. Ekstraksi kulit jeruk purut.....	64
Gambar A.3. Penggabungan ekstrak kulit jeruk dengan MOF ZnBDC.....	65
Gambar A.4. Proses adsorpsi MB.....	65
Gambar C.1. Panjang gelombang maksimum MB	71
Gambar C.2. Kurva baku larutan MB.....	72
Gambar C.3. Penentuan PZC	73
Gambar C.4. Termodinamika adsorpsi pada MOF ZnBDC-ekstrak.....	85

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa karena atas karuniaNya sehingga penulis dapat menyusun karya ilmiah dalam bentuk Skripsi sebagai salah satu syarat pemenuhan kurikulum untuk mendapatkan gelar Sarjana Teknik di Program Studi Teknik Kimia Universitas Katolik Widya Mandala Surabaya. Skripsi ini berjudul “Efektivitas Penyerapan Limbah Pewarna Tekstil dari Kombinasi Adsorben MOF ZnBDC dengan Ekstrak Kulit Jeruk Purut” dengan konten yang meliputi pendahuluan, tinjauan pustaka, metode penelitian, hasil dan pembahasan, kesimpulan dan saran, daftar pustaka.

Dalam proses pengerjaannya, penulis memperoleh banyak bantuan dari berbagai pihak. Penulis mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu dalam penyelesaian Skripsi ini terkhusus kepada:

1. Prof. Ir. Felycia Edi Soetaredjo, S.T., M.Phil., Ph.D., IPU., ASEAN Eng. selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Katolik Widya Mandala Surabaya.
2. Ir. Shella Permatasari Santoso, S.T., Ph.D., IPM. selaku Ketua Program Studi Teknik Kimia Universitas Katolik Widya Mandala Surabaya.
3. Ir. Wenny Irawaty, S.T., M.T., Ph.D., IPM., ASEAN Eng. selaku Dosen Pembimbing I yang telah meluangkan waktunya untuk memberikan masukan, bimbingan, dan pengarahan yang baik dalam penelitian ini.
4. Dr. Ir. Christian Julius Wijaya, S.T., M.T., IPP. selaku Dosen Pembimbing II yang telah meluangkan waktunya untuk memberikan masukan, bimbingan, dan pengarahan yang baik dalam penelitian ini.
5. Ir. Nathania Puspitasari, S.T., Ph.D., IPP., Ir. Sandy Budi Hartono, S.T., M.Phil. Ph.D., IPM., dan Ir. Herman, S.T., M.T. selaku Dewan Penguji yang telah memberikan masukan serta kritik yang membangun dalam penelitian ini.
6. Seluruh dosen dan staf Program Studi Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Katolik Widya Mandala Surabaya, yang turut membantu penulis dalam menyelesaikan penelitian ini.
7. Orang tua penulis yang telah memberikan banyak dukungan moral dan dukungan lainnya yang turut membantu menyelesaikan penelitian ini.
8. Semua pihak yang turut memberikan bantuan secara langsung maupun tidak langsung dalam proses penyelesaian penelitian ini.

Adapun Skripsi yang telah penulis susun ini tentunya tidak terlepas dari kesalahan dan kelemahan, sehingga penulis mengharapkan saran dan kritik guna peningkatan kualitas penelitian dan Skripsi ke depannya. Diharapkan para pembaca berpegang pada azas keterlaksanaan, kesesuaian dan

fleksibilitas, dengan mengacu pada perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi. Demikian, semoga Skripsi ini dapat bermanfaat bagi kita semua.

Surabaya, 30 Juni 2025

Penulis

INTISARI

Pencemaran air akibat limbah pewarna tekstil seperti *Methylene Blue* (MB) menjadi isu lingkungan yang kompleks karena berpotensi merusak ekosistem dan mengganggu kesehatan manusia. Salah satu metode yang dapat digunakan untuk mengatasi masalah pencemaran ini adalah adsorpsi menggunakan adsorben berbasis *Metal-Organic Frameworks* (MOFs). MOF memiliki keunggulan seperti luas permukaan yang tinggi, porositas yang dapat disesuaikan, dan kemampuan adsorpsi yang baik. Dalam percobaan ini, MOF ZnBDC (*zinc-1,4-benzenedicarboxylic acid*) dibuat dengan Zn sebagai pusat ion logam dan BDC sebagai ligan yang dimodifikasi dengan ekstrak kulit jeruk purut. Modifikasi ini diharapkan dapat menghasilkan adsorben yang mempunyai kinerja tinggi. Untuk itu, tujuan penelitian ini adalah mempelajari karakterisasi MOF ZnBDC dan MOF ZnBDC-ekstrak, membandingkan kapasitas adsorpsi MOF ZnBDC dan MOF ZnBDC-ekstrak terhadap pewarna MB, dan mempelajari kinetika, isoterm, dan termodinamika adsorpsi MB menggunakan adsorben MOF ZnBDC-ekstrak. Tahap pembuatan MOF terdiri dari sintesis MOF dengan metode refluks kemudian dimodifikasi melalui pencampuran dengan ekstrak kulit jeruk purut. Dilakukan sejumlah uji karakterisasi terhadap MOF yang dihasilkan yang meliputi FTIR, SEM-EDX, TGA, BET, dan XRD untuk mengetahui struktur, morfologi, kestabilan termal, dan perubahan kimia pada permukaan MOF. Hasil FTIR menunjukkan munculnya gugus fungsional aktif dari ekstrak seperti karbonil dan aromatik yang menandakan keberadaan ekstrak dalam MOF yang telah dimodifikasi dengan ekstrak kulit jeruk purut. Hasil BET mengindikasikan bahwa luas permukaan material tidak berubah. Karakterisasi SEM-EDX menunjukkan bahwa molekul MOF berbasis ZnBDC berbentuk kubus dengan permukaan ZnBDC-ekstrak lebih kasar yang disebabkan karena keberadaan ekstrak pada permukaan material. pH memberikan pengaruh yang signifikan terhadap kapasitas adsorpsi. Kapasitas adsorpsi pada pH 10 untuk ZnBDC dan ZnBDC-ekstrak berturut-turut adalah 391,49 dan 473,94 mg/g. Uji kinetika menunjukkan bahwa adsorpsi mengikuti model *pseudo-second order* yang menjelaskan terjadinya adsorpsi melalui mekanisme kemisorpsi. Model isoterm adsorpsi yang mewakili adsorpsi MB pada ZnBDC adalah Langmuir yang menunjukkan terjadinya adsorpsi secara monolayer pada permukaan adsorben yang homogen. Hasil analisis termodinamika menunjukkan bahwa proses adsorpsi berlangsung secara spontan dan endotermik. Secara keseluruhan, MOF ZnBDC-ekstrak berpotensi sebagai adsorben ramah lingkungan untuk mengurangi keberadaan MB dalam limbah cair industri tekstil.