

SKRIPSI

PEMANFAATAN RESIDU BUAH LERAK YANG DILAPISI DENGAN *METAL PHENOLIC NETWORK* UNTUK ADSORPSI Cr(VI)



Diajukan oleh:

Adriel Manueto Xaverius NRP 5203022006

Marcelano NRP 5203022007

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

LEMBAR PENGESAHAN

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

Nama : Adriel Manueto Xavierus

NRP : 5203022006

telah diselenggarakan pada tanggal 24 Juni 2025, karenanya yang bersangkutan dapat dinyatakan telah memenuhi sebagian persyaratan kurikulum guna memperoleh gelar **Sarjana Teknik** Program Studi Teknik Kimia.

Surabaya, 24 Juni 2025

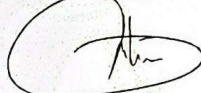
Pembimbing I



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

NIDN 0709119004

Pembimbing II



Ir. Jenni Lie, S.T., Ph.D., IPP.

NIDN 0713079304

Dewan Penguji

Ketua



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

NIDN 0726127601

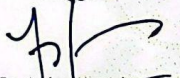
Sekretaris



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

NIDN 0709119004

Anggota



Ir. Aning Ayuচিত্র,
S.T., M.Eng.Sc.,
Ph.D., IPM.

NIDN 0710018103

Anggota



Ir. Maria Yuliana, S.T.,
Ph.D., IPM.

NIDN 0706078605

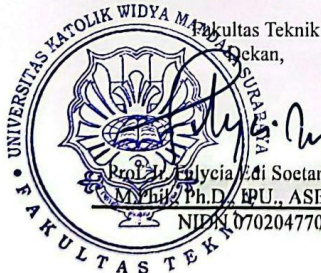
Anggota



Ir. Jenni Lie, S.T.,
Ph.D., IPP.

NIDN 0713079304

Mengetahui WIDYA MANDARAKA



NIDN 0702047702



NIDN 0709119004

LEMBAR PENGESAHAN

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

Nama : Marcelano

NRP : 5203022007

telah diselenggarakan pada tanggal 24 Juni 2025, karenanya yang bersangkutan dapat dinyatakan telah memenuhi sebagian persyaratan kurikulum guna memperoleh gelar **Sarjana Teknik** Program Studi Teknik Kimia.

Surabaya, 24 Juni 2025

Pembimbing I

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

NIDN 0709119004

Pembimbing II

Ir. Jenni Lie, S.T., Ph.D., IPP.

NIDN 0713079304

Dewan Penguji

Ketua

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

NIDN 0726127601

Sekretaris

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

NIDN 0709119004

Anggota

Ir. Aning Ayucitra,
S.T., M.Eng.Sc.,
Ph.D., IPM.

NIDN 0710018103

Anggota

Ir. Maria Yuliana, S.T.,
Ph.D., IPM.

NIDN 0706078605

Anggota

Ir. Jenni Lie, S.T.,
Ph.D., IPP.

NIDN 0713079304

Mengetahui

Universitas Katolik Widya Mandarajaya
Fakultas Teknik
Dekan,
Prof. H. Elycia Eli Soetaredjo, S.T.,
M.Phil., Ph.D., IPU., ASEAN Eng.
NIDN 0702047702

Universitas Katolik Widya Mandarajaya
Program Studi Teknik Kimia
Ketua Prodi,
Ir. Shella Permatasari Santoso, S.T.,
Ph.D., IPM.
NIDN 0709119004

**LEMBAR PERNYATAAN PERSETUJUAN
PUBLIKASI KARYA ILMIAH**

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

Nama : Adriel Manuelo Xaverius

NRP : 5203022006

Menyetujui karya ilmiah saya:

**PEMANFAATAN RESIDU BUAH LERAK YANG DILAPISI
DENGAN *METAL PHENOLIC NETWORK* UNTUK ADSORPSI
Cr(VI).**

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, 24 Juni 2025

Yang menyatakan,



Adriel Manuelo Xaverius

NRP 5203022006

**LEMBAR PERNYATAAN PERSETUJUAN
PUBLIKASI KARYA ILMIAH**

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

Nama : Marcelano

NRP : 5203022007

Menyetujui karya ilmiah saya:

