

**ANALISIS *ION IMPRINTED POLYMER* (IIPs) DENGAN VARIASI
KONSENTRASI PVA/GELATIN SEBAGAI NANO FIBER
NF-IIPs Pb(II) DISINTESIS MENGGUNAKAN
METODE *ELECTROSPINNING***

TESIS

Untuk memenuhi syarat mendapatkan gelar Magister Sains
di bidang Studi Fisika



Oleh:

RUDI SETIAWAN

NIM. 08072622327001

**PROGRAM STUDI MAGISTER FISIKA
PROGRAM PASCASARJANA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS SRIWIJAYA**

2024

LEMBAR PENGESAHAN

ANALISIS *ION IMPRINTED POLYMER* (IIPs) DENGAN VARIASI KONSENTRASI PVA/GELATIN SEBAGAI NANO FIBER NF-IIPs Pb(II) DISINTESIS MENGGUNAKAN METODE *ELECTROSPINNING*

Untuk memenuhi syarat mendapatkan gelar Magister Sains
di bidang Studi Fisika



Oleh:
Rudi Setiawan
NIM. 08072622327001

Palembang, 27 Desember 2024

Menyetujui,

Pembimbing I

Dr. Idha Royani, S.Si., M.Si
NIP. 197105151999032001

Pembimbing II

Dr. Erry Koriyanti, M.T
NIP. 16910261995122001

Mengetahui,

Koordinator Program Studi Magister Fisika
Universitas Sriwijaya

Dr. Menik Ariani, S.Si., M.Si
NIP. 197211252000122001

HALAMAN PERSETUJUAN

Karya tulis ilmiah berupa tesis ini dengan judul "*ANALISIS ION IMPRINTED POLYMER (IIPs) DENGAN VARIASI PVA/GELATIN SEBAGAI NF-IIPS PB(II) DISINTESIS MENGGUNAKAN METODE ELECTROSPINNING*" telah diseminarkan di hadapan tim penguji seminar Sidang Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sriwijaya pada tanggal Desember 2024 dan dinyatakan sah untuk melakukan penelitian lebih lanjut.

Indralaya, 27 Desember 2024

Pembimbing:

1. Dr. Idha Rovani, S.Si., M.Si
NIP: 197105151999032001
2. Dr. Erry Korivanti., M.T
NIP: 16910261995122001


()

()

Penguji:

1. Dr. Akmal Johan, S.Si., M.Si
NIP: 197312211999031003
2. Dr. Fiber Monado, S.Si., M.Si
NIP: 19700223199512100

()

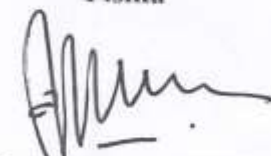
()

Mengetahui,

Dekan Fakultas Matematika dan
Ilmu Pengetahuan Alam



Koordinator Program Studi Magister
Fisika


Dr. Menik Ariani, S.Si., M.Si
NIP. 197211252000122001

HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Rudi Setiawan

NIM : 08072622327001

Judul : ANALISIS *ION IMPRINTED POLYMER* (IIPs) DENGAN VARIASI PVA/GELATIN SEBAGAI NANO FIBER NF-IIPs PB(II) DISINTESIS DENGAN MENGGUNAKAN METODE *ELECTROSPINNING*

Menyatakan bahwa tesis ini merupakan hasil karya saya sendiri didampingi tim pembimbing dan bukan hasil plagiat. Apabila ditemukan unsur plagiarisme dalam tesis ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik dari Universitas Sriwijaya sesuai aturan yang berlaku.

Demikian pernyataan ini saya buat dalam keadaan sadar dan tanpa ada paksaan dari siapapun.

