

Optimasi Fabrikasi Membran *Nanofiber* IIPs-Fe (III) Material Cerdas *Ion Imprinted Polymers* Sebagai Adsorben Fe³⁺ Dengan Metode *Electrospinning*

SKRIPSI

**Sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
Sarjana Sains Program Studi Fisika**



Disusun Oleh:

Niko Adi Alvredo Nababan

080212819240752

JURUSAN FISIKA

**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU
PENGETAHUAN ALAM UNIVERSITAS SRIWIJAYA**

2023

LEMBAR PENGESAHAN

Optimasi Fabrikasi Membran *Nanofiber* IIPs-Fe (III) Material Cerdas *Ion Imprinted Polymers* Sebagai Adsorben Fe^{3+} Dengan Metode *Electrospinning*

**Proposal Tugas Akhir
Bidang Studi Fisika FMIPA**

Oleh:

Niko Adi Alvredo Nababan

08021281924075

Indralaya, Juli 2023

Menyetujui,

Pembimbing I



Dr. Idha Rovani, S.Si, M.Si.

NIP. 197105151999032002

Pembimbing II

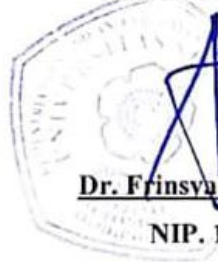
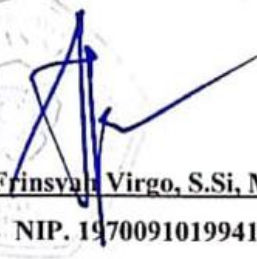


Dra. Jorena Bangun, M.Si.

NIP.196405101991022001

Mengetahui

Ketua Jurusan Fisika



Dr. Frinsyah Virgo, S.Si, M.T.

NIP. 197009101994121001

HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS

Saya yang bertanda tangan dibawah ini, Mahasiswa Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sriwijaya:

Nama : Niko Adi Alvredo Nababan

NIM : 08021281924075

Judul TA : Optimasi Fabrikasi Membran *Nanofiber* IIPs-Fe(III) Material Cerdas
Ion Imprinted Polymers Sebagai Adsorben Fe^{3+} Dengan Metode
Electrospinning

Menyatakan bahwa Skripsi saya merupakan hasil karya sendiri yang didampingi oleh dosen pembimbing dalam proses penyelesaiannya serta mengikuti etika penulisan karya ilmiah tanpa adanya tindakan plagiat, sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Sains di program studi Fisika FMIPA Universitas Sriwijaya.

Demikian pernyataan ini dibuat dengan sebenar-benarnya tanpa ada paksaan dari pihak manapun. Apabila dikemudian hari ditemukan adanya unsur plagiat dalam skripsi ini, maka, saya siap bertanggung jawab secara akademik dan menjalani proses hukum yang telah ditetapkan.

Indralaya, Juli 2023

Yang menyatakan



Niko Adi Alvredo Nababan

NIM.08021281924075

HALAMAN PERSEMBAHAN

Bukan karna kekuatan dan kepintaran yang pada akhirnya mengantarkan saya untuk menyelesaikan tulisan ini. Namun, penulis meyakini Iman (Kepercayaan akan hak prerogatif sang pencipta, ketekunan, disiplin dan kerendahan hati) telah mengantarkannya dalam menyelesaikan Skripsi ini.

“Iman adalah dasar dari segala sesuatu yang kita harapkan dan bukti dari segala sesuatu yang tidak kita lihat”

-Ibrani 11:1

“Aq̄e Quod agis, Aquila Non Capit Muscas”

“Lakukanlah apa yang harus kamu lakukan karena seekor elang tidak akan pernah menangkap serangga”

-Penulis

Dengan rasa syukur yang mendalam Skripsi ini kupersembahkan kepada:

- Kedua orang tuaku, Ibu Roida Manurung dan Bapak Arinson Nababan
- Saudara-saudara ku Jimmi Nababan, Hendra Nababan dan Sonia Nababan
- Dosen Jurusan Fisika
- Teman-teman Squad Material
- Penghuni Kamar 225
- Almamaterku

Optimasi Fabrikasi Membran *Nanofiber* IIPs-Fe(III) Material *Cerdas Ion Imprinted Polymers* Sebagai Adsorben Fe³⁺ Dengan Metode *Electrospinning*

Oleh:

Niko Adi Alvredo Nababan

08021281924075

ABSTRAK

Penelitian dan pengembangan telah dilakukan untuk mengatasi permasalahan pencemaran logam berat pada lingkungan perairan dengan menggunakan metode adsorpsi. Namun, adsorben saat ini yang digunakan untuk mengadsorpsi logam berat memiliki tingkat selektivitas dan sensitivitas yang rendah. Sehingga penelitian ini fokus untuk melakukan pengembangan adsorben *Nanofiber* IIPs-Fe³⁺ yang disintesis dengan variasi jarak jarum terhadap kolektor *electrospinning*. Berdasarkan hasil karakterisasi dan analisis SEM yang dilakukan peneliti mendapatkan sebaran distribusi pori pada permukaan material NF-IIPs-Fe³⁺ di skala 20-100 nm masing-masing pada jarak 10 dan 15 cm sebanyak 2781 dan 2711 pori. Dan pada saat dilakukan uji kinerja material sebanyak 100 mg terhadap larutan uji dengan konsentrasi 30 ppm pada 40 mL didapatkan nilai kapasitas adsorpsi NF-IIPs-Fe³⁺ dengan jarak 10 dan 15 cm sebanyak 11,6 mg/g dan 11,47 mg/g. Sintesis serat nanofiber dengan jarak jarum yang optimal mendapatkan lapisan serat yang lebih tebal serta memiliki distribusi pori yang lebih merata sehingga mampu meningkatkan nilai kapasitas adsorpsi analit.

Kata kunci: IIPs, *Nanofiber* IIPs-Fe³⁺, *Cooling-Heating*, *Electrospinning* dan Adsorpsi

Indralaya, Juli 2023

Menyetujui,

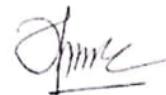
Pembimbing I



Dr. Idha Royani, S.Si, M.Si.

NIP. 197105151999032002

Pembimbing II



Dra. Jorena Bangun, M.Si.

NIP.196405101991022001

Mengetahui

Ketua Jurusan Fisika

Dr. Frinsyah Virgo, S.Si, M.T.

NIP. 197009101994121001

Optimization Of Nanofiber Membranes Preparation Of Iips-Fe(III) Smart Materials As Fe³⁺ Adsorbent By The Electrospinning Method

Oleh:

Niko Adi Alvredo Nababan

08021281924075

ABSTRACT

Research and development have been conducted to address heavy metal pollution in aquatic environments using adsorption methods. However, the current adsorbents used for heavy metal adsorption have low selectivity and sensitivity. Thus, this study focuses on developing Nanofiber IIPs-Fe³⁺ adsorbents synthesized with variations in the needle-to-collector distance during electrospinning. Based on the characterization and SEM analysis results, the researchers observed a pore distribution on the surface of the NF-IIPs-Fe³⁺ material in the range of 20–100 nm, with 2781 and 2711 pores for needle-to-collector distances of 10 cm and 15 cm, respectively. During the performance test of the material, using 100 mg of NF-IIPs-Fe³⁺ with a test solution of 30 ppm in 40 mL, the adsorption capacity values for distances of 10 cm and 15 cm were 11.6 mg/g and 11.47 mg/g, respectively. Synthesizing nanofiber with the optimal needle-to-collector distance resulted in thicker fiber layers and a more uniform pore distribution, consequently enhancing the adsorption capacity of the analyte.

