

**OPTIMASI ADSORPSI ION KROM III (Cr^{3+}) SEBAGAI ADSORBAT
DENGAN SISTIM KONTINU MENGGUNAKAN ADSORBEN TANAH
NAPA (*NAPA SOIL*)**

SKRIPSI

Diajukan sebagai syarat untuk Memperoleh Gelar Sarjana



Oleh :

**RAHMATUL HAYANI
NIM/TM. 19036148/2019**

**PROGRAM STUDI KIMIA
DEPARTEMEN KIMIA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS NEGERI PADANG
2026**

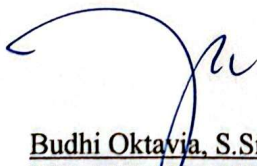
PERSETUJUAN SKRIPSI

OPTIMASI ADSORPSI ION KROM III (Cr^{3+}) SEBAGAI ADSORBAT DENGAN SISTIM KONTINU MENGGUNAKAN ADSORBEN TANAH NAPA (NAPA SOIL)

Nama : Rahmatul Hayani
TM/NIM : 2019/19036148
Program Studi : Kimia NK
Departemen : Kimia
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

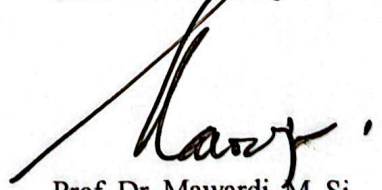
Padang, 10 Februari 2026

Mengetahui :
Kepala Departemen Kimia



Budhi Oktavia, S.Si., M.Si., Ph.D
NIP. 19721024 199803 1 001

Disetujui Oleh :
Dosen Pembimbing



Prof. Dr. Mawardi, M.Si.
NIP. 196111231989031002

PENGESAHAN LULUS UJIAN SKRIPSI

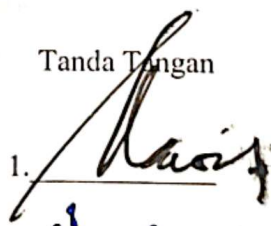
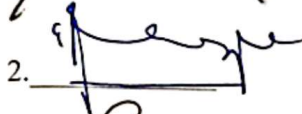
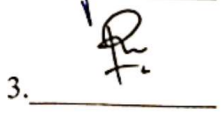
Nama : Rahmatul Hayani
TM/NIM : 2019/19036148
Program Studi : Kimia NK
Departemen : Kimia
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

OPTIMASI ADSORPSI ION KROM III (Cr^{3+}) SEBAGAI ADSORBAT DENGAN SISTIM KONTINU MENGGUNAKAN ADSORBEN TANAH NAPA (NAPA SOIL)

Dinyatakan Lulus Setelah Dipertahankan di Depan Tim Penguji Skripsi
Departemen Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Negeri Padang

Padang, 10 Februari 2026

Tim Penguji

No	Jabatan	Nama	Tanda Tangan
1	Ketua	Prof. Dr. Mawardi, M .Si	1. 
2	Anggota	Edi Nasra S.Si.,M.Si	2. 
3	Anggota	Romy Dwipa Yamesa Away S.Si., M.Eng., Ph.D	3. 

SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertandatangan dibawah ini

Nama : Rahmatul Hayani
TM/NIM : 2019/19036148
Tempat/Tanggal Lahir : Koto Tengah Simalanggang / 10 Desember 1998
Program Studi : Kimia NK
Departemen : Kimia
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Judul Skripsi : Optimasi Adsorpsi Ion Krom Iii (Cr3+) sebagai Adsorbat dengan Sistim Kontinu menggunakan Adsorben Tanah Napa (Napa Soil)

Dengan ini menyatakan bahwa :

1. Karya tulis/skripsi ini adalah hasil karya saya dan belum pernah diajukan untuk memperoleh gelar akademik (sarjana) baik di UNP maupun perguruan tinggi lainnya.
2. Karya tulis ini murni gagasan, rumusan, dan penelitian saya sendiri tanpa bantuan pihak lain kecuali tim pembimbing.
3. Pada karya tulis/skripsi ini tidak terdapat karya atau pendapat yang telah ditulis atau dipublikasikan orang lain kecuali tertulis dengan jelas dicantumkan pada kepustakaan.
4. Karya tulis/skripsi ini sah apabila telah ditandatangani **Asli** oleh tim pembimbing dan tim penguji.

Pernyataan ini saya buat dengan sungguh-sungguh dan apabila dikemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidakbenaran di dalam pernyataan ini, maka saya bersedia menerima **Sanksi Akademik** berupa pencabutan gelar akademik yang telah diperoleh karena karya tulis/skripsi ini, serta sanksi lainnya sesuai dengan norma yang berlaku di perguruan tinggi.