Indralaya, 27 Desember 2024

Hormat saya,

Rudi Setiawan



HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Rudi Setiawan

NIM : 08072622327001

Judul : ANALISIS *ION IMPRINTED POLYMER* (IIPs) DENGAN VARIASI PVA/GELATIN SEBAGAI NANO FIBER NF-IIPs PB(II) DISINTESIS DENGAN MENGGUNAKAN METODE *ELECTROSPINNING*

Memberikan izin kepada pembimbing dan Universitas Sriwijaya untuk mempublikasikan hasil penelitian saya untuk kepentingan akademik apabila dalam waktu satu tahun tidak mempublikasikan penelitian saya. Dalam kasus ini saya setuju untuk menempatkan pembimbing sebagai penulis korespondensi (*corresponding author*).

Demikian pernyataan ini saya buat dalam keadaan sadar dan tanpa ada paksaan dari siapapun.

Indralaya, 27 Desember 2024

Hormat saya,



Rudi Setiawan

PRAKATA

Alhamdulillah Robbil 'alamiin

Segala puji bagi Allah ﷻ, Tuhan semesta alam, yang telah melimpahkan rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penelitian tugas akhir yang berjudul “Analisis ion imprinted polimers (IIPs) dengan variasi PVA/Gelatin sebagai nano fiber Nf-IIPs Pb (II) dengan metode *electrospinning*” dengan tepat waktu. Kegiatan penelitian ini telah dilaksanakan di Laboratorium Sains Material, dengan tujuan untuk memenuhi persyaratan kurikulum guna memperoleh gelar Magister Sains di Program Studi Magister Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Sriwijaya. Selama proses penulisan & penelitian ini, tak henti-hentinya penulis mendapat berbagai bantuan dan dukungan, serta saran guna penyempurnaan tugas akhir ini. Terima kasih dan rasa syukur yang tiada terbatas, penulis sampaikan kepada kedua orang tua, Bapak Suyitno dan Ibu Eni Nuryati, yang senantiasa mendoakan, mendukung, dan membantu, serta memberikan semangat dan motivasi pada penulis untuk terus berjuang menyelesaikan studi.

Penulis juga ingin menyampaikan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya kepada,

1. Ibu Dr. Idha Royani, S.Si., M.Si selaku dosen Pembimbing I Tugas Akhir yang telah memberikan arahan, ilmu, dan masukan, serta dukungan moril yang tiada henti-hentinya.
2. Bapak Dr. Erry Koriyanti., M.T, selaku dosen Pembimbing II Tugas Akhir yang telah mengarahkan dan memberi saran baik selama penyelesaian tugas akhir maupun selama perkuliahan di Program Studi Magister Fisika.
3. Ibu Dr. Menik Ariani, S.Si., M.Si selaku Koordinator Program Studi Magister Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, yang telah membimbing dan memberi pengarahan akademik selama perkuliahan di Program Studi Magister Fisika, yang juga berlaku sebagai dosen Penguji II.
4. Bapak Dr. Akmal Johan, S.Si., M.Si dosen Penguji Tugas Akhir yang telah memberikan ilmu, saran, dan kritikan dalam penyusunan tugas akhir ini.

5. Pak Muhammad Fuad, S.T., M.Kom selaku teknisi yang telah membantu perbaikan dan penyempurnaan alat Nachriebe 601 Electrospinning.
6. Bapak Dr. Fiber Monado, S.Si., M.Si dosen Penguji Tugas Akhir yang telah memberikan ilmu, saran, dan kritikan dalam penyusunan tugas akhir ini.
6. Bapak Ibu dosen Program Studi Magister Fisika yang telah mentransfer ilmu pengetahuan dan pengalaman luar biasa selama perkuliahan.
7. Jajaran staf Program Studi Magister Fisika; Pak Anton, yang telah membantu dalam proses administrasi dan surat-menyurat.
8. Rekan-rekan dan adik-adik satu tim penelitian *imprinted polymers* dan satu tim bimbingan; Sahat, Yeni, Dini, Artha, Eti, Silfi, Kak Dian, terutama bang ikhsan dan yang turut memberikan bantuan dan berbagi suka duka penelitian.
9. Adik-adik tingkat sesama KBI Fisika Material yang telah mendukung dan menularkan semangat dan emosi positif.
10. Teman-teman kelas yang mengambil perkuliahan yang sama di Program Studi Magister Fisika, yang telah kebersamai dan berbagi cerita selama satu tahun belakang.
11. Utamanya diri sendiri, yang berusaha memperlebar zona nyaman dan mempertahankan idealisme, guna penyempurnaan tugas akhir.