Keyword: IIPs, Nanofiber IIPs-Fe³⁺, Cooling-Heating, Electrospinning and Adsorption

Indralaya, Juli 2023

Menyetujui,

Pembimbing I



Dr. Idha Royani, S.Si, M.Si.

NIP. 197105151999032002

Pembimbing II



Dra. Jorena Bangun, M.Si.

NIP. 196405101991022001

Mengetahui

Ketua Jurusan Fisika



Dr. Fransyah Virgo, S.Si, M.T.

NIP. 197009101994121001

KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur Tuhan Semesta Alam. Berkat limpahan nikmat dan karunianya penulis dapat menyelesaikan tugas akhir yang berjudul “**Optimasi Fabrikasi Membran Nanofiber IIPs-Fe (III) Material Cerdas Ion Imprinted Polymers Sebagai Adsorben Fe³⁺ Dengan Metode Electrosinning**” dengan lancar. Penyusunan skripsi ini dilakukan untuk memenuhi persyaratan mendapatkan gelar sarjana sains di Jurusan Fisika Fakultas Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sriwijaya yang dilaksanakan di Laboratorium Fisika Material, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Sriwijaya. Penulis mengucapkan terima kasih kepada :

- 1 Ibu Dr. Idha Rohyani, S.Si., M.Si dan Ibu Dra. Jorena Bangun, M.Si., selaku pembimbing yang telah meluangkan waktu dan tenaga dalam membimbing serta mengarahkan saya dalam menyelesaikan skripsi.
- 2 Bapak Dr. Frinsyah Virgo, M.T. selaku ketua jurusan Fisika Universitas Sriwijaya
- 3 Bapak Dr. Akmal Johan, S.Si., M.Si dan Dr. Erry Koriyanti, M.T yang telah memberikan kritik dan saran yang membangun selama proses penyelesaian tulisan skripsi saya.
- 4 Ibu Dr. Erry Koriyanti, M.T selaku dosen pembimbing akademik yang selalu memberikan masukan dan arahan untuk menyelesaikan studi saya.
- 5 Dosen dan staf administrasi Jurusan Fisika yang telah memberikan ilmu kepada penulis sebagai bekal dalam menyelesaikan tulisan skripsi ini.
- 6 Kedua orang tua ku Arinson Nababan dan Roida Manurung yang selalu memberikan dukungan dan doa selama menyelesaikan studi sarjana saya.
- 7 Kepada saudara ku Jimmi Nababan, Hendra Nababan dan adik perempuan kami satu-satunya Sonia Nababan yang menjadi tempat curhat yang paling tidak memberikan solusi namun, tetap memberikan semangat dalam

pengerjaan skripsi ini.

- 8 Teman-teman KBI material 2019, Almukminah, Ety, Intan dan Lafira yang menjadi labuhan untuk bertukar pikiran dalam menyelesaikan penelitian skripsi.
- 9 Jhon butar-butur dan Frans sinaga yang menjadi teman paling banyak direpotkan untuk menemani mengerjakan penelitian ini mulai dari mengambil hasil lab sampai menemani menginap di lab.
- 10 Kak Muhammad Ihsan, kak ballada, I gusti, Ety, Almukminah, Viona dan teman-teman fisika material angkatan 2020 yang menjadi teman diskusi paling sabar dalam membantu penulis menyelesaikan kekeliruan dalam mengolah data hasil penelitian skripsi.
- 11 Seluruh pihak yang terlibat secara langsung maupun tidak langsung yang tidak dapat penulis sebutkan satu-satu.

Semoga skripsi yang penulis telah selesaikan ini dapat bermanfaat serta dapat membantu peneliti berikutnya untuk memahami penelitian serupa yang akan sedang dikembangkan.

Indralaya, Juli 2023

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS.....	i
HALAMAN PERSEMBAHAN	ii
ABSTRAK	iii
ABSTRACT	iv
KATA PENGANTAR.....	v
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR TABEL	viii
DAFTAR GAMBAR.....	ix
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian.....	3
1.4 Batasan Masalah	4
1.5 Manfaat Penelitian.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Besi (Fe).....	5
2.2 Prinsip Dasar Sintesis Ion Imprinted Polymers (IIPs).....	6
2.3 Nanofiber	10
2.4 Metode Polimerisasi Sintesis Nanofiber IIPs.....	11
2.5 Instrumentasi Karakterisasi Material	14
2.6 Adsorpsi	20
BAB III METODE PENELITIAN	21
3.1 Tempat dan Waktu Penelitian	21
3.2 Alat dan Bahan Penelitian.....	21
3.3 Tahapan dan Prosedur Penelitian	24

3.4 Pengujian Kinerja Adsorpsi Material.....	32
3.5 Teknik Pengumpulan Data	32
3.6 Indeks Pencapaian	33
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	34
4.1 Analisis Sintesis Polimer.....	34
4.2 Analisis Karakterisasi Polimer	39
BAB V PENUTUP.....	48
5.1 Kesimpulan.....	48
5.2 Saran	49
DAFTAR PUSTAKA.....	50

DAFTAR TABEL

- Tabel 2. 1 Pelarut porogen paling banyak digunakan dalam sintesis IIP (Cajamarca dan Tarley, 2022) **Error! Bookmark not defined.**
- Tabel 3. 1 Alat Sintesis Material Nano Fiber IIPs-Fe (III).....**Error! Bookmark not defined.**
- Tabel 3. 2 Bahan Sintesis Material Nano Fiber IIPs-Fe(III).....**Error! Bookmark not defined.**
- Tabel 3. 3 Sampel Penelitian Material IIPs..... **Error! Bookmark not defined.**
- Tabel 3. 4 Alat Instrumentasi Karakterisasi Pengumpulan Data Penelitian**Error! Bookmark not defined.**
- Tabel 4.1 Data Hasil Perhitungan ukuran kristal IIPs-Fe³⁺**Error! Bookmark not defined.**
- Tabel 4.2 Persentase transmintansi Polimer Fe (III) dan IIPs-Fe³⁺ . **Error! Bookmark not defined.**
- Tabel 4. 3 Hasil Kapasitas Adsorpsi dan Recovery Penyerapan Ion Logam Fe (III) **Error! Bookmark not defined.**