Padang, Februari 2026
Yang Menyatakan



Rahmatul Hayani
NIM. 19036148

Optimasi Adsorpsi Ion Krom III (Cr^{3+}) sebagai Adsorbat dengan Sistem Kontinu menggunakan Adsorben Tanah Napa (*Napa Soil*)

Rahmatul Hayani

ABSTRAK

Paparan dari Krom(III) dapat membahayakan kesehatan manusia serta lingkungan sehingga dibutuhkan sebuah metode untuk mengatasinya yaitu adsorpsi menggunakan tanah napa, yang memiliki efisiensi baik, biaya murah, serta aman bagi lingkungan. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan karakteristik serta kondisi optimal penyerapan ion logam Krom(III) menggunakan adsorben tanah napa asal Kabupaten Pesisir Selatan dengan metode kolom (sistem kontinu). Adsorben berukuran 200 mesh ($70\ \mu\text{m}$) disiapkan melalui kalsinasi pada 750°C dan aktivasi KOH 1 M. Karakterisasi XRF menunjukkan peningkatan kadar SiO_2 menjadi 65,781%, sementara analisis FTIR mengonfirmasi adanya gugus silanol dan siloksan serta munculnya ikatan Cr-O pada bilangan gelombang $556\ \text{cm}^{-1}$ pasca-adsorpsi. Hasil penelitian menunjukkan kondisi optimum tercapai pada pH 4 (kapasitas 1,0686 mg/g), konsentrasi awal 200 mg/L (kapasitas 0,3343 mg/g), dan laju alir 20 tetes/menit (kapasitas 1,8464 mg/g). Penurunan daya serap pada pH di atas 4 disebabkan oleh pembentukan endapan hidroksida, sedangkan laju alir yang lebih cepat mengurangi waktu kontak antara adsorbat dan situs aktif. Tanah napa terbukti efektif sebagai adsorben alternatif untuk pengolahan limbah logam berat.

Kata Kunci: Adsorpsi, Kromium (III), Tanah Napa, Sistem Kontinu, Optimasi.

OPTIMIZATION OF CHROMIUM (III) ION (Cr^{3+}) ADSORPTION AS ADSORBATE IN A CONTINUOUS SYSTEM USING NAPA SOIL ADSORBENT

Rahmatul Hayani

ABSTRACT

Exposure to Chromium(III) can be hazardous to human health and the environment, requiring a mitigation method such as adsorption using Napa soil, which offers good efficiency, low cost, and environmental safety. This research aims to determine the characteristics and optimal conditions for Chromium(III) metal ion adsorption using Napa soil adsorbent from Pesisir Selatan Regency via the column method (continuous system). The adsorbent, sized at 200 mesh (70 μ m), was prepared through calcination at 750°C and 1 M KOH activation. XRF characterization showed an increase in SiO₂ content to 65.781%, while FTIR analysis confirmed the presence of silanol and siloxane groups and the emergence of Cr-O bonds at a wavenumber of 556 cm⁻¹ post-adsorption. The results indicate that optimum conditions were achieved at pH 4 (capacity of 1.0686 mg/g), an initial concentration of 200 mg/L (capacity of 0.3343 mg/g), and a flow rate of 20 drops/minute (capacity of 1.8464 mg/g). The decrease in adsorption at pH levels above 4 is caused by the formation of hydroxide precipitates, while a faster flow rate reduces the contact time between the adsorbate and the active sites. Napa soil is proven to be effective as an alternative adsorbent for heavy metal wastewater treatment.

Keywords: Adsorption; Chromium(III); Tanah Napa; Continuous System; Optimization

KATA PENGANTAR

Penulis mengucapkan puji dan syukur kehadiran Allah SWT atas segala kemudahan yang telah diberikan sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul **“Optimasi Adsorpsi Ion Logam Cr^{3+} Sebagai Adsorbat dengan Sistim Kontinu menggunakan Adsorben Tanah Napa”**. Skripsi ini diajukan untuk melengkapi dan memenuhi persyaratan untuk memperoleh gelar Sarjana Sains (S.Si) pada Program Studi Kimia, Departemen Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Padang.

Penulisan skripsi ini tidak terlepas dari bantuan, arahan, dan masukan dari berbagai pihak. Untuk itu, penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Prof. Dr. Mawardi, M .Si selaku penasehat akademik dan dosen pembimbing.
2. Bapak Budhi Oktavia, S. Si., M. Si., Ph. D selaku Ketua Departemen Kimia dan Ketua Koordinator Program Studi Kimia, Universitas Negeri Padang.
3. Bapak Edi Nasra S.Si.,M.Si dan Bapak Romy Dwipa Yamesa Away S.Si., M.Eng., Ph.D selaku dosen pembahas.

Penulis menyadari penulisan skripsi ini masih banyak kekurangan, sehingga penulis sangat mengharapkan saran dan masukan untuk perbaikan dari pembaca demi kesempurnaan skripsi ini. Atas saran dan masukan yang diberikan penulis ucapkan terima kasih.