Indralaya, 27 Desember 2024



Penulis

**ANALISIS ION IMPRINTED POLYMER (IIPs) DENGAN VARIASI
KONSENTRASI PVA/GELATIN SEBAGAI NANO FIBER
NF-IIPs Pb (II) DISINTESIS MENGGUNAKAN
METODE *ELECTROSPINNING***

Rudi Setiawan

*Program Studi Magister Fisika, Program Pascasarjana, Fakultas Matematika
dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Sriwijaya*

*Bukit Besar, Jln. Padang Selasa No. 524, Bukit Lama, Kec. Ilir Barat, Kota
Palembang, Sumatera Selatan, 30139, Indonesia*

ABSTRAK

Kerusakan dan pencemaran lingkungan sebagian besar disebabkan oleh aktivitas manusia berupa limbah industri tekstil, tambang, pertanian, dan perkotaan yang mencemari lingkungan perairan. *Nanofiber* dipilih dalam penelitian ini karena kemampuannya untuk mengikat ion logam, sedangkan *electrospinning* digunakan untuk menghasilkan nanofiber dengan sifat adsorpsi yang baik. Proses sintesis dilakukan dengan memvariasikan konsentrasi PVA dan gelatin untuk mendapatkan karakteristik nanofiber NF-IIPs Pb(II). *Nanofiber* disintesis menggunakan variasi PVA/Gelatin 7/5% wt dan 5/5% wt menggunakan metode *electrospinning*. Berdasarkan hasil karakterisasi SEM diperoleh rongga terbanyak pada NF-IIPs Pb(II) yaitu variasi PVA/Gelatin 5/5% wt. Hasil ini didukung dengan uji adsorpsi material menggunakan larutan uji 20 ppm dalam 10 mL selanjutnya dikarakterisasi menggunakan AAS dan diperoleh kapasitas adsorpsi pada NF-IIPs Pb(II) yang disintesis menggunakan variasi PVA/Gelatin 5/5% wt dengan jarak jarum 12 cm dan tegangan 12 kV yaitu sebesar 0,33 mg/g. Penelitian ini menyimpulkan bahwa kombinasi Nf-IIPs Pb(II) dengan variasi konsentrasi PVA/gelatin dengan metode *electrospinning* menghasilkan *nanofiber* yang efektif untuk mengurangi pencemaran ion Pb(II) di lingkungan perairan.

Kata kunci: Adsorpsi, Timbal, Serat nano

Indralaya, 27 Desember 2024

Menyetujui,

Pembimbing I



Dr. Idha Rovani, S.Si., M.Si
NIP. 197105151999032001

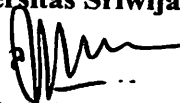
Pembimbing II



Dr. Erry Koriyanti, M.T
NIP. 16910261995122001

Mengetahui,

Koordinator Program Studi Magister Fisika
Universitas Sriwijaya



Dr. Menik Ariani, S.Si., M.Si
NIP. 197211252000122001

ANALYSIS OF ION IMPRINTED POLYMER (IIPs) WITH VARIATION OF PVA/GELATIN CONCENTRATION AS NANO FIBER NF-IIPS PB(II) SYNTHESIZED USING ELECTROSPINNING METHOD

Rudi Setiawan

Master of Physics Study Program, Graduate School, Faculty of Mathematics and Natural Sciences, University of Sriwijaya

Bukit Besar, Jln. Padang Selasa No. 524, Bukit Lama, Kec. Ilir Barat, Kota Palembang, Sumatera Selatan, 30139, Indonesia