**PEMANFAATAN RESIDU BUAH LERAK YANG DILAPISI
DENGAN *METAL PHENOLIC NETWORK* UNTUK ADSORPSI
Cr(VI).**

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, 24 Juni 2025

Yang menyatakan,



Marcelano

NRP 5203022007

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, 24 Juni 2025

Yang menyatakan,



Adriel Manueto Xaverius

NRP 5203022006

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, 24 Juni 2025

Yang menyatakan,



Marcelano

NRP 5203022007

DAFTAR ISI

LEMBAR JUDUL.....	i
LEMBAR PENGESAHAN.....	ii
LEMBAR PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA	
ILMIAH	iv
LEMBAR PERNYATAAN	vi
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR GAMBAR.....	x
DAFTAR TABEL.....	xii
KATA PENGANTAR.....	xiii
INTISARI.....	xiv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
I.1 Latar Belakang.....	1
I.2 Tujuan Penelitian.....	4
I.3 Pembatasan Masalah.....	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	6
II.1 Buah Lerak dan Kandungan Fitokimianya.....	6
II.2 Pencemaran Logam Berat pada Air.....	9
II.3 Penelitian Terdahulu Terkait Komposit MPN.....	13
II.4 Parameter dalam Pembuatan Komposit Residu-MPN.....	15
II.4.1 Parameter Proses (pH dan Dosis).....	15
II.5 Pemodelan Adsorpsi.....	16
BAB III METODE PENELITIAN.....	19
III.1 Skema Metode Penelitian.....	19
III.2 Bahan.....	19
III.3 Instrumen.....	20
III.4 Ekstraksi Fitokimia Buah Lerak.....	20
III.5 Sintesis Adsorben Berbasis Lerak.....	21
III.6 Karakterisasi.....	21
III.7 Evaluasi Stabilitas Adsorben.....	22
III.8 Studi Adsorpsi.....	23
III.8.1 Evaluasi Pengaruh pH Adsorpsi.....	23

III.8.2 Evaluasi Pengaruh Dosis Adsorben terhadap Adsorpsi.....	23
III.8.3 Kinetika Adsorpsi.....	23
III.8.4 Isoterm Adsorpsi.....	24
III.8.5 Termodinamika Adsorpsi.....	26
III.9 Pengolahan Data.....	27
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	28
IV.1 Karakterisasi Adsorben.....	28
IV.1.1 Kandungan Fitokimia dalam Ekstrak Lerak.....	28
IV.1.2 Gugus Fungsional Adsorben Karakterisasi FTIR.....	30
IV.1.3 Pola Difraksi Adsorben.....	31
IV.1.4 Morfologi Permukaan.....	33
IV.2 Studi Adsorpsi.....	35
IV.2.1 Pengaruh pH.....	35
IV.2.2 Pengaruh Dosis Adsorben.....	38
IV.2.3 Uji Isoterm Adsorpsi.....	40
IV.2.4 Uji Kinetika Adsorpsi.....	47
IV.2.5 <i>Fe Release</i>	49
IV.2.6 Mekanisme Adsorpsi.....	52
BAB V KESIMPULAN & SARAN.....	57
V.1 Kesimpulan.....	57
V.2 Saran.....	58
DAFTAR PUSTAKA.....	60
LAMPIRAN A.....	73
LAMPIRAN B.....	94