Padang, 29 Januari 2026

Rahmatul Hayani

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	i
DAFTAR ISI	iii
DAFTAR TABEL	v
DAFTAR GAMBAR.....	vi
DAFTAR LAMPIRAN	vii
BAB I.....	1
PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang	1
B. Identifikasi Masalah	4
C. Batasan Masalah.....	4
D. Rumusan Masalah	5
E. Tujuan Penelitian.....	5
F. Manfaat Penelitian	5
BAB II	6
TINJAUAN PUSTAKA	6
A. Tanah Napa	6
B. Adsorpsi	8
C. Logam Krom	15
D. Karakterisasi.....	16
BAB III	21
METODE PENELITIAN	21
A. Waktu dan Tempat Penelitian	21
B. Objek Penelitian	21
C. Variabel Penelitian	21
D. Alat dan Bahan	21
E. Prosedur Penelitian	22
BAB IV	26
HASIL DAN PEMBAHASAN	26

A. Preparasi Tanah Napa.....	26
B. Karakterisasi Tanah Napa.....	28
C. Kurva Standar Cr^{3+}	33
D. Perlakuan pada Sistem Kontinu	35
BAB V	40
KESIMPULAN DAN SARAN	40
A. Kesimpulan.....	40
B. Saran.....	40
DAFTAR PUSTAKA.....	41
LAMPIRAN	46

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Komposisi Tanah Napa di Sumatera Barat	7
Tabel 2. Bilangan Gelombang dan Interpretasi Spektrum infrared	17
Tabel 3. Komposisi Kimia Tanah Napa Sebelum dan Sesudah Diaktivasi	30

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Tanah Napa.....	6
Gambar 2. (a) Struktul Kristal Silika, (b) Struktur Amorf Silika	7
Gambar 3. Rangkaian Alat Adsorpsi Kolom	10
Gambar 4. Kurva Isoterm Langmuir	14
Gambar 5. Kurva Isoterm Freundlich	15
Gambar 6. Instrumen Fourier Transform Infra-Red (FTIR)	16
Gambar 7. Spektrofotometri Serapan Atom	18
Gambar 8. Prinsip Kerja XRF	20
Gambar 9. XRF Laboratorium Kimia Universitas Negeri Padang	20
Gambar 10. Tanah Napa Tanah Napa (a) Sebelum digiling, (b) Sesudah digiling dan Diayak, (c) Sesudah Kalsinasi dan Aktivasi dengan KOH 1 M, (d) Sesudah kalsinasi.....	27
Gambar 11. Spektra FTIR Tanah Napa Sebelum dan Sesudah Diaktivasi	31
Gambar 12. Kurva Standar Larutan Ion Logam Cr^{3+}	33
Gambar 13. Pengaruh Variasi pH Terhadap Adsorpsi Ion Logam Cr^{3+}	35
Gambar 14. Pengaruh Variasi Konsentrasi Adsorbat Terhadap Adsorpsi Ion Logam Cr^{3+}	37
Gambar 15. Pengaruh Variasi Laju Alir Terhadap Adsorpsi Ion Logam Cr^{3+}	39

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Prosedur Penelitian	46
Lampiran 2. Perhitungan Pembuatan Reagen	51
Lampiran 3. Spektrum FTIR Tanah Napa.....	55
Lampiran 4. Hasil Pengujian.....	57
Lampiran 5. Dokumentasi	61

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Pencemaran lingkungan oleh logam berat yang dihasilkan dari berbagai limbah kegiatan industri merupakan tantangan lingkungan global yang dapat menimbulkan dampak positif dan dampak negatif terhadap lingkungan dan makhluk hidup. Sebagian besar industri di negara-negara dunia hanya sedikit atau bahkan tidak sama sekali menyediakan pengolahan limbah. Keberadaan limbah logam berat di perairan merupakan bahaya serius bagi manusia dan ekosistem. Hal ini karena limbah logam berat tidak dapat terurai secara alami di lingkungan (Dim dkk., 2021).

Beberapa contoh logam berat yang bersifat toksik pada lingkungan, diantaranya kromium (Cr), Kadmium (Cd), Mangan (Mn), Besi (Fe), Seng (Zn), Arsenik (As), Tembaga (Cu), Merkuri (Hg), Nikel (Ni). Apabila logam berat tersebut terakumulasi dalam tubuh manusia dapat merusak fungsi organ tubuh bahkan dapat menyebabkan kematian (Alkindi dkk., 2022).

Kromium (Cr) merupakan salah satu polutan logam berat beracun bersifat karsinogenik sehingga berdampak buruk bagi kesehatan manusia seperti asma bronkial, penyakit paru-paru, radang hidung, kanker, alergi kulit, kelainan perkembangan dan reproduksi dan penyakit lainnya (Irshad dkk., 2023). Selain itu, kromium dapat mencemari air melalui limbah yang dihasilkan dari berbagai aktivitas manusia seperti industri pewarna kain, industri penyamakan kulit, pelapisan listrik, rumah tangga, pertanian, pertambangan, perikanan dan kegiatan lainnya (Pratiwi, 2020).