ABSTRACT

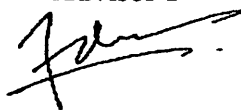
Environmental damage and pollution is mostly caused by human activities in the form of industrial, mining, agricultural and urban waste which pollutes the water environment. *Nanofiber was chosen in this research because of its ability to bind metal ions, while electrospinning was used to produce nanofiber with good adsorption properties. The synthesis process was carried out by varying the concentration of PVA and gelatin to obtain the characteristics of NF-IIPS Pb(II) nanofibers. Nano fibers were synthesized using variations of PVA/Gelatin 7/5% wt and 5/5% wt using the electro-spinning method. Based on the SEM characterization results, the most voids were found in Nf-IIPS-Pb(II), namely the 5/5% wt PVA/Gelatin variation. These results are supported by a material adsorption test using a test solution of 20 ppm in 10 mL which was then characterized using AAS and obtained the adsorption capacity of NF-IIPS Pb(II) which was synthesized using variations of PVA/Gelatin 5%/5% wt with a needle distance of 12 cm with a voltage of 12 kV, namely 0.33 mg/g. This research concludes that the combination of Nf-IIPS Pb(II) with varying concentrations of PVA/gelatin in the electrospinning method produces nanofibers that are effective in reducing Pb(II) ion pollution in the aquatic environment.*

Keyword: Adsorption, Lead, Nanofiber

Indralaya, 27 Desember 2024

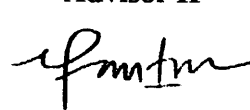
Approval,

Advisor I



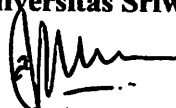
Dr. Idha Royani, S.Si., M.Si
NIP. 197105151999032001

Advisor II



Dr. Erry Korivanti, M.T
NIP. 16910261995122001

**Mengetahui,
Koordinator Program Studi Magister Fisika
Uniyersitas Sriwijaya**



Dr. Menik Ariani, S.Si., M.Si
NIP. 197211252000122001

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	i
HALAMAN PERSETUJUAN	ii
HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS.....	iii
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI	iv
PRAKATA	v
ABSTRAK	vii
ABSTRACT	viii
DAFTAR ISI.....	xv
DAFTAR GAMBAR.....	xvii
DAFTAR TABEL	xviii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xix
DAFTAR ISTILAH	xx
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	2
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Batasan Masalah	2
1.4 Tujuan Penelitian	2
1.5 Manfaat Penelitian	2
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1. Timbal Pb	4
2.2 Ion Pb(II).....	5
2.3 <i>Ion Imprinted Polymer (IIPs)</i>	5
2.4 Sintesis Material IIPs	5
2.5 <i>Cooling Heating</i>	6
2.6 Ekstraksi Polimer	6
2.7 Metode <i>Electrospinning</i>	6
2.8 Instrumentasi Karakterisasi Material	7
2.8.1 XRD (<i>X-Ray Diffraction</i>).....	7
2.8.2 FTIR (<i>Fourier Transform Infrared</i>)	8
2.8.3 SEM (<i>Scanning Electron Microscop</i>).....	10
2.8.4. AAS (<i>Atomic Absortion Spectroscopy</i>)	10
2.9 Adsorpsi	11

BAB III METODOLOGI PENELITIAN	13
3.1. Waktu dan Tempat	13
3.2 Alat dan Bahan	13
3.2.1. Alat Penelitian	13
3.2.2. Bahan Penelitian	13
3.3 Alat Karakterisasi	13
3.4 Tahapan Penelitian	15
3.5 Sintesis IIPs-Pb(II) dan Sintesis NF-IIPs Pb(II)	15
3.5.1 Sintesis Polimer Pb(II).....	15
3.5.2. Ekstraksi Polimer Pb(II)	16
3.5.3. Sintesis IIPs-NF Pb(II).....	18
3.6. Pengujian Kinerja Adsorpsi Material	20
3.7. Luaran dan Hasil Ekspektasi.....	20
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	22
4.1 Analisis Sintesis Material	22
4.2 Sintesis IIPs Pb(II)	22
4.3 Material Nanofiber IIPs-Pb(II)	23
4.4 Karakterisasi Material FTIR, SEM, XRD dan AAS.....	26
4.4.1 Hasil Karakterisasi FTIR (<i>Fourier Transform Infrared</i>).....	26
4.4.2 Hasil Karakterisasi SEM (<i>Scanning Electron Microscop</i>)	28
4.4.3 Hasil Karakterisasi XRD (<i>X-Ray Diffraction</i>)	30
4.4.4 Hasil Karakterisasi AAS (<i>Atomic Absortion Spectroscopy</i>).....	32
BAB V PENUTUP.....	34
5.1 Kesimpulan	34
5.2 Saran	34
DAFTAR PUSTAKA.....	35