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Prosedur Persiapan Polimer IIPs (Kusumkar dkk., 2021).....	Error!
Bookmark not defined.	
Gambar 2. 2 Monomer Fungsional Asam Utama (Cajamarca dan Tarley, 2022)	Error!
Bookmark not defined.	
Gambar 2. 3 Diagram Skematis Dari Proses Electrospinning (Mubarok dan Putra, 2020)	Error! Bookmark not defined.
Gambar 2. 4 Ilustrasi Prinsip Kerja X-Ray Diffraction (Fatimah dkk., 2022).....	Error!
Bookmark not defined.	
Gambar 2.5 Ilustrasi Pentuan Besar Nilai FWHM (Fatimah Dkk., 2022).....	16
Gambar 2. 6 Komponen Dasar Utama FTIR (Mohamed dkk., 2017)	17
Gambar 2. 7 Uji kinerja FTIR Pada adsorben Fe (Mandasari dan Purnomo, 2016)	Error! Bookmark not defined.
Bookmark not defined.	
Gambar 2. 8 Gambar SEM Ion Imprinted Polymers Fe (Zhao dkk., 2017).....	Error!
Bookmark not defined.	
Gambar 2. 9 Diagram Atomic Absorption Specteometer (Mohammed, 2021) ...	Error!
Bookmark not defined.	
Gambar 3.1 Bagan Alir Penelitian Sintesis Polimer Fe(III).....	25
Gambar 3.2 Bagan Alir Penelitian Ekstraksi Material IIPs	Error! Bookmark not defined.
Bookmark not defined.	
Gambar 3.3 Bagan Alir Penelitian Sintesis Nano Material IIPs-Fe(III)	Error!
Bookmark not defined.	
Gambar 4.1 (a). Polimer Padat Fe (III); (b). Serbuk Polimer Fe (III); (c). Hasil	

Ekstraksi 15x IIPs- Fe^{3+}

.....**Error! Bookmark not defined.**

Gambar 4.2 (a). Ekstraksi 1x Perulangan; (b). Ekstraksi 6x Perulangan; (c). Ekstraksi 12x Perulangan; (d). Ekstraksi 15x Perulangan **Error! Bookmark not defined.**

Gambar 4.3 Rangkaian Kerja Alat Elctrospinning **Error! Bookmark not defined.**

Gambar 4.4 Larutan Polimer Keluar Dari Jarum Suntik Saat Diberikan Tegangan Tinggi **Error! Bookmark not defined.**

Gambar 4.5 (a)NF-IIPs- Fe^{3+} -7 cm (b)NF-IIPs- Fe^{3+} -10 cm (c)NF-IIPs- Fe^{3+} -15 cm **Error! Bookmark not defined.**

Gambar 4.6 Grafik Hasil Karakterisasi XRD **Error! Bookmark not defined.**

Gambar 4.7 Hasil Analisis FTIR..... **Error! Bookmark not defined.**

Gambar 4.8 (a) Polimer Fe(III) (b) Polimer IIPs- Fe^{3+} (c) NF-IIPs- Fe^{3+} 10 cm...**Error! Bookmark not defined.**

Gambar 4.9 Distribusi Pori Yang Terbentuk Pada Permukaan Material**Error! Bookmark not defined.**

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pertumbuhan industri dan populasi yang cepat telah menimbulkan dampak negatif bagi lingkungan hidup (Murraya dkk., 2018). Aktivitas seperti pertambangan, peleburan logam, pemurnian minyak dan manufaktur cat melepaskan sejumlah besar limbah anorganik beracun ke lingkungan (Musarurwa & Tavengwa, 2020; Pratiwi, 2020). Salah satu limbah anorganik yang dihasilkan adalah logam berat yang apabila dilepaskan ke lingkungan pada akhirnya mencemari udara dan air (Bakhshpour dan Denizli, 2020). Residu yang dihasilkan dari pengolahan logam meliputi logam berat seperti Cd, Pb, Cr, Zn, Cu, Fe, Al, Mn, As dan Co (Zhou dkk., 2020). Menurut (Pratiwi, 2020) Logam berat berbahaya merupakan salah satu bahan pencemar beracun yang merupakan ancaman sangat serius pada kesehatan manusia karena sifat toksisitas, persistensi dan biopersistensinya yang tinggi (L. Zhang dkk., 2021). Menurut (Barton dkk., 2016; Murraya dkk., 2018) ion logam kadmium, seng, besi dan tembaga dibutuhkan oleh tumbuhan, hewan dan manusia dalam konsentrasi kecil sebagai mikronutrien. Namun, logam berat apabila berada pada konsentrasi yang tinggi dapat menyebabkan masalah kesehatan berupa gangguan reproduksi, imunologi, neurologis, efek karsinogenik dan dapat berujung pada kematian (Das dkk., 2018).

Ion logam besi adalah salah satu mikronutrien makro yang penting namun, keberadaan logam ini banyak dijumpai pada lingkungan perairan dengan kadar yang tinggi sehingga dapat menyebabkan gangguan kesehatan pada lingkungan dan manusia (Ara dkk., 2018). Hal ini tentu tidak sesuai dengan apa yang telah diamanatkan dalam peraturan pemerintah pada nomor 82 tahun 2001 yaitu, nilai ambang batas logam besi pada lingkungan perairan hanya diperbolehkan sebesar 0,3 ppm (Kiswanto dkk., 2020). Sehingga, beberapa metode telah dikembangkan peneliti untuk memisahkan logam berat Fe^{3+} dengan lingkungan biologisnya seperti adsorpsi, kohesi, osmosis, filtrasi, pertukaran ion dan agregasi (Sowmya dkk., 2021). Adsorpsi merupakan metode yang sering digunakan dalam menghilangkan polutan logam berat di lingkungan perairan karena memiliki efektivitas yang tinggi dan banyak

diaplikasikan (M. Zhang dkk., 2020). Metode adsorpsi merupakan proses perpindahan massa dimana ion logam bergerak dari larutan ke permukaan adsorben, teknik ini yang paling dapat diterima dan berguna untuk mendekontaminasi lingkungan perairan yang tercemar karena memiliki kelebihan dibandingkan dengan metode lain; yaitu, efisien yang menjadi aspek terpenting dalam proses penyerapan logam berat, biaya yang digunakan relatif murah dan ramah lingkungan (Raouf MS dan Raheim ARM, 2017; Shams dkk., 2013).

Penelitian tentang penyerapan ion logam berat dengan menggunakan membran *nanofiber* menjadi topik yang populer karena membran tersebut memiliki karakteristik rasio luas permukaan yang baik, volume yang besar, porositas yang tinggi, serta dapat disintesis dari berbagai bahan polimer (Najafi dan Frey, 2020). Luas permukaan yang besar pada membran *nanofiber* mampu meningkatkan aktivitas katalik dan kapasitas adsorpsi dibandingkan dengan permukaan material yang lebih rendah (S. Zhang dkk., 2021). Fabrikasi optimasi membran *nanofiber* dengan menggunakan teknik *electrospinning* dapat diaplikasikan pada semua polimer terlarut jika berat molekulnya cukup tinggi (Berber dkk., 2016). Keterbatasan utama dari penelitian ini adalah selektivitas bahan dan batas deteksi yang rendah adsorben terhadap polutan (Li dkk., 2018). Perkembangan penelitian saat ini menunjukkan bahwa selektivitas dan sensitivitas bahan berbasis adsorpsi telah berhasil disintesis untuk menganalisis ion logam berat, yaitu material IIPs (*Ion Imprinted Polymers*) (Shakerian dkk., 2016).