Menurut Kemenkes RI (2016) No.907/KEMENKES/SK/VII/2002 takaran maksimal konsentrasi untuk ion krom Cr^{3+} pada kromium adalah 0,05 ppm. Mengingat kecilnya batas konsentrasi yang diperbolehkan dan bahaya yang ditimbulkan pada perairan, maka perlu penanganan terhadap limbah logam berat sebelum dibuang langsung ke lingkungan. Maka dari itu saat ini langkah yang diambil untuk menangani hal tersebut diantaranya presipitasi, filtrasi, oksidasi/reduksi, elektrokimia, pertukaran ion, teknologi pemisahan dengan membran (reverse osmosis), sedimentasi, dan elektro-dialisis (Abdullah dkk., 2019). Meskipun keefektifannya telah terbukti, tetapi penggunaan beberapa metode tersebut memerlukan biaya operasional yang besar. Oleh karena itu dibutuhkan metode pengolahan menggunakan bahan yang relatif murah, mudah didapatkan dan mempunyai daya serap yang tinggi (Rahayu dkk., 2021).

Salah satu usaha alternatif dalam pengolahan limbah pada logam berat yaitu menggunakan metode adsorpsi dengan material anorganik (adsorben) seperti tanah napa yang mengandung material silika-aluminat. Adsorpsi oleh tanah napa merupakan aplikasi yang relatif sederhana, murah dan aman bagi lingkungan. Tanah Napa merupakan material alami dengan kandungan alumina sebanyak (41,52 %) dan silika (51,70 %) (Mawardi dkk., 2018). Selain itu, kandungan gugus siloksan (Si-O-Si) dan gugus silanol (Si-OH) juga berperan penting pada metode adsorpsi. Padatan pada silika dan alumina memiliki porositas tinggi dengan diameter pori berukuran mikro serta memiliki luas permukaan yang dapat meningkatkan kapasitas adsorpsi. Silika-aluminat memiliki beberapa kelebihan seperti mudah diproduksi, sangat inert, luas permukaannya besar, kemampuan adsorpsi yang baik, memiliki kapasitas

pertukaran kation, hidrofilik, memiliki sisi aktif pada permukaannya, tidak reaktif dalam pelarut organik mempunyai kestabilan termal dan mekanik yang tinggi serta relatif tidak mengembang dalam pelarut organik (Hastuti dkk., 2023). Tanah napa di beberapa kabupaten atau kota di Sumatera Barat cukup melimpah seperti Kabupaten Pesisir Selatan, Tanah Datar, Solok dan Lima Puluh Kota. Namun dalam pemanfaatannya masyarakat setempat baru menggunakan tanah napa sebagai obat diare dan sakit perut sehingga perlu dikembangkan lagi.

Berdasarkan penelitian sebelumnya telah dilakukan metode adsorpsi untuk logam berat yaitu pada logam Pb (II) menggunakan adsorben tanah napa dimana tanah napa sangat baik untuk menghilangkan Pb (II) dari air limbah sebagai pengganti bahan sintesis yang lebih mahal (Mawardi dkk., 2015). Mawardi dkk., (2012) juga melaporkan bahwa tanah napa dapat digolongkan sebagai zeolit karena memiliki kandungan alumina silikat yang tinggi sehingga tanah napa dapat digunakan sebagai penyerap logam pada limbah.

Komposisi kimia dari tanah napa terdiri dari silika (SiO_2), alumina (Al_2O_3), besi(III) oksida (Fe_2O_3), kalsium oksida (CaO), dan magnesium (Mg) (Mawardi dkk., 2021). Beberapa penelitian sebelumnya telah mengoptimalkan adsorpsi ion logam kromium menggunakan adsorben lain, seperti zeolit berlapis, resin sintetik maupun karbon aktif. Namun, penelitian yang spesifik mengenai adsorpsi ion krom III dengan menggunakan adsorben tanah napa dalam sistem kontinu masih terbatas terutama pada daerah Pesisir Selatan. Berdasarkan latar belakang yang telah dipaparkan bahwa tanah napa berpotensi baik sebagai sssadsorben yang efektif terhadap logam berat. Oleh karena itu, peneliti tertarik

melakukan penelitian dengan judul “Optimasi Adsorpsi Ion Krom III (Cr^{3+}) Sebagai Adsorbat dengan Sistem Kontinu Menggunakan Adsorben Tanah Napa”.

B. Identifikasi Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, dapat diidentifikasi masalah sebagai berikut :

1. Ion kromium (Cr) dalam bentuk Cr^{3+} merupakan salah satu logam berat yang dapat mencemari lingkungan dan memiliki toksisitas yang tinggi.
2. Penggunaan beberapa metode adsorben memerlukan biaya yang relatif yang besar.
3. Tanah Napa Pesisir Selatan merupakan jenis adsorben yang berpotensi mengadsorpsi ion logam berat termasuk ion kromium Cr^{3+} , namun saat ini masih minim yang menggunakan tanah napa sebagai adsorben.

