

**PENGEMBANGAN *ION IMPRINTED POLYMER*
MICROSPHERES SEBAGAI ADSORBEN ION
LOGAM Cu(II) MENGGUNAKAN METODE
FOTOPOLIMERISASI**



Oleh:
ARYA DIVA YANA
NIM/TM. 22036120/2022

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

**PENGEMBANGAN *ION IMPRINTED POLYMER*
MICROSPHERES SEBAGAI ADSORBEN ION
LOGAM Cu(II) MENGGUNAKAN METODE
FOTOPOLIMERISASI**

SKRIPSI

Diajukan sebagai salah satu persyaratan guna memperoleh gelar Sarjana Sains



Oleh:

**ARYA DIVA YANA
NIM/TM. 22036120/2022**

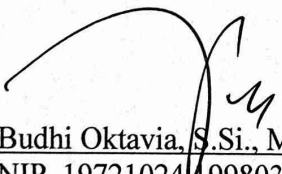
**PROGRAM STUDI KIMIA
DEPARTEMEN KIMIA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS NEGERI PADANG
2026**

PERSETUJUAN SKRIPSI
PENGEMBANGAN *ION IMPRINTED POLYMER MICROSPHERES*
SEBAGAI ADSORBEN ION LOGAM Cu(II) MENGGUNAKAN METODE
FOTOPOLIMERISASI

Nama : Arya Diva Yana
NIM : 22036120
Program Studi : Kimia
Departemen : Kimia
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Padang, Mei 2026

Mengetahui :
Kepala Departemen Kimia


Budhi Oktavia, S.Si., M.Si., Ph.D
NIP. 19721024199803 1 001

Disetujui Oleh :
Dosen Pembimbing


Alizar, S.Pd, M.Sc., Ph.D
NIP. 19700902 199801 1 002

PENGESAHAN LULUS UJIAN SKRIPSI

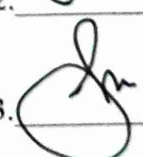
Nama : Arya Diva Yana
TM/NIM : 2022/22036120
Program Studi : Kimia
Departemen : Kimia
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

PENGEMBANGAN *ION IMPRINTED POLYMER MICROSPHERES* SEBAGAI ADSORBEN ION LOGAM Cu(II) MENGGUNAKAN METODE FOTOPOLIMERISASI

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

Padang, Mei 2026

Tim Penguji

No	Jabatan	Nama	Tanda Tangan
1	Ketua	Alizar, S.Pd, M.Sc., Ph.D	1. 
2	Anggota	Hary Sanjaya, S.Si., M.Si	2. 
3	Anggota	Dr. rer. nat. Jon Efendi, M.Si	3. 

SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertandatangan dibawah ini

Nama : Arya Diva Yana

NIM : 22036120

Tempat/Tanggal Lahir : Tabing / 29 Desember 2003

Program Studi : Kimia

Departemen : Kimia

Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Judul Skripsi : PENGEMBANGAN *ION IMPRINTED POLYMER*
MICROSPHERES SEBAGAI ADSORBEN ION

LOGAM Cu(II) MENGGUNAKAN METODE
FOTOPOLIMERISASI

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, Mei 2026
Yang Menyatakan



Arya Diva Yana
NIM. 22036120

**PENGEMBANGAN *ION IMPRINTED POLYMER MICROSPHERES*
SEBAGAI ADSORBEN ION LOGAM Cu(II) MENGGUNAKAN
METODE FOTOPOLIMERISASI**

Arya Diva Yana

ABSTRAK

Ion Imprinted Polymer Microspheres merupakan material polimer yang dirancang untuk mengikat ion logam target tertentu. Penelitian bertujuan dalam mensintesis IIP *Microspheres* Cu(II) dengan metode yang digunakan adalah metode fotopolimerisasi sebagai adsorben selektif logam berat Cu(II). Proses sintesis menggunakan $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ sebagai ion template, MAA sebagai monomer fungsional, EGDMA sebagai *crosslinker*, SDS sebagai inisiator dan DMPP sebagai inisiator. Karakterisasi dilakukan menggunakan instrumen FTIR dan SEM. Karakterisasi hasil FTIR menunjukkan adanya pita serapan gugus C=O pada $1711,85 \text{ cm}^{-1}$ untuk IIP *Microspheres* Cu(II), $1717,14 \text{ cm}^{-1}$ untuk NIP, $1698,10 \text{ cm}^{-1}$ untuk IIP *Microspheres* ekstraksi dan $1698,51 \text{ cm}^{-1}$ untuk IIP *Microspheres* adsorpsi yang menunjukkan adanya pergeseran gugus fungsi sehingga membentuk interaksi terhadap ion Cu(II) pada matriks polimer. Karakterisasi IIP *Microspheres* hasil ekstraksi pada SEM menunjukkan morfologi bulat, berpori dan beraturan. Kapasitas adsorpsi optimum dari perbandingan MAA:EGDMA, yaitu 15 mmol : 20 mmol, pada pH 6, waktu ekstraksi 60 menit, waktu kontak 60 menit dan konsentrasi Cu(II) 40 ppm dengan kapasitas adsorpsi optimum sebesar 3,3484 mg/g. Adsorpsi mengikuti model isoterm Langmuir dengan nilai koefisien determinan (R^2) adalah 0,9604 dan menunjukkan selektivitas yang terhadap Cu(II) jika dibandingkan dengan ion logam kompetitor.

Kata Kunci : *Ion Imprinted Polymer Microspheres*, Ion Cu(II), Fotopolimerisasi, Adsorpsi

DEVELOPMENT OF ION IMPRINTED POLYMER MICROSPHERES AS ADSORBENT FOR Cu(II) METAL IONS USING THE PHOTOPOLYMERIZATION METHOD

Arya Diva Yana

ABSTRACT

Ion Imprinted Polymer Microspheres are polymer materials designed to bind specific target metal ions. The research aims to synthesize IIP Microspheres Cu(II) with the method used is the photopolymerization method as a selective adsorbent of heavy metal Cu(II). The synthesis process uses $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ as an ion template, MAA as a functional monomer, EGDMA as a crosslinker, SDS as an initiator and DMPP as an initiator. Characterization was carried out using FTIR and SEM instruments. Characterization of FTIR results showed the presence of C=O group absorption bands at 1711.85 cm^{-1} for IIP Microspheres Cu(II), 1717.14 cm^{-1} for NIP, 1698.10 cm^{-1} for IIP Microspheres extraction and 1698.51 cm^{-1} for IIP Microspheres adsorption which indicates a shift in functional groups so that it forms an interaction with Cu(II) ions in the polymer matrix. The characterization of IIP Microspheres extracted from SEM showed a spherical, porous and regular morphology. The optimum adsorption capacity of the MAA:EGDMA ratio, which is 15 mmol: 20 mmol, at pH 6, extraction time of 60 minutes, contact time of 60 minutes and Cu(II) concentration of 40 ppm with an optimum adsorption capacity of 3.3484 mg/g. Adsorption follows the Langmuir isotherm model with a coefficient of determination (R^2) of 0.9604 and shows selectivity towards Cu(II) when compared to competing metal ions.