Polimer yang dicetak secara ionik (IIPs) memiliki fungsionalitas dengan koordinasi yang spesifik dan hal ini membuat IIPs lebih kompatibel diaplikasikan pada media berair karena mampu mendiskriminasi ion logam berat yang larut dalam air secara efektif (Yusoff dkk., 2017). *Ion imprinted polymers* merupakan material dengan sifat yang stabil dan kuat hal ini terjadi karena pembentukan polimer dari bahan (*Crosslinker*) pengikat silang (Branger dkk., 2013). Beberapa tahun terakhir penelitian telah berhasil mengembangkan material IIPs untuk mengekstrak ion logam Hg^{2+} , Fe^{2+} , Fe^{3+} , Cd^{2+} , Pb^{2+} , Ag^{+} , Au^{2+} , Cu^{2+} , Cr^{3+} , Mn^{2+} , Ti^{4+} , dan Co^{2+} (Ara dkk., 2018; Cajamarca dan Tarley, 2022; Roushani dkk., 2019).

Dalam penelitian tugas akhir ini fokus pada pemisahan ion logam Fe (III) pada

lingkungan perairan berbasis membran *nanofiber* IIPs-Fe (III) dengan menggunakan teknik *cooling- heating* dan *electrospinning*. Metode pemisahan dan adsorpsi logam berat melalui membran nanofiber dianggap sebagai pilihan yang menarik karena dapat menghilangkan sejumlah besar ion logam dan proses pembuatannya relatif mudah (Choi dkk., 2020; Yang dkk., 2019). Luas permukaan membran yang disintesis dalam skala nanometer memiliki peranan penting dalam meningkatkan kemampuan material dalam mengadsorpsi ion-ion logam berat. Pada penelitian sebelumnya melaporkan bahwa jarak jarum ke kolektor pada saat melakukan sintesis membran *nanofiber* memiliki peranan penting dalam menghasilkan luas permukaan membran spesifik yang dapat meningkatkan kinerja selektivitas, sensitivitas dan adsorpsi adsorben terhadap polutan ion logam berat Fe^{3+} .

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan paparan latar belakang dari peneliti, rumusan masalah dapat dirumuskan sebagai berikut:

1. Bagaimana melakukan sintesis material cerdas *Ion Imprinted Polymers* Fe (III) dengan menggunakan metode *cooling-heating*.
2. Bagaimana melakukan sintesis *nanofiber* IIPs-Fe (III) sebagai material cerdas selektivitas adsorpsi logam berat Fe^{3+} menggunakan metode *electrospinning*.
3. Apa pengaruh jarak jarum ke kolektor terhadap hasil uji kinerja material cerdas *nanofiber Ion Imprinted Polymers* sebagai adsorpsi ion logam Fe^{3+} .

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Menghasilkan material IIPs-Fe(III) sebagai material cerdas selektif yang mampu memilih secara selektif ion logam Fe^{3+} .
2. Menghasilkan material *nanofiber* IIPs-Fe (III) sebagai adsorben ion logam berat Fe^{3+} .
3. Menganalisis pengaruh jarak jarum ke kolektor pada uji kinerja material cerdas *nanofiber Ion Imprinted Polymers* Fe (III) sebagai adsorben ion logam Fe^{3+} .

1.4 Batasan Masalah

Peneliti telah melakukan penetapan batasan-batasan masalah untuk mengoptimalkan pembuatan membran nanofiber IIPs-Fe(III) dengan memvariasikan jarak antara jarum dan kolektor menjadi 7 cm, 10 cm dan 15 cm dengan menggunakan tegangan sebesar 15 kV.

1.5 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat sebagai berikut:

1. Dapat memberikan solusi untuk mendeteksi dan mengatasi keberadaan ion logam Fe^{3+} .
2. Berkontribusi dalam pengembangan ilmu pengetahuan dalam bidang polimer baik dalam skala nasional maupun internasional.

DAFTAR PUSTAKA

- Adumitrăchioaie, A., Tertiş, M., Cernat, A., Săndulescu, R., & Cristea, C. (2018). Electrochemical methods based on molecularly imprinted polymers for drug detection. A review. *International Journal of Electrochemical Science*, 13(3), 2556–2576. <https://doi.org/10.20964/2018.03.75>
- Aisyah, N., Rifai, H., Maisonneuve, C. B. D. La, Oalman, J., Forni, F., Eisele, S., Phua, M., & Putra, R. (2020). Scanning electron microscope (SEM) imaging and analysis of magnetic minerals of lake Diatas peatland section DD REP B 693. *Journal of Physics: Conference Series*, 1481(1). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1481/1/012025>
- Almetwally, A. A., El-Sakhawy, M., Elshakankery, M. H., & Kasem, M. H. (2017). Technology of nano-fibers: Production techniques and properties - Critical review. *Journal of the Textile Association*, 78(1), 5–14.
- Amariei, N., Manea, L. R., Berteau, A. P., Berteau, A., & Popa, A. (2017). The Influence of Polymer Solution on the Properties of Electrospun 3D Nanostructures. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 209(1). <https://doi.org/10.1088/1757-899X/209/1/012092>
- Anstey, A., Chang, E., Kim, E. S., Rizvi, A., Kakroodi, A. R., Park, C. B., & Lee, P. C. (2021). Nanofibrillated polymer systems: Design, application, and current state of the art. *Progress in Polymer Science*, 113, 101346. <https://doi.org/10.1016/j.progpolymsci.2020.101346>
- Ara, B., Muhammad, M., Salman, M., Ahmad, R., Islam, N., & Zia, H. (2018a). Preparation of microspheric Fe (III)- ion imprinted polymer for selective solid phase extraction. *Applied Water Science*, 8(41), 1–14. <https://doi.org/10.1007/s13201-018-0680-3>
- Ara, B., Muhammad, M., Salman, M., Ahmad, R., Islam, N., & Zia, T. ul H. (2018b).

- Preparation of microspheric Fe(III)-ion imprinted polymer for selective solid phase extraction. *Applied Water Science*, 8(1), 1–14. <https://doi.org/10.1007/s13201-018-0680-3>
- Arganata, M. I., & Murwani, I. K. (2017). Mohammad Irfan Arganata dan Irmira Kris Murwani Departemen Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS). *Jurnal Sains Dan Seni pomits*, 6(2), 1-3
- Asmatulu, R., Muppalla, H., Veisi, Z., Khan, W. S., Asaduzzaman, A., & Nuraje, N. (2013). Study of hydrophilic electrospun nanofiber membranes for filtration of micro and nanosize suspended particles. *Membranes*, 3(4), 375–388. <https://doi.org/10.3390/membranes3040375>
- Athira, K. S., Sanpui, P., & Chatterjee, K. (2017). *Fabrication of Poly (Caprolactone) Nanofibers by Electrospinning*. 2(4), 62–66. <https://doi.org/10.12691/jpbpc-2-4-1>
- Azizo, A. S., Wirzal, M. D. H., Bilad, M. R., & Yusoff, A. R. M. (2017). Assessment of nylon 6, 6 nanofibre membrane for microalgae harvesting. *AIP Conference Proceedings*, 1891. <https://doi.org/10.1063/1.5005365>
- Azwari, F., Triyono, J., Studi, P., Lingkungan, P., Pertanian, P., Samarinda, N., & Gondok, E. (2019). Fitoremediasi Logam Fe dalam Air Asam Tambang Menggunakan Eceng Gondok (*Eichhornia Crassipes*) Fitoremediation of Heavy Metal Fe in Mining Acid Water with Water Hyacinth (*Eichhornia*. *Buletin LOUPE*, 15(02), 42–45.
- Bakhshpour, M., & Denizli, A. (2020). Highly sensitive detection of Cd(II) ions using ion-imprinted surface plasmon resonance sensors. *Microchemical Journal*, 159 (September), 105572. <https://doi.org/10.1016/j.microc.2020.105572>
- Barton, J., García, M. B. G., Santos, D. H., Fanjul-Bolado, P., Ribotti, A., McCaul, M., Diamond, D., & Magni, P. (2016). Screen-printed electrodes for environmental monitoring of heavy metal ions: a review. *Microchimica Acta*, 183(2), 503–517. <https://doi.org/10.1007/s00604-015-1651-0>
- Belay, K., Tadesse, A., & Kebede, T. (2014). Validation of a Method for Determining