C. Batasan Masalah

Adapun batasan masalah dalam penelitian adalah sebagai berikut :

1. Adsorben yang digunakan adalah tanah napa dari Kabupaten Pesisir Selatan.
2. Zat beracun yang di optimasi pada penelitian ini hanya zat Cr^{3+} dengan penentuan pengaruh pH, konsentrasi awal larutan dan laju alir eluen pada daya serap tanah napa terhadap logam Cr^{3+} .
3. Pengukuran kapasitas serapan tanah napa terhadap ion logam Cr^{3+} dia analisis menggunakan Spektrofotometer Serapan Atom (SSA).
4. Analisis gugus fungsi dan komposisi pada tanah napa menggunakan FTIR dan XRF.

D. Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Bagaimana karakteristik dari tanah napa sebagai adsorben logam berat Cr^{3+} dari kabupaten Pesisir Selatan?
2. Bagaimana kondisi optimal dari pengaruh pH, konsentrasi awal larutan dan laju alir eluen pada adsorpsi ion Cr^{3+} terhadap daya serap adsorben tanah napa kabupaten Pesisir Selatan?

E. Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah di atas, maka tujuan penelitian ini adalah :

1. Mengetahui karakteristik dari tanah napa Kabupaten Pesisir Selatan sehingga dapat digunakan sebagai adsorben.
2. Mengetahui kondisi optimal dari pengaruh pH, konsentrasi awal larutan dan laju alir eluen pada adsorpsi ion Cr^{3+} terhadap daya serap adsorben tanah napa.

F. Manfaat Penelitian

Manfaat yang diperoleh dari penelitian ini adalah :

1. Dapat memberikan informasi karakteristik tanah napa Kabupaten Pesisir Selatan sebagai adsorben
2. Dapat memberikan informasi terhadap kondisi optimal dari pengaruh pH, konsentrasi awal larutan dan laju alir eluen pada adsorpsi ion Cr^{3+} terhadap daya serap adsorben tanah napa Kabupaten Pesisir Selatan.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian, dapat disimpulkan bahwa:

1. Tanah napa memiliki karakteristik yang sesuai sebagai adsorben, dengan kandungan SiO_2 dan Al_2O_3 serta gugus fungsi Si-O-Si dan Si-OH yang berperan dalam proses adsorpsi. Hasil ini menunjukkan bahwa tanah napa berpotensi sebagai adsorben yang efektif untuk mengurangi pencemaran ion logam Cr^{3+} di perairan.
2. Kondisi optimum adsorpsi Cr^{3+} diperoleh pada pH 4, konsentrasi adsorbat 200 mg/L, dan laju alir 20 tetes/menit dengan kapasitas adsorpsi maksimum masing-masing sebesar 1,0686; 0,3343; dan 1,8446 mg/g.

B. Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, terdapat beberapa saran untuk penelitian selanjutnya, antara lain:

1. Menganalisis lebih lanjut mekanisme adsorpsi yang terjadi, misalnya dengan studi kinetika dan isoterm adsorpsi.
2. Melakukan studi lebih lanjut mengenai regenerasi tanah napa setelah digunakan sebagai adsorben sehingga dapat digunakan kembali dan lebih ekonomis.

DAFTAR PUSTAKA

- Abbou, B., Lebkiri, I., & Ouaddari, H. (2024). Evaluation Of Illitic-Kaolinite Clay As An Adsorbent For Cr^{3+} Removal From Synthetic Aqueous Solutions: Isotherm, Kinetic, And Thermodynamic Analyses. *Chemical Physic Impact*, 8(January), 100527.
- Abdi, S., Setyo, A., Edianti, R., & Asranudin, A. (2025). International Journal of Biological Macromolecules Novel biocomposite of *Pseudomonas aeruginosa* supported by metal-organic framework UiO-66 in sodium alginate-polyvinyl alcohol matrices for methylene blue decolorization : Effect of crosslinking agents and optimization using response surface methodology. *International Journal of Biological Macromolecules*, 305(P1), 141016.
- Abdullah, N., Yusof, N., Lau, W. J., Jaafar, J., & Ismail, A. F. (2019). Recent trends of heavy metal removal from water/wastewater by membrane technologies. *Journal of Industrial and Engineering Chemistry*, 76, 17–38.
- Acquafredda, P. (2019). XRF Technique. *Physical Sciences Reviews*, 4(8), 1–20.
- Alkindi, F. F., Risthanti, R. R., & Jong, M. (2022). Review Article: Analisis Kandungan Logam Berat Dengan Bantuan Ligan Asam Tanat Secara Spektrofotometri Visible. *MEDFARM: Jurnal Farmasi Dan Kesehatan*, 11(2), 204–218.
- Amalia, N. (2015). Adsorpsi Cr (Iii) Dan Cr (Vi) Dalam Larutan Menggunakan Karbon Aktif Dari Biji Trembesi (Samanea Saman) Adsorption Of Cr (Iii) And Cr (Vi) From Aqueous Solution By Activated Carbon From Trembesi (Samanea Saman) Seeds. *Skripsi*, Iii, Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Amri, A., Supranto, & Fahrurrozi, M. (2004). Keseimbangan Adsorpsi Optional Campuran Biner Cd (II) dan Cr (III) dengan Zeolit Alam Terimpregnasi 2-merkaptobenzotiazol. *Jurnal Natur Indonesia*, 6(2), 111–117.
- Anam, C., Sirojudin, & Firdausi, K. S. (2007). Analisis Gugus Fungsi pada Sampel Uji, Bensin, dan Spiritus Menggunakan Metode Spektroskopi FTIR. *Berkala Fisika*, 10(1410–9662), 79–85.
- Ardhani, C. A. (2021). Kajian Pustaka Pengaruh Proses Aktivasi Fisis dan Kimiawi Terhadap Kemampuan Zeolit dalam Menyisihkan Logam Berat. *Skripsi*. Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Asbahani. (2013). Pemanfaatan Limbah Ampas Tebu Sebagai Karbon Aktif Untuk Menurunkan Kadar Besi Pada Air Sumur. *Jurnal Teknik Sipil UNTAN*, 13(1), 105–114.
- Bahrizal, Adella, F., & Kurniawati, D. (2020). Adsorption Of Rhodamine B From Aqueous Solution Using Langsung (Lansium Domesticum) Shell Powder. 10(ICoBioSE 2019), 273–276.
- Banerjee, S., & Chattopadhyaya, M. C. (2017). Adsorption characteristics for the removal of a toxic dye, tartrazine from aqueous solutions by a low cost