Keywords : *Ion Imprinted Polymer Microspheres*, Cu(II) Ions, Photopolymerization, Adsorption

KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT atas limpahan rahmat dan petunjuk-Nya sehingga skripsi yang berjudul **"Pengembangan *Ion Imprinted Polymer Microspheres* sebagai Adsorben Ion Logam Cu(II) menggunakan Metode Fotopolimerisasi"** dapat diselesaikan. Semoga shalawat serta salam senantiasa tercurah kepada Nabi Muhammad SAW, yang menjadi teladan dalam setiap langkah dan aktivitas kehidupan.

Skripsi ini disusun sebagai salah satu persyaratan untuk mendapatkan gelar Sarjana Sains di Program Studi Kimia, Departemen Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Padang. Penyusunan skripsi ini tidak akan terlaksana tanpa bantuan, bimbingan dan masukan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis mengucapkan apresiasi dan terima kasih atas semua dukungan dan bimbingan yang diberikan, kepada:

1. Bapak Alizar, S.Pd., M.Sc., Ph.D selaku Pembimbing Tugas Akhir yang telah memberikan bimbingan, masukan serta arahan hingga proposal penelitian ini selesai.
2. Ibu Melindra Mulia, M.Si selaku Penasehat Akademik.
3. Bapak Hary Sanjaya, S.Si., M.Si dan Bapak Dr.rer.nat. Jon Efendi, M.Si selaku Dosen Pembahas.
4. Bapak Budhi Oktavia, S.Si., M.Si., Ph.D selaku Kepala Departemen Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Padang.
5. Orang tua penulis, Ayahanda Yasman dan Ibu Irdyati yang selalu memberikan motivasi, dukungan serta doa kepada penulis dalam

penyelesaian hingga bisa sampai titik ini. Terima kasih sudah menjadi orang tua yang hebat.

6. Saudara-saudariku tercinta, Odtri, Yulianis dan Deni Putra terimakasih telah memberi support dan do'a untuk penulis, sehingga memberikan semangat dan energi baru pada penulis untuk terus bertahan serta berjuang.
7. Sahabat seperjuangan Vira, Naura, Dhea, Nissa, Tifa, Mutiara, Aysha dan Abel yang telah menjadi keluarga kedua di perantauan. Terima kasih telah memberikan warna dan menemani sehingga penulis bisa menyelesaikan skripsi ini.
8. Terakhir untuk diri saya sendiri yang telah melewati proses untuk menyelesaikan skripsi ini. Terima kasih sudah bertahan dan kuat untuk melangkah lebih maju hingga di titik ini walaupun lelah dan mengeluarkan air mata. Pada akhirnya, perjalanan ini menjadi bukti nyata pada diri sendiri yang layak untuk diapresiasi.

Penulis berharap skripsi ini dapat memberikan manfaat serta menambah pengetahuan dan wawasan bagi para pembaca. Untuk meningkatkan skripsi ini, penulis dengan rendah hati menyambut kritik membangun, masukan dan saran dari berbagai pihak. Atas semua kritik dan masukan yang diberikan, penulis menyampaikan rasa terima kasih.

Padang, 4 November 2025

Arya Diva Yana

DAFTAR ISI

ABSTRAK.....	i
ABSTRACT.....	ii
KATA PENGANTAR.....	iii
DAFTAR ISI	v
DAFTAR GAMBAR	vii
DAFTAR TABEL.....	ix
DAFTAR LAMPIRAN	x
BAB I PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang	1
B. Identifikasi Masalah	5
C. Batasan Masalah.....	5
D. Rumusan Masalah	6
E. Tujuan Penelitian.....	6
F. Manfaat Penelitian.....	6
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	7
A. Ion Logam Cu(II)	7
B. <i>Ion Imprinted Polymer Microspheres</i>	8
C. Adsorpsi	11
D. Fotopolimerisasi	14
E. Karakterisasi <i>Ion Imprinted Polymer Microspheres</i>	16
BAB III METODE PENELITIAN.....	20
A. Waktu dan Tempat.....	20
B. Objek Penelitian	20
C. Variabel Penelitian.....	20
D. Alat dan Bahan.....	20
E. Prosedur Kerja.....	21
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	
A. Sintesis IIP <i>Microspheres</i> -Cu(II)	27

B. Variasi Waktu Ekstraksi	32
C. Variasi Waktu Kontak	34
D. Variasi pH	35
E. Variasi Konsentrasi	36
F. Isoterm Adsorpsi	37
G. Selektivitas Adsorpsi IIP <i>Microspheres</i> -Cu(II)	38
H. Karakterisasi IIP <i>Microspheres</i> -Cu(II).....	42
BAB V PENUTUP	48
A. Kesimpulan	48
B. Saran	49
DAFTAR PUSTAKA	50
LAMPIRAN.....	57