DAFTAR GAMBAR

Gambar III.1. Skema Metode Penelitian.....	19
Gambar IV.1. Mekanisme Pelapisan MPN pada Residu.....	30
Gambar IV.2. Karakterisasi FTIR <i>Residue</i> , MPN, dan RM ₁₁	31
Gambar IV.3. Karakterisasi XRD untuk Residu, RM ₁₁ , dan RM ₁₂	32
Gambar IV.4. Hasil SEM (a) Residu, (b) RM ₁₁ , (c) RM ₁₂	33
Gambar IV.5. (a) Hasil pH _{pzc} RM ₁₁ dan (b) RM ₁₂ pada C ₀ 100 ppm, 30°C, 145 rpm, 24 jam, (c) Distribusi spesies Cr(VI) berdasarkan pH untuk Cr(VI), diambil dari Tolkou <i>et al.</i> , 2022 [95].....	35
Gambar IV.6. Hasil Adsorpsi Cr(VI) pada berbagai pH menggunakan RM ₁₁ dan RM ₁₂ pada C ₀ 100 ppm, 30°C, 145 rpm, 24 jam.....	37
Gambar IV.7. Hasil Dosis Adsorpsi untuk RM ₁₁ dan RM ₁₂ pada pH 2 pada C ₀ 100 ppm, 30°C, 145 rpm, 24 jam.....	39
Gambar IV.8. Isoterm Adsorpsi Cr(VI) untuk RM ₁₁ (a) Freundlich Model, (b) Langmuir Model pada pH 2, 145 rpm, 24 Jam.....	41
Gambar IV.9. Isoterm Adsorpsi Cr(VI) untuk RM ₁₂ (a) Freundlich Model, (b) Langmuir Model pada pH 2, 145 rpm, 24 Jam.....	42
Gambar IV.10. (a) Hasil Plot Kinetika Adsorpsi PFO (<i>Psuedo First Order</i>), (b) PSO (<i>Pseudo Second Order</i>) pada pH 2 pada C ₀ 100 ppm, 30°C, 145 rpm.....	47
Gambar IV.11. Hasil SEM (a) RM ₁₁ <i>before adsorption</i> , (b) RM ₁₁ <i>after adsorption</i> , (c) RM ₁₂ <i>before adsorption</i> (d) RM ₁₂ <i>after adsorption</i>	49
Gambar IV.12. Jumlah Konsentrasi Fe yang Terlepas.....	51
Gambar IV.13. Mekanisme adsorpsi Cr(VI) pada Residu MPN; poin (i): serangan asam pada rarasaponin, (ii): protonasi kelompok rarasaponin, (iii): kelompok yang terprotonasi bermuatan positif, (iv): molekul Cr(VI) anionik, (v): interaksi elektrostatik berlawanan muatan.....	52
Gambar A.1. Hasil Buah Lerak Setelah dihancurkan Kondisi 5 mesh.....	73
Gambar A.2. Hasil Ekstrak Biomassa Lerak Setelah dipisahkan dengan Metanol menggunakan Oven.....	73
Gambar A.3. Hasil Ekstrak Biomassa Lerak setelah <i>freeze dryer</i>	74
Gambar A.4. Hasil Ekstraksi Saponin <i>Content</i> dengan Variasi Pelarut Ekstraksi).....	74
Gambar A.5. Larutan Ekstrak Lerak, dan Fe Setelah Pengaturan pH dengan Rasio 1:1 dan 1:2 (w/w).....	75

Gambar A.6. (a) Hasil Residu-MPN pada rasio 1:1(w/w) dan (b) Hasil Residu-MPN pada rasio 1:2 (w/w).....	76
Gambar A.7. Larutan Baku Induk Diosgenin.....	76
Gambar A.8. Larutan Standar Diosgenin Setelah Ditambahkan H_2SO_4 , Vanilin, dan dipanaskan.....	77
Gambar A.9. Hasil Larutan <i>quercetin</i> Setelah Ditambah $AlCl_3$ dan CH_3CO_2K	78
Gambar A.10. Hasil Uji Larutan TTC.....	79
Gambar A.11. (a) Kurva Baku TSC, (b) TFC, (c) TPC, TTC, dan (d) TRSC.....	81
Gambar A.12. Hasil pH Adsorpsi (a) RM_{11} dan (b) RM_{12}	84
Gambar A.13. Pengaruh Dosis terhadap Adsorpsi Cr(VI) untuk RM_{11} (a) sebelum adsorpsi, (b) sesudah adsorpsi.....	86
Gambar A.14. Pengaruh Dosis terhadap Adsorpsi Cr(VI) untuk RM_{12} (a) sebelum adsorpsi, (b) sesudah adsorpsi.....	86
Gambar A.15. Hasil Uji Kinetika terhadap Adsorpsi Cr(VI) untuk RM_{11}	90
Gambar A.16. Hasil Uji Kinetika terhadap Adsorpsi Cr(VI) untuk RM_{12}	90
Gambar A.17. Hasil Uji Isoterm terhadap Adsorpsi Cr(VI) untuk (a) RM_{11} dan (b) RM_{12} pada $30^\circ C$	93
Gambar A.18. Hasil Uji Isoterm terhadap Adsorpsi Cr(VI) untuk (a) RM_{11} dan (b) RM_{12} pada $40^\circ C$	93
Gambar A.19. Hasil Uji Isoterm terhadap Adsorpsi Cr(VI) untuk (a) RM_{11} dan (b) RM_{12} pada $50^\circ C$	93