- agricultural by-product. *Arabian Journal of Chemistry*, 10, S1629–S1638.
- Cao, G., Chen, C., Xu, H., Ban, J., Liu, F., Yuan, G., Lei, H., Su, Y., & Hu, J. (2023). Chemical regulation in the bonding reconstruction stage of amorphous Zr-Si oxidation and the resultant phase selection. *Materials and Design*, 233(August), 112291.
- Chania, A. O., & Mawardi, M. (2024). Pemanfaatan Natrium Karbonat Na₂CO₃ Sebagai Alternatif Alkali Aktivator Untuk Pembuatan Semen Geopolimer Berbasis Tanah Napa. 8, 21295–21302.
- Choppala, G., Bolan, N., & Park, J. H. (2013). Chromium Contamination and Its Risk Management in Complex Environmental Settings. In *Advances in Agronomy* (Vol. 120).
- Coates, J. (2000). Interpretation of Infrared Spectra, A Practical Approach. *Encyclopedia of Analytical Chemistry*.
- Dim, P. E., Mustapha, L. S., Termtanun, M., & Okafor, J. O. (2021). Adsorption Of Chromium (VI) And Iron (III) Ions Onto Acid-Modified Kaolinite: Isotherm, Kinetics And Thermodynamics Studies. *Arabian Journal of Chemistry*, 14(4),
- Duwiejuah, A. B., Abubakari, A. H., Quainoo, A. K., & Amadu, Y. (2020). Review of Biochar Properties and Remediation of Metal Pollution of Water and Soil. *Journal of Health and Pollution*, 10(27).
- Ellerbrock, R., Stein, M., & Schaller, J. (2022). Comparing Amorphous Silica, Short-Range-Ordered Silicates And Silicic Acid Species By FTIR. *Scientific Reports*, 12(1), 1–8.
- Firdaus, M. (2013). Optimasi Tanah Napa Sebagai Adsorben Ion Cu (II). 2(2), 80–85.
- Gopal Reddi, M. R., Gomathi, T., Saranya, M., & Sudha, P. N. (2017). Adsorption And Kinetic Studies On The Removal Of Chromium And Copper Onto Chitosan-G-Malic Anhydride-G-Ethylene Dimethacrylate. *International Journal of Biological Macromolecules*, 104, 1578–1585.
- Hanawindy, A. S., & Mawardi, M. (2023). Ekstraksi Silika (SiO₂) dari Mineral Tanah Napa Pesisir Selatan. *Jurnal Periodic Jurusan Kimia UNP*, 12(1), 31.
- Hastuti, S., Martini, T., & Utami, A. T. (2023). Pemanfaatan Silika dari Abu Sekam Padi untuk Pembuatan Material Imprinted Ionic sebagai Adsorben Ion Logam Pb(II). *ALCHEMY Jurnal Penelitian Kimia*, 19(2), 162.
- Heltina, D. (2010). Keseimbangan Adsorpsi Senyawa Fenol Dengan Tanah Gambut. *Seminar Nasional*. Universitas Riau.
- Hidayu, A. R., & Muda, N. (2016). Preparation and Characterization of Impregnated Activated Carbon from Palm Kernel Shell and Coconut Shell for CO₂ Capture. *Procedia Engineering*, 148, 106–113.
- Irshad, M. A., Sattar, S., Nawaz, R., Al-Hussain, S. A., Rizwan, M., Bukhari, A.,