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Skema Sintesis <i>Ion Imprinted Polymer</i> (IIP)	10
Gambar 2. Adsorpsi.....	11
Gambar 3. Proses Fotopolimerisasi	14
Gambar 4. Skema Kerja FTIR	16
Gambar 5. Skema Kerja AAS	18
Gambar 6. Skema Kerja SEM.....	19
Gambar 7. Perkiraan Reaksi Sintesis IIP <i>Microspheres</i> -Cu(II)	23
Gambar 8. Hasil Sintesis Variasi MAA.....	28
Gambar 10. Hasil Sintesis Variasi EGDMA	30
Gambar 11. Grafik Pengaruh Jumlah EGDMA Terhadap Kapasitas Adsorpsi Ion Cu(II) dengan MAA 15 mg/L	31
Gambar 12. Grafik Pengaruh Waktu Ekstraksi Terhadap Kapasitas Adsorpsi Ion Logam Cu(II)	33
Gambar 13. Grafik Pengaruh Waktu Kontak Terhadap Kapasitas Adsorpsi Ion Logam Cu(II)	34
Gambar 14. Grafik Pengaruh pH terhadap Kapasitas Adsorpsi IIP <i>Microspheres</i> Cu(II).....	35
Gambar 15. Grafik Pengaruh Konsentrasi terhadap Kapasitas Adsorpsi IIP <i>Microspheres</i> -Cu(II).....	36
Gambar 16. (a) Grafik Isoterm Langmuir (b) Grafik Isoterm Freundlich	38
Gambar 17. Grafik Uji Masing-masing Ion Logam.....	39
Gambar 18. Grafik Selektivitas Adsorpsi IIP <i>Microspheres</i> -Cu(II).....	40

Gambar 19. Hasil Analisa FTIR.....	42
Gambar 20. Hasil Karakterisasi SEM IIP <i>Microspheres</i> Ekstraksi.....	46
Gambar 21. Histogram Distribusi Ukuran Partikel pada IIP <i>Microspheres</i> -Cu(II)	46

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Perbandingan antara MAA dan EGDMA.....	22
Tabel 2. Interpretasi Spektra FTIR.....	43

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Desain Penelitian	57
Lampiran 2. Prosedur Kerja	58
Lampiran 3. Perhitungan	62
Lampiran 4. Data Spektrum FTIR IIP <i>Microspheres</i> -Cu(II).....	66
Lampiran 5. Data Spektrum FTIR NIP	67
Lampiran 6. Data Spektrum FTIR Ekstraksi IIP <i>Microspheres</i> -Cu(II).....	67
Lampiran 7. Data Spektrum FTIR Adsorpsi IIP <i>Microspheres</i> -Cu(II)	68
Lampiran 8. Data SEM	68
Lampiran 9. Data Hasil Pengukuran Penyerapan Ion Logam Cu(II).....	69
Lampiran 10. Dokumentasi Penelitian	75

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Industri di Nusantara saat ini terus meningkat seiring dengan kemajuan teknologi serta ilmu pengetahuan pada bidang industri pelapisan logam (elektroplating), pertambangan, produksi baterai dan industri tekstil (Pandia *et al.*, 2017). Perkembangan industri seperti industri tekstil ini dapat menimbulkan peningkatan jumlah limbah logam berat pada lingkungan sehingga berdampak negatif bagi makhluk hidup karena tidak bisa terurai langsung secara biologis dan bioakumulasi (Setiawan *et al.*, 2021). Limbah logam berat yang dihasilkan oleh industri tekstil berupa Pb^{2+} , Ag^+ , Cd^{2+} , Cr^{3+} dan Cu^{2+} merupakan limbah berbahaya apabila melebihi batas baku mutu limbah cair sehingga berpotensi beracun (Salamah *et al.*, 2025).

Tembaga (Cu) dapat terakumulasi membentuk ion Cu(II) namun dapat menyebabkan masalah yang serius, karena bersifat toksik dan beracun pada ekosistem perairan (Mishra, 2020). Menurut impor perdagangan internasional, limbah logam berat mencapai sekitar 748.792 kg dengan nilai US\$ 4.856,20 pada tahun 2023 (World Integrated Trade Solution, 2023). Batas kadar maksimum kandungan Cu(II) di limbah cair, yaitu 1,5 mg/L menurut World Health Organization (WHO) (Purwiandono, 2022). Namun, pada penelitian sebelumnya melaporkan bahwa air limbah tembaga mencapai konsentrasi 2,5 mg/L, dimana nilai konsentrasi ini melebihi ambang batas yang telah ditentukan (Liu *et al.*, 2023). Apabila berlebih, maka akan membahayakan kesehatan, seperti sakit perut, kerusakan hati,

gangguan otak bahkan kematian karena penghambatan reaksi metabolisme serta merusak kualitas air dan tanah. Oleh karena itu, limbah logam berat Cu(II) harus diolah sebelum di buang ke lingkungan (Khairnar & Gite, 2019).

Upaya mengatasi limbah yang terkontaminasi ion logam berat dalam perairan dengan beberapa cara, seperti biosorpsi, elektrolisis, pertukaran ion serta proses adsorpsi (Adriansyah *et al.*, 2018). Di antara cara tersebut, penggunaan adsorben padat untuk adsorpsi merupakan teknik yang efektif dalam penelitian ini, karena aman dari efek samping yang berbahaya serta efektif menghapus senyawa organik. Namun, adsorben padat memiliki keterbatasan, yaitu kurang selektivitas dan biaya yang tinggi (Anggriani *et al.*, 2021). Maka dari itu, diperlukan adsorben yang selektif dalam mengatasi pencemaran limbah logam berat terhadap ekosistem perairan. Salah satu alternatifnya, yaitu *Ion Imprinted Polymer Microspheres* karena memiliki tingkat selektivitasnya yang baik dan tinggi (Khairnar & Gite, 2019).

Ion Imprinted Polymer (IIP) adalah material polimer yang dirancang untuk mengikat ion logam target tertentu (Cejner, 2015). Polimer ini digunakan pada berbagai aplikasi, seperti sensor dan adsorpsi. Pada proses adsorpsi, IIP berperan dalam membentuk situs pengikatan pada ion logam berat maupun senyawa organik (Shamsipur & Besharati-Seidani, 2011). IIP mempunyai kelebihan, yaitu afinitas ion yang spesifik, stabil terhadap pH serta selektivitas yang tinggi. Selektivitasnya yang tinggi tergantung pada kemampuan ligan mengikat ion logam, muatan ionik dan ukuran ion.

Sintesis dengan *Ion Imprinted Polymer Microspheres* terjangkau serta daya simpan polimer yang lama dapat dijadikan pilihan yang efektif dalam pengolahan limbah cair (Setiawan *et al.*, 2025). Bentuk *Microspheres* memberikan luas permukaan lebih besar, ukuran partikel seragam, aksesibilitas tinggi terhadap situs aktif (Murat *et al.*, 2022). IIP *Microspheres* mampu mempercepat kinetika adsorpsi dan meningkatkan kapasitas adsorpsi ion logam target. IIP *Microspheres* bertujuan untuk memaksimalkan ion logam sebagai adsorben dengan selektivitas yang lebih baik.