- Heavy Metals in Some Ethiopian Spices By Dry Ashing Using Atomic Absorption Spectroscopy. *International Journal of Innovation and Applied Studies*, 5(4), 327–332.
- Berber, E., Horzum, N., Hazer, B., & Demir, M. M. (2016). Solution electrospinning of polypropylene-based fibers and their application in catalysis. *Fibers and Polymers*, 17(5), 760–768. <https://doi.org/10.1007/s12221-016-6183-7>
- Branger, C., Meouche, W., & Margailan, A. (2013). Recent advances on ion-imprinted polymers. *Reactive And Functional Polymers*, 73, 859–875. <https://doi.org/10.1016/j.reactfunctpolym.2013.03.021>
- Bunaciu, A. A., & Aboul-enein, H. Y. (2019). *X-Ray Diffraction : Instrumentation and Applications Critical Reviews in Analytical Chemistry X-Ray Diffraction : Instrumentation and Applications. May 2015, 2016–2019.* <https://doi.org/10.1080/10408347.2014.949616>
- Cajamarca, F. A., & Tarley, C. R. T. (2022). Influence of Synthesis Parameters and Polymerization Methods on the Selective and Adsorptive Performance of Bio-Inspired Ion Imprinted Polymers. *Separations*, 266(9), 1–27.
- Chauhan, A. (2014). Powder XRD Technique and its Applications in Science and Technology. *Journal of Analytical & Bioanalytical Techniques*, 5(6). <https://doi.org/10.4172/2155-9872.1000212>
- Choi, H. Y., Bae, J. H., Hasegawa, Y., An, S., Kim, I. S., Lee, H., & Kim, M. (2020). Thiol-functionalized cellulose nanofiber membranes for the effective adsorption of heavy metal ions in water. *Carbohydrate Polymers*, 234(November 2019), 115881. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2020.115881>
- Das, K. K., Reddy, R. C., Bagoji, I. B., Das, S., Bagali, S., Mullur, L., Khodnapur, J. P., & Biradar, M. S. (2018). *Primary concept of nickel toxicity – an overview* <https://doi.org/10.1515/jbcpp-2017-0171>. 1–12.
- Djunaidi, M. C., Haris, A., Pardoyo, P., & K, R. (2018). Pengaruh Jumlah Mol Kroslinker Pada Selektifitas IIP Berbasis Polieugenol Terhadap Fe(III). *ALCHEMY Jurnal Penelitian Kimia*, 14(2), 290. <https://doi.org/10.20961/alchemy.14.2.12426.291-302>

- Fakhrurreza, M., & Khusniatul Mujidah, P. (2018). Pengaruh Banyaknya Radiasi dan Perubahan Energi Sinar-X terhadap Peningkatan Pembentukan Radikal Bebas pada Air. *JHeS (Journal of Health Studies)*, 2(1), 34–40. <https://doi.org/10.31101/jhes.432>
- Fatimah, S., Ragadhita, R., Al Husaeni, D. F., & Nandiyanto, A. B. D. (2022). How to Calculate Crystallite Size from X-Ray Diffraction (XRD) using Scherrer Method. *ASEAN Journal of Science and Engineering*, 2(1), 65–76. <https://doi.org/10.17509/ajse.v2i1.37647>
- Fathurin, N., & Kusumawati, H. (2022). *Fabrikasi Nanofiber PVA / Fe₃O₄ dengan Metode Elektrospinning*. 10(01), 71–80.
- Fauziah, R. J., & Taba, P. (2022). Synthesis And Characterization Of Molecularly Imprinted Polymers Using Methyl Methacrylate And Ethylene Glycol Dimetacrilate As Adsorbent Di-(2-Etilheksil) Phthalate. *Indonesian Journal of Pure An*, 5(3), 105–120.
- Febyana, A. W., & Putri, N. P. (2022). *Pengaruh Variasi Tegangan Terhadap Morfologi Dan Konduktivitas Listrik Nanofiber Pani/Pva*. 18(2), 227–237.
- Fransiska, E. A., & Sianita, M. M. (2021). *Effect Of Temperature On The Synthesis Of Molecularly Imprinted Polymer (Mip) On Adsorption Capability Of Cloramphenicol*. 10(3), 29–41.
- Frentrup, M., Lee, L. Y., Sahonta, S., Kappers, M. J., Massabuau, F., Gupta, P., Oliver, R. A., Humphreys, C. J., & Wallis, D. J. (2017). *X-ray diffractio analysis of cubic zinblende III-nitrides*.
- Guerrero-Pérez, M. O., & Patience, G. S. (2020). Experimental methods in chemical engineering: Fourier transform infrared spectroscopy—FTIR. *Canadian Journal of Chemical Engineering*, 98(1), 25–33. <https://doi.org/10.1002/cjce.23664>

- Halim, N. S. A., Wirzal, M. D. H., Hizam, S. M., Bilad, M. R., Nordin, N. A. H. M., Sambudi, N. S., Putra, Z. A., & Yusoff, A. R. M. (2021). Recent Development on Electrospun Nanofiber Membrane for Produced Water Treatment: A review. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, 9(1), 104613. <https://doi.org/10.1016/j.jece.2020.104613>
- Harera, L. R., Sudiarti, T., & Wulandari, M. (2015). Sintesis Cu(II)-Imprinted Polymers Untuk Ekstraksi Fasa Padat Dan Prakonsentrasi Ion Tembaga(II) Dengan Ligan Pengkhelat 4-(2-Pyridylazo) Resorcinol Lingga. *The Dictionary of Genomics, Transcriptomics and Proteomics*, 2(1), 1–1. <https://doi.org/10.1002/9783527678679.dg07864>
- Hasanah, A. N., Dwi Utari, T. N., & Pratiwi, R. (2019). Synthesis of Atenolol-Imprinted Polymers with Methyl Methacrylate as Functional Monomer in Propanol Using Bulk and Precipitation Polymerization Method. *Journal of Analytical Methods in Chemistry*, 2019, 1–7. <https://doi.org/10.1155/2019/9853620>
- Hidayat, N., Taufiq, A., Sunaryono, S., Hidayat, S., Heriyanto, H., & Prayekti, E. B. (2018). Combination of Coprecipitation and Sonochemical Methods in Synthesizing Spinel Hausmannite Nanomaterial. *Jurnal Penelitian Fisika Dan Aplikasinya (JPFA)*, 8(1), 1. <https://doi.org/10.26740/jpfa.v8n1.p1-9>
- Hu, H., Ren, Z., Xi, Y., Fang, L., Fang, D., Yang, L., Shao, P., Shi, H., Yu, K., & Luo, X. (2021). Insights into the role of cross-linking agents on polymer template effect: A case study of anionic imprinted polymers. *Chemical Engineering Journal*, 420(April). <https://doi.org/10.1016/j.cej.2021.129611>
- Hou, X., Lv, S., Chen, Z., & Xiao, F. (2018). Applications of Fourier transform infrared spectroscopy technologies on asphalt materials. *Measurement: Journal of the International Measurement Confederation*, 121(March), 304–316. <https://doi.org/10.1016/j.measurement.2018.03.001>
- Ipeiyeda, A. R., & Ayoade, A. R. (2017). Flame atomic absorption spectrometric determination of heavy metals in aqueous solution and surface water preceded by co-precipitation procedure with copper(II) 8-hydroxyquinoline. *Applied Water Science*, 7(8), 4449–4459. <https://doi.org/10.1007/s13201-017-0590-9>