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Grafik Hasil Karakterisasi XRD pada material berphasa (A) amorf dan (B) kristal	7
Gambar 2.2 Grafik FWHM Pada Hasil Karakterisasi XRD	8
Gambar 2.3 Spektrum FTIR dari Pb(II) dan Cr(VI)	9
Gambar 2.4 SEM dari IIPs yang disintesis	10
Gambar 2.5 Skematik prinsip kerja AAS	11
Gambar 3.1 Bagan Alir Sintesis IIPs-Pb.....	17
Gambar 3.2 Bgan Alir Sintesis NF-IIPs Pb(II).....	19
Gambar 4.1 Hasil sintesis, polimer padat (a), digerus menjadi serbuk polimer (b) dan sesudah di ekstraksi (c)	23
Gambar 4.2 Instrumen <i>Nachriebe 601 Electrospinning</i>	24
Gambar 4.3 Jet yang terbentuk saat larutan <i>nanofiber</i> diberi tegangan 15 kV pada jarak 12 cm.....	25
Gambar 4.4 Hasil sintesis menggunakan <i>electrospinning</i> (a) NF-IIPs Pb(II) 7/5% dan (b) NF-IIPs Pb(II) 5/5%	26
Gambar 4.5 Hasil analisis spektrum FTIR.....	27
Gambar 4.6 Hasil analisis SEM perbesaran 250 kali (a) Polimer Pb(II); (b) IIPs-Pb(II); dan perbesaran 2.500 kali (c) NF-IIPs-Pb(II) 5%5%; (d) NF-IIPs-Pb(II) 7/5%	29
Gambar 4.7 Persebaran diameter rongga di serat yang terbentuk pada material Polimer Pb(II), IIPs-Pb(II), NF-IIPs-Pb(II) 5/5% dan NF-IIPs-Pb(II) 7/5%	30
Gambar 4.8 Grafik Karakterisasi XRD.....	31

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Instrumentasi Karakterisasi.....	14
Tabel 3.2 Luaran dan Hasil Ekspektasi.....	20
Tabel 4.1 Nilai transmitansi Polimer Pb(II), IIPs-Pb(II), dan NF-IIPs-Pb(II).....	27
Tabel 4.2 Hasil Perhitungan Ukuran Material	27
Tabel 4.3 Hasil uji kinerja kapasitas adsorpsi ion logam Pb(II)	32

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Alat Penelitian	42
Lampiran 2. Alat Karakterisasi	44
Lampiran 3. Bahan Penelitian.....	45
Lampiran 4. <i>Software</i> Pengolah Data	47
Lampiran 5. Hasil Karakterisasi AAS	48
Lampiran 6. Hasil Karakterisasi XRD.....	49
Lampiran 7. Hasil Karakterisasi FTIR	50
Lampiran 8. Hasil Karakterisasi SEM.....	51
Lampiran 9. Kegiatan Penelitian	52
Lampiran 10. Perhitungan-perhitungan	53

DAFTAR ISTILAH

PVA.....	<i>Poly(vinyl alcohol)</i>
GE.....	<i>Gelatin</i>
CA.....	<i>Citric acid</i>
GA.....	<i>Glutaraldehyde</i>
wt%.....	<i>Persen berat</i>
Pb(NO ³).....	<i>Timbal</i>