Penelitian sebelumnya, sintesis *Ion Imprinted Polymer Microspheres* dikembangkan sebagai pengikat ion logam $\text{CuCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ sebagai *template*, (E)-2-hydroxy 5-((vinylphenyl)diazonyl)benzaldehyde sebagai monomer, Etilen Glikol Dimetrakilat (EGDMA) sebagai pengikat silang atau *crosslinker*, dan 2,2-diazobisisobutyronitrile sebagai inisiator. Sintesis dilakukan menggunakan metode polimerisasi dispersi. Polimerisasi dispersi adalah proses polimerisasi di mana monomer awalnya larut dalam pelarut, tetapi seiring dengan pertumbuhan rantai polimer yang menjadi tidak larut, polimer tersebut membentuk partikel padat yang terdispersi serta distabilkan oleh *stabilizer* kemudian menghasilkan partikel polimer. Metode polimerisasi dispersi mampu memproduksi IIP *Microspheres* dengan selektivitas yang tinggi terhadap Cu(II), akan tetapi terdapat beberapa kelemahan dalam proses sintesis karena terjadi di suhu yang tinggi, sehingga menyebabkan degradasi beberapa komponen yang mengakibatkan penurunan stabilitas dan kinerjanya, serta membutuhkan

waktu yang lama (Çolak *et al.*, 2024). Oleh karena itu, kelemahan dari metode polimerisasi dispersi ini menyebabkan adanya pembaruan pada penelitian menggunakan metode fotopolimerisasi.

Fotopolimerisasi merupakan metode yang bisa meminimalisir pada sisi pengikatan adsorben dan degradasi pada komponennya. Teknik ini banyak diaplikasikan karena memiliki beberapa keunggulan, seperti berlangsung dengan cepat, tidak memerlukan suhu tinggi (suhu ruang), lebih efisien dalam penggunaan energi, serta lebih ekonomis. Dalam penelitian sebelumnya, teknik fotopolimerisasi telah terbukti berhasil dalam pembentukan polimer konduktif yang berbasis polianilin (PANI) yang telah didoping dengan CuO, menghasilkan bahan dengan kemampuan konduktivitas listrik yang tinggi serta kestabilan pada struktur kimianya sangat baik (Wulandari *et al.*, 2023). Selain itu, teknik ini juga berhasil dalam sintesis *Molekuler Imprinted Polymer* (MIP) yang berbasis metilen biru, yang memiliki kapasitas adsorpsi tinggi serta kestabilan yang tinggi (Alizar *et al.*, 2025).

Penelitian mengenai pengembangan *Ion Imprinted Polymer Microspheres* yang berbasis ion logam Cu(II) menggunakan metode fotopolimerisasi masih sangat jarang dilakukan. Hal ini menunjukkan bahwa diperlukan penelitian berikutnya agar bisa menciptakan material IIP *Microspheres* yang dapat menyerap ion Cu(II) secara selektif melalui teknik sintesis yang efisien. Penerapan fotopolimerisasi dapat menghasilkan struktur *Microspheres* yang konsisten dan stabil, dengan ikatan yang jelas, sehingga dapat berfungsi sebagai adsorben yang mampu

menyerap limbah logam berat industri.

Berdasarkan latar belakang, peneliti memilih untuk mengambil judul **“Pengembangan *Ion Imprinted Polymer Microspheres* sebagai Adsorben Ion Logam Cu(II) Menggunakan Metode Fotopolimerisasi”**. Pada penelitian ini menggunakan tembaga (II) nitrat ($\text{Cu}(\text{NO}_3)_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$) sebagai molekul target (*template*), *Methacrylic Acid* (MAA) sebagai monomer fungsional, *Ethyhlene Glycol Dimethacrylate* (EGDMA) sebagai *crosslinker*, *Sodium Dodecyl Sulfate* (SDS) sebagai surfaktan dan *2,2-Dimethoxy-2-Phenylacetophenone* (DMPP) sebagai inisiator.

B. Identifikasi Masalah

Identifikasi masalah pada penelitian ini, yaitu:

1. Meningkatnya aktivitas industri yang menghasilkan limbah logam berat yang dapat membahayakan ekosistem, sehingga perlu adanya pengolahan limbah yang selektif.
2. Beberapa metode pengolahan limbah cair yang mengandung ion logam Cu(II), tetapi belum selektif dalam mengadsorpsi ion logam berat.

C. Batasan Masalah

Batasan masalah pada penelitian ini, yaitu:

1. Karakterisasi *Ion Imprinted Polymer Microspheres* ion logam Cu(II) dilakukan dengan menggunakan instrumen *Fourier Transform Infrared* (FTIR), *Atomic Absorption Spectroscopy* (AAS) dan *Scanning Electron Microscopy* (SEM).

D. Rumusan Masalah

Rumusan masalah pada penelitian ini, yaitu:

1. Bagaimana karakteristik *Ion Imprinted Polymer Microspheres* menyerap ion logam Cu(II)?
2. Bagaimana kondisi optimum penyerapan *Ion Imprinted Polymer Microspheres* pada ion logam Cu(II)?

E. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini, yaitu:

1. Menentukan karakterisasi hasil sintesis *Ion Imprinted Polymer Microspheres* terhadap penyerapan ion logam Cu(II).
2. Menentukan kondisi optimum daya serap *Ion Imprinted Polymer Microspheres* terhadap penyerapan ion logam Cu(II).

F. Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini, yaitu:

1. Menambah informasi mengenai sintesis *Ion Imprinted Polymer Microspheres* dengan metode fotopolimerisasi yang digunakan sebagai adsorben ion logam Cu(II).
2. Sebagai referensi serta acuan untuk penelitian berikutnya.

BAB V

PENUTUP

A. Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa:

1. Karakterisasi IIP *Microspheres*-Cu(II) yang dianalisis menggunakan FTIR dan SEM. Hasil dari analisis dengan FTIR menunjukkan keberhasilan pembentukan interaksi spesifik antara ion Cu(II) dan pergeseran gugus fungsional dalam matriks IIP, dibuktikan dengan adanya pita vibrasi C=O pada 1711,85 cm⁻¹ untuk IIP *Microspheres*-Cu(II), 1717,14 cm⁻¹ untuk NIP, 1698,10 cm⁻¹ untuk ekstraksi IIP *Microspheres* serta 1698,51 cm⁻¹ untuk adsorpsi IIP *Microspheres*. Hasil SEM menunjukkan morfologi permukaan IIP *Microspheres* berpori dengan bentuk yang bulat setelah ekstraksi, menandakan keberhasilan pembentukan rongga spesifik ion Cu(II).
2. Kondisi optimum kapasitas penyerapan pada IIP *Microspheres*-Cu(II), yaitu pada perbandingan jumlah 15 mmol MAA : 20 mmol EGDMA pada waktu ekstraksi 60 menit dan waktu kontak selama 60 menit dengan pH optimum 6 serta konsentrasi 40 ppm dan kapasitas adsorpsi sebesar 3,3484 mg/g.