- Waseem, M., Irfan, A., Inam, A., & Zaki, M. E. A. (2023). Enhancing Chromium Removal And Recovery From Industrial Wastewater Using Sustainable And Efficient Nanomaterial: A review. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 263, 115231.
- Jobby, R., Jha, P., Yadav, A. K., & Desai, N. (2018). Biosorption and Biotransformation of Hexavalent Chromium [Cr(VI)]: A *comprehensive review*. *Chemosphere*, 207(Vi), 255–266.
- Kamari, H. M., Al Hada, N. M., Baqer, A. A., Shaari, A. H., & Saion, E. (2019). Comprehensive Study On Morphological, Structural and Optical Properties of Cr₂O₃ Nanoparticle and Its Antibacterial Activities. *Journal of Materials Science*.
- Kepmenkes, R. (2016). Keputusan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 907/Menkes/Sk/Vii/2002. 1–23.
- Khoshraftar, Z., Masoumi, H., & Ghaemi, A. (2023). On The Performance Of Perlite As A Mineral Adsorbent For Heavy Metals Ions And Dye Removal From Industrial Wastewater: A review of the state of the art. *Case Studies in Chemical and Environmental Engineering*, 8(April), 100385.
- Kurniawati, D., Bahrizal, Sari, T. K., & Adella, F. (2021). Effect of Flow Rate on the Absorption of Rhodamine B, Methyl Orange and Methylene Blue Dyes with Langsat Shell (*Lansium domesticum*). *Journal of Physics: Conference Series*, 1940(1), 2–7.
- Li, Y., Wei, Y., Huang, S., Liu, X., Jin, Z., Zhang, M., Qu, J., & Jin, Y. (2018). Biosorption Of Cr(VI) Onto Auricularia Auricula Dreg Biochar Modified By Cationic Surfactant: *Characteristics And Mechanism*. *Journal of Molecular Liquids*, 269, 824–832.
- Liu, W., & Yu, Y. (2022). Ultrafast Advanced Treatment Of Chromium Complex-Containing Wastewater Using Co/Fe Layered Double Hydroxide. *Environmental Technology and Innovation*, 26, 1–10.
- Logue., B. A., & Manandhar, E. (2018). Percent Residual Accuracy Ror Quantifying Goodness-Of-Fit of Linear Calibration Curves. *Talanta*, 189(July), 527–533.
- Maregianti, M., Wardani, G. A., & Wulandari, W. T. (2021). Adsorpsi Senyawa Antibiotik Tetrasiklin Hidrolirida Menggunakan Limbah Serbuk Gergaji Dengan Metode Kolom. *Prosiding Seminar Nasional Diseminasi Penelitian*, September, 115–121.
- Mawardi, M., Deyundha, D., Zainul, R., & Zalmi, P. R. (2018). Characterization of PCC Cement by Addition of Napa Soil from Subdistrict Sarilamak 50 Kota District as Alternative Additional Material for Semen Padang. IOP Conference Series: *Materials Science and Engineering*, 335(1).
- Mawardi, M., Isa, I. M., Ulianas, A., Sintiar, E., Mawardi, F., & Putra, R. Z. (2021). The Fabrication Of Portland Composite Cement Based On Pozzolan Napa Soil. *Materials*, 14(13).

- Mawardi, & Rahmi Khairun Nisa. (2013). Optimasi Tanah Napa sebagai Adsorben Ion Logam Kromium (IV). In *Chemistry Journal* (Vol. 2, Issue 1).
- Mawardi, Rianti Sihaloho, & Bahrizal. (2012). Pengaruh Penggunaan Sumber Silika Alumina Terhadap Karakteristik Semen yang Dihasilkan. *Periodic*, 1(2).
- Mawardi, Sanjaya, H., & Zainul, R. (2015). Characterization Of Napa Soil And Adsorption Of Pb (II) From Aqueous Solutions Using On Column Method. Available Online Wwww.Jocpr.Com *Journal of Chemical and Pharmaceutical Research*, 7(12), 905–912.
- Mishra, S., & Bharagava, R. N. (2016). Toxic And Genotoxic Effects Of Hexavalent Chromium In Environment And Its Bioremediation Strategies. *Journal of Environmental Science and Health - Part C Environmental Carcinogenesis and Ecotoxicology Reviews*, 34(1), 1–32.
- Mongondow, Wuntu, A. D. (2021) . Pemisahan Tio₂ Dari Pasir Besi Kabupaten Bolaang Mongondow Dan Uji Aktivitasnya Sebagai Antibakteri.
- Müller, K., & Zollfrank, C. (2020). Ionic Liquid Aided Solution-Precipitation Method To Prepare Polymer Blends From Cellulose With Polyesters Or Polyamide. *European Polymer Journal*, 133(March).
- Munasir, Triwikantoro, Zainuri, M., & Daminto. (2012). CaCO₃ / SiO₂. 3(1), 20–29.
- Nahari, A., Oktavia, B., Khair, M., & Putra, A. (2022). Adsorpsi Anion Nitrat Menggunakan Silika Gel (SiO₂) GPTMS Dimodifikasi dengan Dimetilamina. *Jurnal Periodic Jurusan Kimia UNP*, 11(3), 35.
- Nurfitria, N., Febriyanti, K., Utomo, W. P., Nugraheni, Z. V., Pangastuti, D. D., Maulida, H., & Ariyanti, F. N. (2019). Pengaruh Konsentrasi Aktivator Kalium Hidroksida (KOH) pada Karbon Aktif dan Waktu Kontak Terhadap Daya Adsorpsi Logam Pb dalam Sampel Air Kawasan Mangrove Wonorejo, Surabaya. *Akta Kimia Indonesia*, 4(1), 75.
- Oyedotun, T. D. T. (2018). X-Ray Fluorescence (XRF) In The Investigation Of The Composition Of Earth Materials: A Review And An Overview. *Geology, Ecology, and Landscapes*, 2(2), 148–154.
- Pharma, D., Lestari, I., Sy, S., Aziz, H., Chaidir, Z., & Zein, R. (2016). ISSN 0975-413X CODEN (USA): PCHHAX Removal Of Cu(II) From Aqueous Solutions Using Shell And Seed Of Kelengkengfruits (*Euphoria Longan* Lour). (Vol. 8, Issue 14).
- Pratiwi, D. Y. (2020). Dampak Pencemaran Logam Berat (Timbal, Tembaga, Merkuri, Kadmium, Krom) Terhadap Organisme Perairan Dan Kesehatan Manusia. In *Jurnal Akuatek* (Vol. 1, Issue 1).
- Rahayu, A., Syauqi, R., & Kresna Islami, M. (2021). Teknologi Pengolahan Kandungan Kromium dalam Limbah Penyamakan Kulit Menggunakan Proses Adsorpsi: Review. *Jurnal Teknik Kimia Dan Lingkungan*, 90–99.