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kerusakan dan pencemaran lingkungan sebagian besar disebabkan oleh aktivitas manusia berupa limbah perindustrian, pertambangan, pertanian, dan perkotaan yang mencemari lingkungan perairan (Afrianti dan Irni., 2020). Unsur yang paling vital tercemar adalah air, pada wilayah perkotaan dengan sejumlah pabrik maupun industri yang ada, sumber air bersih sering kali tercemar polutan, salah satu penyebabnya adalah logam berat seperti timbal maupun besi (C. Li et al., 2019). Timbal (Pb) merupakan jenis logam berat yang memiliki tingkat toksisitas yang cukup tinggi. Timbal memiliki sifat toksik tinggi ketiga setelah Hg dan Cd. Kadar dan toksisitas timbal dipengaruhi oleh pH, alkalinitas dan kadar oksigen (Sayekti dkk., 2015). Logam berat yang dibuang secara langsung dan secara tidak langsung tanpa pengolahan yang tepat akan menimbulkan polutan ke lingkungan salah satunya mencemari air dan tanah (Cai et al., 2022). Pencemaran yang berbahaya adalah pencemaran logam berat timbal yang terkontaminasi dalam air karena sifatnya yang tidak larut dalam air (Takwa dkk., 2017).

Logam berat yang berbahaya ketika berada di lingkungan perairan adalah ion timbal (Pb). Berdasarkan peraturan kemenkes tentang standar baku kadar maksimum yang dapat dikonsumsi dalam media air 0,05 mg/L. Pengurangan kadar logam berat pada limbah industri perlu dilakukan untuk mengurangi dampak negatifnya terhadap lingkungan. Berbagai metode telah dikembangkan untuk mengatasi pencemaran ion Pb (No)₃ di perairan, salah satu metode yang dapat diterapkan adalah metode ekstraksi fasa padat untuk meningkatkan selektivitas yang hingga saat ini masih banyak diteliti, dengan fungsionalisasi polimer yaitu *Ion Imprinted Polymers (IIPs)*. IIPs mempunyai sifat selektivitas yang sangat baik, afinitas ion spesifik tertentu dan stabil terhadap pH, temperatur dan tekanan dalam proses adsorpsi ion logam. Selain itu, IIPs dapat mengadsorpsi kontaminan dalam konsentrasi yang rendah, yang mana hal ini belum dicapai secara efektif oleh

metode lain sebelumnya. Efektivitas dari IIPs dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti kemampuan ligan mengikat ion logam, muatan ionik dan ukuran ion (Corda & Kini., 2020).

Beberapa metode yang dikembangkan saat ini yang banyak menuai perhatian salah satunya metode *electrospinning*. Metode *electrospinning* ini menunjukkan hasil yang efisien dibandingkan dengan metode sintesis serat nano yang lain, karena metode ini cukup sederhana, aplikasi yang cukup komprehensif serta mudah dimodifikasi. Kualitas serat nano yang dihasilkan dipengaruhi oleh beberapa parameter seperti tegangan, laju larutan, jarak jarum, temperatur, kelembapan, udara, dan konsentrasi larutan (Najafi & Frey., 2020 ; Edianta et al., 2023). Dari uraian diatas penelitian ini terfokus pada variasi konsentrasi larutan PVA/gelatin pada saat sintesis NF-IIPs Pb(II) dengan metode *electrospinning*.

1.2 Rumusan Masalah

1. Bagaimana mensintesis *Ion Imprinted Polymers*, IIPs-Pb (II) dan modifikasi Nf-IIPs Pb(II) *nanofiber* menggunakan metode *electrospinning*?
2. Bagaimana sistem pengujian kinerja sebagai penyaring timbal dalam air?

1.3 Batasan Masalah

Penelitian sintesis material IIPs-Pb (II) yang berukuran nano dengan variasi konsentrasi larutan PVA/Gelatin 7/5 wt% dan 5/5 wt% menggunakan metode *electrospinning*.

1.4 Tujuan Penelitian

1. Menyintesis material IIPs-Pb (II) dan NF-IIPs Pb(II) dengan variasi konsentrasi PVA/Gelatin menggunakan metode *electrospinning*.
2. Menganalisis karakteristik IIPs-Pb (II) dan serat nano NF-IIPs Pb(II) melalui karakterisasi FTIR, XRD, SEM, dan AAS.