B. Saran

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, saran untuk penelitian selanjutnya, yaitu:

1. Dalam sintesis *Ion Imprinted Polymer Microspheres* perlu dilakukan penambahan ligan agar dapat meningkatkan kestabilan kompleks antara ion logam Cu(II) dan monomer fungsional serta memperkuat tingkat selektivitas polimer ion Cu(II).

DAFTAR PUSTAKA

- Abdullah, A., & Mohammed, A. (2019). Scanning Electron Microscopy (SEM): A Review. *Proceedings of 2018 International Conference on Hydraulics and Pneumatics - HERVEX*, 77–85.
- Adriansyah, R., Novta Restiasih, E., & Meileza, N. (2018). Biosorpsi Ion Logam Berat Cu(II) Dan Cr(VI) Menggunakan Biosorben Kulit Kopi Terxanthasi. *Jurnal Pendidikan Dan Ilmu Kimia*, 2(2), 114–121.
- Afandy, M. A., & Sawali, F. D. I. (2024). Studi Isotherm Adsorpsi Cu(Ii) Dalam Larutan Menggunakan Zeolit Teraktivasi. *Jurnal Teknologi Kimia Mineral*, 3(1), 25–32. <https://doi.org/10.61844/jtkm.v3i1.755>
- Al-amin, K., & Bhuiyan, R. (2025). Nanoscale Advances Fourier transform infrared spectroscopic technique for analysis of inorganic materials: a review. *Nanoscale Advances*, 7, 6677–6702. <https://doi.org/10.1039/d5na00522a>
- Alfanaar, R., Yuniati, Y., & Rismiarti, Z. (2017). Studi Kinetika Dan Isoterm Adsorpsi Besi (Iii) Pada Zeolit Alam Dengan Bantuan Gelombang Sonikasi. *EduChemia (Jurnal Kimia Dan Pendidikan)*, 2(1), 63–72.
- Alifaturrahma, P., & Hendriyanto, O. (2018). Pemanfaatan Kulit Pisang Kepok Sebagai Adsorben Untuk Menyisihkan Logam Cu. *Jurnal Envirotek*, 8(2).
- Alizar, U., Djaha, N. A., Mawardi, Suryani, O., Dewata, I., Safitri, E., Hidayat, N., Hanifah, S. A., & R. A. Hassan. (2025). *Synthesis And Characterization Of Molecularly Imprinted Synthesis And Characterization Of Molecularly Imprinted Polymers (MIPs) As Adsorbents For. January*. <https://doi.org/10.31788/RJC.2025.1819126>
- Alizar, U., Veren, S. V. J. S., & Aini, S. (2021). *Synthesis of Conducting Polyaniline with Photopolymerization Method and Characterization Synthesis of Conducting Polyaniline with Photopolymerization Method and Characterization*. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1788/1/012004>
- Aljaddani, H., & Gatica, S. M. (2021). *Selective Adsorption of Gases on Gold and Graphene Nanoribbons on Graphite. July 2019*. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.28851.55840>
- Ameilia, A., Rajfan, R., Aisha, N., & Aulia, S. (2021). Identifikasi Polimer Tekstil. *Jurnal Teknologi Rekayasa Proses*, 1(1), 1–28.
- Amin, S., & Rahmi, S. M. (2025). Molecularly Imprinted Polymers Di Indonesia: Sintesis, Karakterisasi, Dan Aplikasinya Dalam Bidang Farmasi Dan Lingkungan. *Journal of Public Health Science (JoPHS)*, 2(2), 204–211.
- Andrzejewska, E. (2001). Photopolymerization Kinetics Of Multifunctional Monomers. *Progress in Polymer Science*, 26, 605–665.
- Anggraini, N., Agustina, T. E., & Hadijah, F. (2022). Pengaruh pH dalam Pengolahan Air Limbah Laboratorium Dengan Metode Adsorpsi untuk

- Penurunan Kadar Logam Berat Pb, Cu, dan Cd. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 20(2), 345–355. <https://doi.org/10.14710/jil.20.2.345-355>
- Anggriani, U. M., Hasan, A., & Purnamasari, I. (2021). Kinetika Adsorpsi Karbon Aktif dalam Penurunan Konsentrasi Logam Tembaga (Cu) dan Timbal (Pb). *Jurnal Kinetika*, 12(02), 29–37. <https://jurnal.polsri.ac.id/index.php/kimia/index>
- Anggriawan, A., Atwanda, M. Y., Lubis, N., & Fathoni, R. (2019). Kemampuan Adsorpsi Logam Berat Cu Dengan Menggunakan Adsorben Kulit Jagung (Zea Mays). *Jurnal Chemurgy*, 3(2), 27. <https://doi.org/10.30872/cmng.v3i2.3581>
- Antonio, L., Castillo, M., Modesto T.Lopez-lopez, & Fernandez-ramos, M. D. (2024). Theoretical formulation of the distribution function of critical nuclei under precipitation polymerization conditions. *Polymer*, 285(July 2023), 126320. <https://doi.org/10.1016/j.polymer.2023.126320>
- Aprilia, S., Koriyanti, E., Monado, F., & Royani, I. (2020). Pengaruh Milling Terhadap Karakteristik Molecularly Imprinted Polymer Karbaril (C₁₂H₁₁NO₂). *Journal of Physics*, 5(2), 1–5.
- Arera, L. I. R. I. H., Udiarti, T. E. T. Y. S., & Ulandari, D. A. N. M. E. W. (2015). *S Intesis C U (Ii) - I Mprinted P Olymers Untuk E Kstraksi F Asa P Adat Dan P Rakonsentrasi I on T Embaga (Ii) Dengan L Igan P Engkhelat 4- (2-P Yridylazo) R Ecorcinol*. 2(1).
- Assegaf, M. H., Rosyani, & Alamsyah, Z. (2023). Studi Isotherm Langmuir dan Freundlich pada Adsorpsi Logam Berat Fe (II) Menggunakan Abu POFA Teraktivasi. *Jurnal Pembangunan Berkelanjutan*, 6(2), 69–79
- Butar, M. B., & Sianita, M. M. (2022). The Effect Of Crosslinker Amount On The Synthesis Of Molecularly Imprinted Polymer (Mip) Toward Adsorption Capability Of Cloramphenicol. *UNESA Journal of Chemistry*, 11(1), 18–25.
- Cahyono, H. B., & Yuliasuti, R. (2020). Pemanfaatan Limbah Cair Industri Pcb Sebagai Larutan Elektrolit Copper Plating. *Jurnal Riset Teknologi Industri*, 14(1), 27. <https://doi.org/10.26578/jrti.v14i1.5551>
- Cajamarca, F. A. (2022). Influence of Synthesis Parameters and Polymerization Methods on the Selective and Adsorptive Performance of Bio-Inspired Ion Imprinted Polymers. *Separation*, 9(10), 266. <https://doi.org/10.3390/separations9100266>
- Cejner, M., & Dobrowolski, R. (2015). Ion-imprinted polymers: synthesis, characterization and applications. *Annales, LXX(2)*, 67–85.
- Çolak, S., Kılıçaslan, D., & Karabörk, M. (2024). Synthesis of Metal Ion Imprinted Microspheres and Investigation of Their Detection Performance Against Some Metal Ions by ICP-OES. *Hacettepe Journal of Biology and Chemistry*, 52(1), 41–54.
- Colombo, J., & Yogyakarta, N. (2013). Penggunaan Metode Presipitasi Untuk Menurunkan Kadar Cu Penggunaan Metode Presipitasi Untuk Menurunkan