DAFTAR TABEL

Tabel II.1. Perbandingan berbagai Senyawa Fitokimia Buah Lerak.....	7
Tabel II.2. Adsorpsi Cr(VI) dengan berbagai Adsorben Biomassa.....	10
Tabel II.3. Studi Perbandingan Adsorpsi Kationik dan Anionik.....	12
Tabel II.4. Berbagai Biomassa yang telah dikompositkan MPN.....	14
Tabel II.5. Perbandingan Hasil Kapasitas Adsorpsi Cr(VI) menggunakan Komposit.....	15
Tabel III.1. Model Parameters Kinetika Adsorpsi.....	24
Tabel III.2. Model Parameters Isoterm Adsorpsi.....	25
Tabel IV.1. Karakterisasi Fitokimia Buah Lerak.....	28
Tabel IV.2. Kadar C, O, Cr, dan Fe dari berbagai Residu, RM ₁₁ , dan RM ₁₂	34
Tabel IV.3. Parameter Isoterm Adsorpsi RM ₁₁ & RM ₁₂	43
Tabel IV.4. Parameter Termodinamika Adsorpsi RM ₁₁ dan RM ₁₂	45
Tabel IV.5. Parameter Kinetika Adsorpsi RM ₁₁ dan RM ₁₂	47
Tabel IV.6. Kadar C, O, Cr, dan Fe pada RM ₁₁ dan RM ₁₂	50
Tabel A.1. Data Absorbansi terhadap berbagai Konsentrasi Diosgenin.....	77
Tabel A.2. Data Absorbansi terhadap berbagai Konsentrasi <i>quercetin</i>	78
Tabel A.3. Data Absorbansi terhadap berbagai Konsentrasi C ₇ H ₆ O ₅	79
Tabel A.4. Data Absorbansi Konsentrasi Larutan Standar Glukosa.....	81
Tabel A.5. Data pH _{pzc} RM ₁₁ dan RM ₁₂	83
Tabel A.6. Pengaruh pH terhadap Adsorpsi Cr(VI) untuk RM ₁₁	84
Tabel A.7. Pengaruh pH terhadap Adsorpsi Cr(VI) untuk RM ₁₂	84
Tabel A.8. Pengaruh Dosis terhadap Adsorpsi Cr(VI) untuk RM ₁₁	85
Tabel A.9. Pengaruh Dosis terhadap Adsorpsi Cr(VI) untuk RM ₁₂	85
Tabel A.10. Pengaruh Uji Kinetika terhadap Adsorpsi Cr(VI) untuk RM ₁₁	88
Tabel A.11. Pengaruh Uji Kinetika terhadap Adsorpsi Cr(VI) untuk RM ₁₂	89
Tabel A.12. Pengaruh Uji Isoterm terhadap Adsorpsi Cr(VI) untuk RM ₁₁	91
Tabel A.13. Pengaruh Uji Isoterm terhadap Adsorpsi Cr(VI) untuk RM ₁₂	92

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa atas berkat dan penyertaan-Nya sehingga skripsi berjudul **“Pemanfaatan Residu Buah Lerak yang Dilapisi dengan *Metal Phenolic Network* untuk Adsorpsi Cr(VI)”** ini dapat diselesaikan sebagai salah satu syarat memperoleh gelar Sarjana Teknik di Program Studi Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Katolik Widya Mandala Surabaya. Penulis menyampaikan terima kasih kepada:

1. Ibu Sumi Wijaya, S.Si., Ph.D., Apt., selaku Rektor Universitas Katolik Widya Mandala Surabaya.
2. Prof. Ir. Felycia Edi Soetaredjo, S.T., M.Phil., Ph.D., IPU., ASEAN Eng., selaku Dekan Fakultas Teknik.
3. Ir. Shella Permatasari Santoso, S.T., Ph.D., IPM., selaku Ketua Program Studi Teknik Kimia.
4. Ir. Shella Permatasari Santoso, S.T., Ph.D., IPM. dan Ir. Jenni Lie, S.T., Ph.D., IPP., selaku dosen pembimbing yang telah dengan sabar memberikan arahan, bimbingan, serta masukan yang sangat berarti selama proses penelitian dan penyusunan skripsi ini.
5. Seluruh dosen dan staf di Program Studi Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Katolik Widya Mandala Surabaya yang telah memberikan ilmu dan pengalaman berharga selama masa studi.
6. Kedua orang tua dan keluarga tercinta atas kasih sayang, doa, dan dukungan moral maupun material yang tiada henti.

Penulis menyadari bahwa penulisan skripsi ini masih memiliki keterbatasan. Oleh karena itu, penulis terbuka terhadap segala kritik dan saran yang membangun. Semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat dan menjadi salah satu kontribusi ilmiah dalam bidang teknik kimia, khususnya terkait pengolahan limbah dan teknologi adsorpsi ramah lingkungan.

Surabaya, 24 Juni 2025

Penulis

INTISARI

Lerak (*Sapindus rarak De Candolle*) merupakan tanaman tropis dengan buah non-konsumsi, sehingga pemanfaatannya masih sangat jarang. Secara tradisional, lerak dimanfaatkan sebagai bahan pembuatan sabun alami. Namun, pemanfaatannya untuk material fungsional yang berpotensi untuk aplikasi lingkungan masih belum ada. Penelitian ini bertujuan untuk menerapkan konsep *zero waste* dengan memanfaatkan ekstrak dan residu dari buah lerak dalam sintesis *Metal Phenolic Network* (MPN) dan material adsorben, berturut-turut. Adsorben berbasis lerak ini digunakan untuk menangani logam berat Cr(VI), salah satu polutan berbahaya bagi lingkungan. Secara garis besar, pembuatan adsorben ini melibatkan dua tahapan utama: (1) ekstraksi fitokimia lerak menggunakan metanol, dan (2) residu lerak hasil ekstraksi kemudian dilapisi dengan menggunakan MPN yang berasal dari penggabungan fitokimia pada ekstrak lerak dengan metal Fe. Adsorben berupa residu lerak terlapisi MPN (selanjutnya disebut sebagai RM) dihasilkan melalui pelapisan MPN dengan variasi rasio Fe:ekstrak (1:1) dan (1:2) w/w. Adsorben ini memiliki kemampuan untuk menghilangkan 96,45% Cr(VI) pada RM₁₁ dan 99,06% Cr(VI) pada RM₁₂ dari air dalam kondisi pH 2, suhu 30°C, waktu kontak 24 jam, dan kecepatan pengadukan 145 rpm. Evaluasi kinetika adsorpsi menunjukkan kecocokan sistem dengan persamaan *pseudo second order* yang mengindikasikan penyerapan secara *chemisorption*. Sementara, studi adsorpsi isoterm menunjukkan sifat adsorpsi Cr(VI) oleh RM yang sesuai dengan persamaan langmuir, yang mengindikasikan penyerapan secara *monolayer*. Efisiensi adsorpsi Cr(VI) oleh RM meningkat dengan peningkatan suhu, yang menandakan sifat endotermik. Mekanisme adsorpsi didominasi oleh *ion exchange* dan *electrostatic interaction*. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa adsorben berbasis buah lerak ini memiliki potensi besar untuk pengolahan air dari cemaran logam berat Cr(VI), sekaligus mendukung prinsip daur ulang limbah melalui pendekatan *zero waste*.