- Irfan, A., & Sosiati, H. (2020). Strategi Peningkatan Ion-Ion Logam Berat dalam Air Pada Membran Nanofiber : A Review. *Proceedings The 1st UMYGrace 2020, 2020*, 315–327.
- Ishak, N., Chin Xin, T., Mohamed Nasir, A., & Siew Hoong, S. (2020). Optimization of Different Parameter in Synthesis Ion Imprinted Polymers via Precipitation Polymerization for Nitrate Adsorption. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 864(1). <https://doi.org/10.1088/1757-899X/864/1/012184>
- Islamiyah, A. N., & Cahyono, E. (2021). Preparation of PVA/ME/ β -CD and PVA/ME Nanofibers by Electrospinning and Their Activity as a *Drosophila melanogaster* Attractant. *Indonesian Journal of Chemical Science*, 10(3), 206–214.
- Jagirani, M. S., Balouch, A., Mahesar, S. A., Kumar, A., Baloch, A. R., Abdullah, & Bhangar, M. I. (2020). Fabrication of cadmium tagged novel ion imprinted polymer for detoxification of the toxic Cd²⁺-ion from aqueous environment. *Microchemical Journal*, 158(July), 105247. <https://doi.org/10.1016/j.microc.2020.105247>
- Jumini, S. (2017). *Nanoteknologi manivestasi nanoscience s. 2*, 199–206.
- Junaidi, Handayani, H. W., Supriyanto, A., & Suciwati, S. W. (2020). *Jurnal Fisika Flux Kontrol Kecepatan dan Temperatur dengan Teknik Pulse Width. 17*.
- Kartika, H. D., Jorena, J., Monado, F., & Royani, I. (2022). Analisis Jumlah Rongga Tercetak pada Ion Imprinted Polymer (IIPs)-Fe(III) Yang disintesis menggunakan Metode Cooling-heating. *Jurnal Penelitian Sains*, 24(1), 18. <https://doi.org/10.56064/jps.v24i1.680>
- Kiswanto, K., Wintah, W., & Rahayu, N. L. (2020). Analisis Logam Berat (Mn, Fe , Cd), Sianida Dan Nitrit Pada Air Asam Tambang Batu Bara. *Jurnal Litbang Kota Pekalongan*, 18(1), 20–26. <https://doi.org/10.54911/litbang.v18i0.116>
- Khatri, N., Tyagi, S., & Rawtani, D. (2017). Recent strategies for the removal of iron from water: A review. *Journal of Water Process Engineering*, 19(13), 291–304. <https://doi.org/10.1016/j.jwpe.2017.08.015>

- Kholifah, K., Fadllan, A., & Yuniarti, W. D. (2017). The Study of Iron Metal (Fe) Content in Water Morning Glory Plants (*Ipomoea Aquatica* Forsk) using Atomic Absorption Spectrophotometry (AAS) Method. *Journal of Natural Sciences and Mathematics Research*, 1(2), 72–76. <https://doi.org/10.21580/jnsmr.2015.1.2.1621>
- Kumar, V., Bharti, P. K., Talwar, M., Tyagi, A. K., & Kumar, P. (2017). Studies on high iron content in water resources of Moradabad district (UP), India. *Water Science*, 31(1), 44–51. <https://doi.org/10.1016/j.wsj.2017.02.003>
- Kusumkar, V. V., Galamboš, M., Viglašová, E., Daňo, M., & Šmelková, J. (2021). Ion-imprinted polymers: Synthesis, characterization, and adsorption of radionuclides. *Materials*, 14(5), 1–29. <https://doi.org/10.3390/ma14051083>
- Lestari, D., & Sartika, A. S. (2018). *Preparasi Dan Karakterisasi Nanopartikel Fe₃O₄ Menggunakan Metode Kopresipitasi*. 11(1), 7–10.
- Li, J., Liu, J., Lu, W., Gao, F., Wang, L., Ma, J., Liu, H., Liao, C., & Chen, L. (2018). Speciation analysis of mercury by dispersive solid-phase extraction coupled with capillary electrophoresis. *Electrophoresis*, 39(14), 1763–1770. <https://doi.org/10.1002/elps.201800024>
- Long, Z., Shen, S., Lu, Y., Lan, W., Chen, J., & Qiu, H. (2019). Monodisperse core-shell-structured SiO₂@Gd₂O₃:Eu³⁺@SiO₂@MIP nanospheres for specific identification and fluorescent determination of carbaryl in green tea. *Analytical and Bioanalytical Chemistry*, 411(18), 4221–4229. <https://doi.org/10.1007/s00216-019-01902-2>
- Marno, Widiyanto, E., Sumarjo, J., & Santosa, A. (2018). *Perancangan dan Pengembangan Sistem Electrospinning sebagai Teknologi dalam Pembuatan Nanofiber*. 18(2), 101–108.
- Maslukah, L., Wulandari, S. Y., Herlintang, A. S., & Muslim. (2019). Konsentrasi Logam Berat Timbal (Pb) Dan Besi (Fe) Dalam Sedimen Dasar dan Keterkaitannya Dengan Karbon Organik & Ukuran Butir Di Muara Wiso, Jepara. *Maspari Journal*, 11(2), 79–86.
- Masruroh, Manggara, A. B., Lapailaka, T., & Triandi, R. (2013). Penentuan Ukuran