Kadar Cu Dalam Limbah Cair Industri Perak Di Kotagede. *Jurnal Penelitian Saintek*, 18, 51–58.

- Dakova, I., Karadjova, I., Ivanov, I., Georgieva, V., Evtimova, B., & Georgiev, G. (2007). Solid phase selective separation and preconcentration of Cu (II) by Cu (II) -imprinted polymethacrylic microbeads. *Analytica Chimica Acta*, 584, 196–203. <https://doi.org/10.1016/j.aca.2006.10.050>
- Dam, H. A., & Kim, D. (2009). Selective Copper (II) Sorption Behavior of Surface-Imprinted Core - Shell-Type Polymethacrylate Microspheres. *Industrial & Engineering Chemistry Research*, 48(12), 5679–5685. <https://doi.org/10.1021/ie801321d>
- Daniel S Bath, Jenal M Siregar, & M Turmuzi Lubis. (2012). Penggunaan Tanah Bentonit Sebagai Adsorben Logam Cu. *Jurnal Teknik Kimia USU*, 1(1), 1–4. <https://doi.org/10.32734/jtk.v1i1.1396>
- Fairulnizal, M. N. M., Vimala, B., Rathi, D. N., & Naeem, M. N. M. (2019). 9 - Atomic absorption spectroscopy for food quality evaluation. In *Evaluation Technologies for Food Quality*. Elsevier Inc. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-814217-2.00009-3>
- Fouassier, J. P., Allonas, X., & Burget, D. (2003). *Photopolymerization reactions under visible lights : principle , mechanisms and examples of applications*. 47, 16–36. [https://doi.org/10.1016/S0300-9440\(03\)00011-0](https://doi.org/10.1016/S0300-9440(03)00011-0)
- Fu, J., Chen, L., Li, J., & Zhang, Z. (2015). Current status and challenges of ion imprinting. *Journal of Materials Chemistry A: Materials for Energy and Sustainability*, 3(June), 13598–13627. <https://doi.org/10.1039/C5TA02421H>
- Ge, Y., Huang, Z., & Zhu, Z. (2012). Selective Solid-Phase Extraction of Cd (II) by an Ion-Imprinted Polymer from Environmental Samples. *Asian Journal of Chemistry*, 24(8), 3661–3664.
- Gong, Y., Chen, X., & Wu, W. (2024). Application of fourier transform infrared (FTIR) spectroscopy in sample preparation: Material characterization and mechanism investigation. *Advances in Sample Preparation*, 11(June). <https://doi.org/10.1016/j.sampre.2024.100122>
- Hayu, L. D. R., Nasra, E., Azhar, M., & Etika, S. B. (2021). Adsorpsi Zat Warna Methylene Blue Menggunakan Karbon Aktif dari Kulit Durian (*Durio zibethinus Murr.*). *Chemistry Journal of Universitas Negeri Padang*, 10(2), 8–13.
- Ibadat, N. F., Ongkudon, C. M., Saallah, S., & Misson, M. (2021). Synthesis and Characterization of Polymeric Microspheres Template for a Homogeneous and Porous Monolith. *Polymers*, 13(21), 3639. <https://doi.org/10.3390/polym13213639>
- Inkson, B. J. (2016). Scanning electron microscopy and transmission electron microscopy for materials characterization. In *Materials Characterization Using Nondestructive Evaluation (NDE) Methods*. Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-100040-3.00002-X>