- Rahmawati, A. (2020). Adsorpsi Logam Timbal (Pb) Menggunakan Adsorben Eceng Gondok (*Eichornia crassipes*) Termodifikasi Asam Sitrat. *Skripsi*. UIN Maulana Malik Ibrahim Malang.
- Rahmi, A., & Mawardi. (2022). Pengaruh Variasi Konsentrasi NaOH Sebagai Alkali Aktivator Terhadap Kuat Tekan Semen Geopolimer Berbasis Tanah Napa. *Chemistry Journal*, 11(2).
- Rosalina et al. (2016). Pengaruh Aktivasi Fisika Dan Kimia Arang Aktif Buah Bintaro Terhadap Daya Serap Logam Berat Krom (The Influence of Physical and Chemical Activation of Cerbera odollam Gaertn. Carbon on Chromium Adsorption). *Biopropal Industri*, 7, 35–45.
- Sanjaya, H., & Zainul, R. (2015). Characterization Of Napa Soil And Adsorption Of Pb (II) From Aqueous Solutions Using On Column Method. *Journal of Chemical and Pharmaceutical Research*, 7(12), 905–912.
- Singh, H. P., Mahajan, P., Kaur, S., Batish, D. R., & Kohli, R. K. (2013). Chromium Toxicity And Tolerance In Plants. *Environmental Chemistry Letters*, 11(3), 229–254.
- Subhan, R., Shidiqi, F. M., Saptati, D. A. S., & Ismuyanto, B. (2022). Studi Model Adsorpsi Cr(VI) Menggunakan Karbon Aktif dari Tempurung Kelapa pada Sistem Kolom dengan Variasi Laju Alir. *Jurnal Rekayasa Bahan Alam Dan Energi Berkelanjutan*, 6(2), 1–6.
- Sunardi, Irawati, U., & Sybianti, N. R. (2012). Sintesis Dan Karakterisasi Komposit Kaolin-TiO₂ Sebagai Fotokatalis Untuk Degradasi Zat Warna Rhodamine B Synthesis. *Sains Dan Terapan Kimia*, 6(2), 118–129.
- Syauqiah, I., Amalia, M., & Kartini, H. A. (2011). Info Teknik, Volume 12 No. 1, Juli 2011. *Info Teknik*, 12(1), 11–20.
- Wang, J., & Guo, X. (2020). Adsorption Isotherm Models: Classification, physical meaning, application and solving method. *Chemosphere*, 258, 127279.
- Widwastuti, H., Bisri, C., & Rumhayati, B. (2019). Pengaruh Massa Adsorben dan Waktu Kontak terhadap Adsorpsi Fosfat menggunakan Kitin Hasil Isolasi dari Cangkang Udang. *Jurnal SENIATI*, 93–98.
- Yahya, M. D., Abubakar, H., Obayomi, K. S., Iyaka, Y. A., & Suleiman, B. (2020). Simultaneous And Continuous Biosorption Of Cr And Cu (II) Ions From Industrial Tannery Effluent Using Almond Shell In A Fixed Bed Column. *Results in Engineering*, 6(March), 100113.
- Yani, S. R., & R, Z. (2017). Aktivasi Tanah Napa Dan Pengaruhnya Terhadap Adsorpsi Ion Timbal (Ii)/Pb²⁺. *Chemistry Journal of State University of Padang*, 1–7.