- Kristal (Crystallite Size) Lapisan Tipis Pzt Dengan Metode Xrd Melalui Pendekatan Persamaan Debye Scherrer. *Erudio Journal of Educational Innovation*, 1(2), 24–29. <https://doi.org/10.18551/erudio.1-2.4>
- Meouche, W., Laatikainen, K., Margaillan, A., Silvonon, T., Siren, H., Sainio, T., Beurroies, I., Denoyel, R., & Branger, C. (2017). Effect of porogen solvent on the properties of nickel ion imprinted polymer materials prepared by inverse suspension polymerization. *European Polymer Journal*, 87, 124–135. <https://doi.org/10.1016/j.eurpolymj.2016.12.022>
- Mohamed, M. A., Jaafar, J., Ismail, A. F., Othman, M. H. D., & Rahman, M. A. (2017). Fourier Transform Infrared (FTIR) Spectroscopy. In *Membrane Characterization*. Elsevier B.V. <https://doi.org/10.1016/B978-0-444-63776-5.00001-2>
- Mohammed, A. M. (2021). Elemental Analysis Using Atomic Absorption Spectroscopy. *European Journal of Engineering and Technology Research*, 6(7), 48–51. <https://doi.org/10.24018/ejeng.2021.6.7.2639>
- Mubarok, F. M., & Putra, V. G. V. (2020). Rancang Bangun Alat Pembuatan Nanofiber Menggunakan Metode Electrospinning. *Jurnal Teknik*, 9(1), 36–45. <https://doi.org/10.24176/simet.v9i1.1821>
- Murray, Taufiq-Spj, N., & Supriyantini, E. (2018). Content of Heavy Metal Iron (Fe) in Water, Sediment, and Green Shellfish (*Perna viridis*) in Tanjung Emas Waters, Semarang. *Tropical Marine Journal*, 7(2), 133–140.
- Musarurwa, H., & Tavengwa, N. T. (2020). Application of carboxymethyl polysaccharides as bio-sorbents for the sequestration of heavy metals in aquatic environments. *Carbohydrate Polymers*, 237(December 2019), 116142. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2020.116142>
- Najafi, M., & Frey, M. W. (2020). Electrospun nanofibers for chemical separation. *Nanomaterials*, 10(5). <https://doi.org/10.3390/nano10050982>
- Nuraje, N., Khan, W. S., Lei, Y., Ceylan, M., & Asmatulu, R. (2013). Superhydrophobic electrospun nanofibers. *Journal of Materials Chemistry A*, 1(6), 1929–1946. <https://doi.org/10.1039/c2ta00189f>

- Nandiyanto, A. B. D., Oktiani, R., & Ragadhita, R. (2019). Indonesian Journal of Science & Technology How to Read and Interpret FTIR Spectroscopy of Organic Material. *Indonesian Journal of Science & Technology*, 4(1), 97–118.
- Novianty, Edianta, J., Saleh, K., Bama, A. A., Koriyanti, E., Ariani, M., & Royani, I. (2023). *Synthesis of Fe (III) -IIPs (Ion Imprinted Polymers): Comparing Different Concentrations of HCl and HNO 3 Solutions in the Fe (III) Polymer Extraction Process for Obtaining the Largest Cavities in Fe (III) -IIPs*. 8(3).
- Patience, G. S. (2018). Experimental methods in chemical engineering: Preface. *Canadian Journal of Chemical Engineering*, 96(11), 2312–2316. <https://doi.org/10.1002/cjce.23305>
- Paudel, S., Kumar, S., & Mallik, A. (2021). Atomic Absorption Spectroscopy: A Short Review. *EPRA International Journal of Research and Development (IJRD)*, 6(9), 322–327.
- Pratiwi, D. Y. (2020). Dampak Pencemaran Logam Berat (Timbal, Tembaga, Merkuri, Kadmium, Krom) Terhadap Organisme Perairan Dan Kesehatan Manusia. *Jurnal Akuatek*, 1(1), 59–65.
- Rahman, S. K. A., Yusof, N. A., Abdullah, A. H., Mohammad, F., Idris, A., & Al-lohedan, H. A. (2018). Evaluation of porogen factors for the preparation of ion imprinted polymer monoliths used in mercury removal. *PLoS ONE*, 13(4), 1–14. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0195546>
- Rahmawati, V., Manurung, P., Junaidi, & Karo-karo, P. (2021). *Journal of Energy , Material , and Instrumentation Technology (JEMIT)*. 2(1).
- Raouf MS, A., & Raheim ARM, A. (2017). Removal of Heavy Metals from Industrial Waste Water by Biomass-Based Materials: A Review. *Journal of Pollution Effects & Control*, 05(01), 1–13. <https://doi.org/10.4172/2375-4397.1000180>
- Roushani, M., Saedi, Z., Baghelani, Y. M., & Hamdi, F. (2019). Ti (IV) ion- imprinted polymer as a new selective sorbent for extraction and pre- concentration of trace amounts of titanium ions in different samples titanium ions in di ff erent samples. *International Journal of Environmental Analytical Chemistry*, 00(00), 1–18. <https://doi.org/10.1080/03067319.2019.1628225>

- Nuraje, N., Khan, W. S., Lei, Y., Ceylan, M., & Asmatulu, R. (2013). Superhydrophobic electrospun nanofibers. *Journal of Materials Chemistry A*, *1*(6), 1929–1946. <https://doi.org/10.1039/c2ta00189f>
- Patience, G. S. (2018). Experimental methods in chemical engineering: Preface. *Canadian Journal of Chemical Engineering*, *96*(11), 2312–2316. <https://doi.org/10.1002/cjce.23305>
- Paudel, S., Kumar, S., & Mallik, A. (2021). Atomic Absorption Spectroscopy: A Short Review. *EPRA International Journal of Research and Development (IJRD)*, *6*(9), 322–327.
- Pratiwi, D. Y. (2020). Dampak Pencemaran Logam Berat (Timbal, Tembaga, Merkuri, Kadmium, Krom) Terhadap Organisme Perairan Dan Kesehatan Manusia. *Jurnal Akuatek*, *1*(1), 59–65.
- Purnawati, D., Nugraheni, A. D., Shalihah, H., & Laraswati, L. (2017). Pembuatan Nanofiber Polivinil Alkohol (PVA) Dengan Metode Electrospinning Sebagai Masker Debu Vulkanik. *Jurnal Fisika Indonesia*, *21*(1), 24. <https://doi.org/10.22146/jfi.38656>
- Rahman, S. K. A., Yusof, N. A., Abdullah, A. H., Mohammad, F., Idris, A., & Al-lohedan, H. A. (2018). Evaluation of porogen factors for the preparation of ion imprinted polymer monoliths used in mercury removal. *PLoS ONE*, *13*(4), 1–14. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0195546>
- Rahmawati, V., Manurung, P., Junaidi, & Karo-karo, P. (2021). *Journal of Energy , Material , and Instrumentation Technology (JEMIT)*. *2*(1).
- Raouf MS, A., & Raheim ARM, A. (2017). Removal of Heavy Metals from Industrial Waste Water by Biomass-Based Materials: A Review. *Journal of Pollution Effects & Control*, *05*(01), 1–13. <https://doi.org/10.4172/2375-4397.1000180>
- Roushani, M., Saedi, Z., Baghelani, Y. M., & Hamdi, F. (2019). Ti (IV) ion- imprinted polymer as a new selective sorbent for extraction and pre- concentration of trace amounts of titanium ions in different samples titanium ions in di ff erent samples. *International Journal of Environmental Analytical Chemistry*, *00*(00), 1–18. <https://doi.org/10.1080/03067319.2019.1628225>