- Jadhav, P. S. (2022). Microsphere. *International Journal of Pharmaceutical Research and Applications*, 7(3), 1694–1701. <https://doi.org/10.35629/7781-070316941701>
- Kedir, J., Shimelis, E., Oumer, A., Park, S., Gwon, S., Yang, B., & Kim, G. M. (2025). Application of FTIR , Raman , and TGA in carbonation of cementitious materials : A review. *Journal of Building Engineering*, 114(July), 114228. <https://doi.org/10.1016/j.jobbe.2025.114228>
- Khairnar, N. A., & Gite, V. V. (2019). Selective solid-phase extraction of trace copper ions in an aqueous solution using ion-imprinted polymer. *Materials Today: Proceedings*, 29, 807–814. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2020.04.755>
- Kupai, J., Razali, M., Buyuktiryaki, S., Kecili, R., & Szekely, G. (2017). Long-term Stability and Reusability of Molecularly Imprinted Polymers. *Polymer Chemistry*, 8(4), 666–673. <https://doi.org/10.1039/c6py01853j>
- Kuras, M. J., & Więckowska, E. (2015). Synthesis and characterization of a new copper(II) ion-imprinted polymer. *Polymer Bulletin*, 72(12), 3227–3240. <https://doi.org/10.1007/s00289-015-1463-8>
- Kusumkar, V. V., Galamboš, M., Viglašov, E., & Da, M. (2021). Ion-Imprinted Polymers: Synthesis, Characterization, and Adsorption of Radionuclides. *Materials*, 14(5), 1083. <https://doi.org/10.3390/ma14051083>
- Lazar, M. M., Ghiorghita, C., Dragan, E. S., Humelnicu, D., & Dinu, M. V. (2023). Ion-Imprinted Polymeric Materials for Selective Adsorption of Heavy Metal Ions from Aqueous Solution. *Molecules*, 28(6), 2798. <https://doi.org/10.3390/molecules28062798>
- Li, J., & Cheng, H. (2020). Ion-imprinted modified molecular sieves show the efficient selective adsorption of chromium (VI) from aqueous solutions. *Royal Society of Chemistry Advances*, 10, 43425–43431. <https://doi.org/10.1039/d0ra08501d>
- Liu, H., Kong, D., Sun, W., Li, Q., Zhou, Z., & Ren, Z. (2016). Effect of anions on the polymerization and adsorption processes of Cu (II) ion-imprinted polymers. *Chemical Engineering Journal*. <https://doi.org/10.1016/j.cej.2016.06.004>
- Liu, Y., Wang, H., Cui, Y., & Chen, N. (2023). Removal of Copper Ions from Wastewater : A Review. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 20(5), 3885. <https://doi.org/10.3390/ijerph20053885>
- Mabaso, N. B., & Nomngongo, P. N. (2024). Heavy Metals in Various Matrices. *Processes*, 12(8), 1601. <https://doi.org/10.3390/pr12081601>
- Maniar, V., Kalsara, K., & Upadhyay, U. (2023). A Review of Ftir-An Useful Instrument. *International Journal of Pharmaceutical Research and Applications*, 8(1), 2486. <https://doi.org/10.35629/7781-080124862490>
- Masruroh, S., & Purnomo, T. (2023). Analisis Kandungan Logam Berat Tembaga

- (Cu) pada Tumbuhan Akuatik sebagai Indikator Pencemaran di Sungai Brantas Mojokerto. *LenteraBio : Berkala Ilmiah Biologi*, 13(1), 131–140. <https://doi.org/10.26740/lenterabio.v13n1.p131-140>
- Mishra, S., & Tripathi, A. (2020). Selective solid phase extraction and pre-concentration of Cu(II) ions from aqueous solution using Cu(II)-Ion Imprinted Polymeric beads. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, 8(2), 103656. <https://doi.org/10.1016/j.jece.2020.103656>
- Msaadi, R., Yilmaz, G., Allushi, A., Hamadi, S., Ammar, S., Chehimi, M. M., & Yagci, Y. (2019). Highly selective copper ion imprinted clay/polymer nanocomposites prepared by visible light initiated radical photopolymerization. *Polymers*, 11(2), 1–19. <https://doi.org/10.3390/polym11020286>
- Murat, A., Wang, L., Abliz, S., & Yimit, A. (2022). Preparation, Characterization of Cd(II) Ion-Imprinted Microsphere and Its Selectivity for Template Ion. *Coatings*, 12(8), 1038. <https://doi.org/10.3390/coatings12081038>
- Naat, J. N., Kefi, L. G., & Lawa, Y. (2021). pH dan Waktu Kontak Adsorpsi Ion Logam Cu (II) menggunakan dsorben Silika yang Bersumber dari Pasir Alam Takari. *Jurnal Beta Kimia*, 1(1), 42–50
- Nishchaya, K., Kumar, V., & Bansode, H. (2023). Methacrylic acid as a potential monomer for molecular imprinting : A review of recent advances. *Results in Materials*, 18, 100379. <https://doi.org/10.1016/j.rinma.2023.100379>
- Orowitz, T. E., Sombo, P. P. A. A. A., Rahayu, D., & Hasanah, A. N. (2020). Microsphere Polymers in Molecular Imprinting: Current and Future Perspectives. *Molecules*, 25(14), 3256. <https://doi.org/10.3390/molecules25143256>
- Pandia, S., Ferdiyansyah, M., & Maihendra, F. (2017). Pembuatan Adsorben Dari Kulit Batang Jambu Biji (*Psidium guajava* L.) Untuk Menjerap Logam Tembaga (Cu) Dan Nikel (Ni) Pada Limbah Cair Industri Pelapisan Logam Production Of Adsorbent From Guava Bark (*Psidium guajava* L.) To Adsorp Copper (Cu) And Nickel (Ni). *Jurnal Teknik Kimia USU*, 6(4), 34–40.
- Pasieczna-Patkowska, S., Cichy, M., & Flieger, J. (2025). Application of Fourier Transform Infrared (FTIR) Spectroscopy in Characterization of Green Synthesized Nanoparticles. *Molecules*, 30(3), 1–36. <https://doi.org/10.3390/molecules30030684>
- Paudel, S., Kumar, S., & Mallik, A. (2021). EPRA International Journal of Research and Development (IJRD) Atomic Absorption Spectroscopy: A Short Review. *EPRA International Journal of Research and Development (IJRD)*, 6(9), 322–327. <https://doi.org/10.36713/epra2016>
- Podkościelna, B., Wawrzekiewicz, M., Goliszek, M., & Lipke, A. (2022). Synthesis and characterization of new polymer sorbents based on EGDMA and cellulose. *Physicochemical Problems of Mineral Processing*, 58(2). <https://doi.org/10.37190/ppmp/147466>

- Pratama, D. A. (2017). Efektivitas Ampas Teh Sebagai Adsorben Alternatif Logam Fe Dan Cu Pada Air Sungai Mahakam. *Jurnal Integrasi Proses*, 6(3), 131–138. <https://doi.org/10.36055/jip.v6i3.1560>
- Pujiastuti, C., Panjaitan, L., & Putri, M. S. (2023). Selektivitas Ion Dan Pengaruh Tinggi Resin Pada Penurunan Kandungan Logam Pb Dan Cu Pada Limbah Ion Exchange. *Seminar Nasional Teknik Kimia Soebardjo Brotohardjono XIX*, 119–123.
- Purnawan, C., Martini, T., & Rini, I. P. (2018). Sintesis dan Karakterisasi Silika Abu Ampas Tebu Termodifikasi Arginin sebagai Adsorben Ion Logam Cu (II) terhadap ion logam Cu (II) disebabkan oleh rendahnya kemampuan oksigen (silanol dan. *ALCHEMY Jurnal Penelitian Kimia*, 14(2), 333–348. <https://doi.org/10.20961/alchemistry.14.2.19512.333-348>
- Purwiandono, G., & Ibrahim, S. (2022). Adsorpsi Logam Cu(II) Menggunakan Adsorben Kulit Buah Salak Teraktivasi HNO₃. *Indonesian Journal of Chemical Research*, 7(1), 1–7. <https://doi.org/10.20885/ijcr.vol7.iss1.art1>
- Putra, F. P. S., & Munasir. (2026). Sintesis Dan Karakterisasi ZnO-Cu Menggunakan Ekstrak Kulit Jeruk Manis. *Jurnal Inovasi Fisika Indonesia*, 15, 115–121.
- Rizkyi, I. P., Budi, E., & Susilaningsih, E. (2016). Aktivasi Arang Tongkol Jagung Menggunakan HCl Sebagai Adsorben Ion Cd (II). *Indonesian Journal of Chemical Science*, 5(2).
- Sadat, R., Cata, N. M., Bazan, C., Zendehboudi, S., & Albayati, T. M. (2023). Heliyon Adsorption of copper from water using TiO₂ -modified activated carbon derived from orange peels and date seeds : Response surface methodology optimization. *Heliyon*, 9(11), e21420. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e21420>
- Safitri, N., Ulianas, A., Beri, D., Hanifah, S. A., Hassan, R. A., Aini, S., & Tan, L. L. (2026). Design of smart ion-selective membranes based on ion-imprinted polymers (IIPs) using photopolymerization method for cadmium ion (Cd²⁺) adsorption. *Journal of Polymer Engineering*, 1–10. <https://doi.org/10.1515/polyeng-2025-0224>
- Salamah, S., Eka, T., Mufandi, I., & Prizki, Z. (2025). Valorization of oil palm fiber waste into mesoporous silica for selective removal of heavy metals from industrial wastewater. *Cleaner Waste Systems*, 12(June), 100401. <https://doi.org/10.1016/j.clwas.2025.100401>
- Setiawan, A., Basyiruddin, F., & Dermawan, D. (2019). Biosorpsi Logam Berat Cu(II) Menggunakan Limbah Saccharomyces Cerevisiae. *Jurnal Presipitasi : Media Komunikasi Dan Pengembangan Teknik Lingkungan*, 16(1), 29. <https://doi.org/10.14710/presipitasi.v16i1.29-35>
- Setiawan, A., Bawafi, M. I. A., Ramadani, T. A., & Santiasih, I. (2021). Sintesis Karbon Aktif Limbah Lumpur Aktif Industri Gula sebagai Adsorben Limbah Logam Berat Cu(II). *Teknik*, 42(1), 316–324.

<https://doi.org/10.14710/teknik.v42i3.36031>

- Setiawan, R., Royani, I., Koriyanti, E., Satya, O. C., Ariani, M., Studi, P., Sains, M., Sriwijaya, U., Fisika, J., & Sriwijaya, U. (2025). Analisis ion imprinted polymer (IIPs) dengan variasi konsentrasi PVA/Gelatin sebagai nanofiber NF-IIPs Pb(II) disintesis menggunakan metode electrospinning. *Jurnal Penelitian Sains*. 27(Ii), 8–11.
- Shamsipur, M., & Besharati-Seidani, A. (2011). Synthesis of a novel nanostructured ion-imprinted polymer for very fast and highly selective recognition of copper(II) ions in aqueous media. *Reactive and Functional Polymers*, 71(2), 131–139. <https://doi.org/10.1016/j.reactfunctpolym.2010.11.002>
- Soni, D., Hasanah, A. N., Padjadjaran, U., Raya, J., & Sumedang, B. (2018). Selection of Functional Monomers on Diazepam Molecularly Imprinted Polymer (MIP) with Computational Techniques Pemilihan Monomer Fungsional pada Molecularly Imprinted Polymer (MIP) Diazepam dengan Teknik Komputasi. *Jurnal Ilmiah Farmako Bahari*, 9(2), 1–15.
- Sugito, S., & Marliyana, S. D. (2021). Uji Performa Spektrofotometer Serapan Atom Thermo Ice 3000 Terhadap Logam Pb Menggunakan CRM 500 dan CRM 697 di UPT Laboratorium Terpadu UNS. *Indonesian Journal of Laboratory*, 4(2), 67. <https://doi.org/10.22146/ijl.v4i2.67438>
- Suyati, L., Rukmi, P. A., & Salsabila, S. (2025). Sintesis dan Karakterisasi CuO sebagai Fotokatalis untuk Degradasi Methylene Blue dan Methyl Orange. *Journal of Environmental Chemistry*, 5(2).
- Thach, U. D., Do, M. H., Nguyen, C., & Kumar, U. (2026). Ciprofloxacin-Imprinted Polymers : Synthesis , Characterization , and Applications. *Polymers*, 18, 1–31.
- Wang, L., Li, J., Wang, J., Guo, X., Wang, X., Choo, J., & Chen, L. (2019). Green multi-functional monomer based ion imprinted polymers for selective removal of copper ions from aqueous solution. *Journal of Colloid And Interface Science*, 541, 376–386. <https://doi.org/10.1016/j.jcis.2019.01.081>
- Widayatno, T., Yuliawati, T., Susilo, A. A., Studi, P., Kimia, T., Teknik, F., & Muhammadiyah, U. (2017). Adsorpsi Logam Berat (Pb) dari Limbah Cair dengan Adsorben Arang Bambu Aktif. *Jurnal Teknologi Bahan Alam*, 1(1), 17–23.
- WITS World Bank. (2023). *Indonesian Waste and Scaro, Copper or Copper Alloy Imports By Country*.
- Wulandari, S., Alizar, U., Nizar, U. K., Isa, I. M., Norlaili, A. B., & Tan, L. L. (2023). A Photocurable Method For Copper (II) Oxide- Doped Polyaniline Conducting Polymer Membrane Synthesis. *Rasayan Journal Chemistry* 16(3), 1271–1277.
- Zhang, R., & Gao, R. (2022). Precipitation Polymerization : A Powerful Tool for Preparation of Uniform Polymer Particles. *Polymers*, 14(9), 1851.