- Royani, I., Rahmayani, J., Maimuna, Koriyanti, E., Jorena, Saleh, K., & Monado, F. (2020). *Temperature in the Extraction Process : The Number of Cavities Created in Polymer Based on Molecularly Imprinted Polymer (MIP) Caffeine*. 860, 297–302.
<https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/KEM.860.297>
- Sari, I. P., & Amran, M. bachri. (2021). Sintesis dan Karakterisasi SiO₂@APTES-IIP Sebagai Material Fungsional Penjerap Ion Kadmium(II). *IJCA (Indonesian Journal of Chemical Analysis)*, 4(1), 18–29.
<https://doi.org/10.20885/ijca.vol4.iss1.art3>
- Setiawan, I. (2019). *Pengukuran kuantitatif kandungan zno menggunakan metode pengenceran—matrix multikomponen dengan x-ray diffraction*. 2(2), 88–94.
- Shakerian, F., Kim, K. H., Kwon, E., Szulejko, J. E., Kumar, P., Dadfarnia, S., & Haji Shabani, A. M. (2016). Advanced polymeric materials: Synthesis and analytical application of ion imprinted polymers as selective sorbents for solid phase extraction of metal ions. *TrAC - Trends in Analytical Chemistry*, 83, 55– 69.
<https://doi.org/10.1016/j.trac.2016.08.001>
- Shams, M., Nabipour, I., Dobaradaran, S., Ramavandi, B., Qasemi, M., & Afsharnia, M. (2013). *An environmental friendly and cheap adsorbent (municipal solid waste compost ash) with high efficiency in removal of phosphorus from aqueous solution*. *Fresenius Environmental Bulletin*, 22(3), 722–726.
- Sharma, G., & Kandasubramanian, B. (2020). *Molecularly Imprinted Polymers for Selective Recognition and Extraction of Heavy Metal Ions and Toxic Dyes*. *Journal of Chemical and Engineering Data*, 65(2), 396–418.
<https://doi.org/10.1021/acs.jced.9b00953>
- Širc, J., Hobzová, R., Kostina, N., Munzarová, M., Jukličková, M., Lhotka, M., Kubinová, Š., Zajícová, A., & Michálek, J. (2012). Morphological characterization of nanofibers: Methods and application in practice. *Journal of Nanomaterials*, 2012. <https://doi.org/10.1155/2012/327369>
- Sowmya, S. R., Madhu, G. M., Sankannavar, R., & Yerragolla, S. (2021). Adsorption using chitosan and nano zerovalent iron composite material for sustainable water

- treatment. *Materials Research Express*, 8(2). <https://doi.org/10.1088/2053-1591/abdb4d>
- Sugito, Marliyan, S. D., & Apriana, H. D. (2022). Uji Kinerja Instrumen Spektrofotometer Serapan Atom (AAS) Shimadzu 6650 F Terhadap Logam Fe, Zn pada Kegiatan Praktikum Kimia Anorganik di UPT Laboratorium Terpadu UNS *Sugito I, a.*, 5(2), 82–88.
- Taurina, W., Sari, R., Hafinur, U. C., Wahdaningsih, S., & Isnindar, I. (2017). Optimization Of Stirring Speed And Stirring Time Toward Nanoparticle Size Of Chitosan-Siam Citrus Peel (*Citrus nobilis* L.var *Microcarpa*) 70% Ethanol Extract. *Majalah Obat Tradisional*, 22(1), 16. <https://doi.org/10.22146/tradmedj.24302>
- Vatul, K., Istiqomah, N., & Kusumawati, D. H. (2022). Sintesis Nanofiber Kitosan / Pva Sebagai Wound Dressing Dengan Metode Elektrospinning. *11*(01), 1–7.
- Wahyudi, T., & Sugiyana, D. (2011). Pembuatan Serat Nano Menggunakan Metode Electrospinning. *Arena Tekstil*, 26(1), 29–34. <https://doi.org/10.31266/at.v26i1.1439>
- Xu, X., Wang, M., Wu, Q., Xu, Z., & Tian, X. (2017). *Synthesis and Application of Novel Magnetic Ion-Imprinted Polymers for Selective Solid Phase. Ii.* <https://doi.org/10.3390/polym9080360>
- Yang, D., Li, L., Chen, B., Shi, S., Nie, J., & Ma, G. (2019). Functionalized chitosan electrospun nanofiber membranes for heavy-metal removal. *Polymer*, 163(December 2018), 74–85. <https://doi.org/10.1016/j.polymer.2018.12.046>
- Yusoff, M. M., Rohani, N., Mostapa, N., Sarkar, S., Biswas, T. K., Rahman, M. L., Arshad, S. E., Sarjadi, M. S., & Kulkarni, A. D. (2017). Synthesis of ion imprinted polymers for selective recognition and separation of rare earth metals. *Journal of Rare Earths*, 35(2), 177–186. [https://doi.org/10.1016/S1002-0721\(17\)60897-4](https://doi.org/10.1016/S1002-0721(17)60897-4)
- Zhang, B., Wang, W., Tian, M., Ning, N., & Zhang, L. (2020). Preparation of aramid nanofiber and its application in polymer reinforcement: A review. *European Polymer Journal*, 139 (August), 109996. <https://doi.org/10.1016/j.eurpolymj.2020.109996>

- Zhang, L., Zhang, S., Wang, C., Li, W., Yang, L., Li, S., Hu, J., & Zhang, L. (2021). A porous material of cross-linked adenine-polyethylene glycol diglycidyl ether for copper ion adsorption. *Materials Research Express*, 8(6). <https://doi.org/10.1088/2053-1591/ac0738>
- Zhang, M., Yin, Q., Ji, X., Wang, F., Gao, X., & Zhao, M. (2020). High and fast adsorption of Cd(II) and Pb(II) ions from aqueous solutions by a waste biomass based hydrogel. *Scientific Reports*, 10(1), 3285. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-60160-w>
- Zhang, S., Tanioka, A., & Matsumoto, H. (2021). De novo ion-exchange membranes based on nanofibers. *Membranes*, 11(9), 1–28. <https://doi.org/10.3390/membranes11090652>
- Zhao, R., Li, X., Sun, B., Li, Y., Li, Y., & Wang, C. (2017). Preparation of molecularly imprinted sericin/poly(vinyl alcohol) electrospun fibers for selective removal of methylene blue. *Chemical Research in Chinese Universities*, 33(6), 986–994. <https://doi.org/10.1007/s40242-017-7115-9>
- Zhou, Q., Yang, N., Li, Y., Ren, B., Ding, X., Bian, H., & Yao, X. (2020). Total concentrations and sources of heavy metal pollution in global river and lake water bodies from 1972 to 2017. *Global Ecology and Conservation*, 22, e00925. <https://doi.org/10.1016/j.gecco.2020.e00925>
- Zhu, G., Tang, H., Zhang, H., Pei, L., Zhou, P., & Shi, Y. (2019). Hydrometallurgy A novel ion-imprinted polymer for selective removal of trace Fe (III) from Cr (III) -containing solutions. *Hydrometallurgy*, 186(March), 105–114. <https://doi.org/10.1016/j.hydromet.2019.04.002>
- Zulnazri, & Dewi, R. (2012). Perbandingan Ketebalan Serat Dalam Meningkatkan Kualitas Komposit Polipropilen Daur Ulang Dengan Metode Cetak Tekan. *Jurnal Teknologi Kimia Unimal 1:1*, 1(November), 65–78.