1.5 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Menyajikan informasi mengenai IIPs-Pb (II) serta NF-IIPs Pb(II) yang telah berukuran nano sebagai absorben.

2. Dapat memberikan pengetahuan tentang tata cara pemanfaatan Pb(II) dilingkungan perairan.

DAFTAR PUSTAKA

- Abbasi, S., Roushani, M., Khani, H., Sahraei, R., & Mansouri, G. (2015). Synthesis and application of ion-imprinted polymer nanoparticles for the determination of nickel ions. *Spectrochimica Acta - Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy*, 140, 534–543.
- Afrianti, S., & Irni, J. (2019). Analisa Tingkat Pencemaran Logam Berat Timbal (Pb) Di Daerah Aliran Sungai Deli Sumatera Utara. *Biolink (Jurnal Biologi Lingkungan Industri Kesehatan)*, 6(2), 153–161. <http://doi.org/10.31289/biolink.v6i2.2964>
- Abdullah et al. (2019) ‘Synthesis of ultrasonic-assisted lead ion imprinted polymer as a selective sorbent for the removal of Pb 2+ in a real water sample’, *Microchemical Journal*, 146(February), pp. 1160–1168. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.microc.2019.02.037>.
- Ali, A., Chiang, Y.W. and Santos, R.M. (2022) ‘X-Ray Diffraction Techniques for Mineral Characterization: A Review for Engineers of the Fundamentals, Applications, and Research Directions’, *Minerals*, 12(2). Available at: <https://doi.org/10.3390/min12020205>.
- Ao, X., & Guan, H. (2018). Preparation of Pb(II) ion-imprinted polymers and their application in selective removal from wastewater. *Adsorption Science and Technology*, 36(1–2), 774–787. <http://doi.org/10.1177/0263617417722262>
- Bunaciu, A.A., Udriștioiu, E. gabriela and Aboul-Enein, H.Y. (2015) ‘X-Ray Diffraction: Instrumentation and Applications’, *Critical Reviews in Analytical Chemistry*, 45(4), pp. 289–299. Available at: <https://doi.org/10.1080/10408347.2014.949616>.
- Chauhan, A. and Chauhan, P. (2020) ‘Powder XRD Technique and its Applications in Science and Technology’, *Journal of Analytical & Bioanalytical Techniques*, 5(6), pp. 1–6. Available at: <https://doi.org/10.4172/2155->

9872.1000212.

- Chheang, L., Thongkon, N., Sriwiriyarat, T., & Thanasupsin, S. P. (2021). Heavy metal contamination and human health implications in the chan thnal reservoir, Cambodia. *Sustainability (Switzerland)*, 13(24), 1–20.
- Corda, N. and Kini, M.S. (2019) ‘Recent studies in adsorption of Pb(II), Zn(II) and Co(II) using conventional and modified materials:a review’, *Separation Science and Technology (Philadelphia)*, 55(15), pp. 2679–2698. Available at: <https://doi.org/10.1080/01496395.2019.1652651>
- Darmawan, W., Nurani, D. A., Rahayu, D. U. C., & Abdullah, I. (2020). Synthesis of ion imprinted polymer for separation and preconcentration of iron (III). *AIP Conference Proceedings*, 2242(June), 1–9.
- Djunaidi, M. C., Haris, A., Pardoyo, & Rosdiana, K. (2018). The Impact of Template Types on Polyeugenol to the Adsorption Selectivity of Ionic Imprinted Polymer (IIP) Fe Metal.
- Edianta, J. *et al.* (2023) ‘Review of Ion Imprinted Polymers Nanofiber With Technology Electrospinning: an Advanced Materials for Removal of Heavy Metal Ions’, *Journal of Chemical Technology and Metallurgy*, 58(4), pp. 731–748.
- Fajar Nugraha *et al.* (2021) ‘Analisis Kadar Kalium Ekstrak Kombinasi Kulit Pisang (*Musa paradisiaca* L.) dan Kulit Nanas (*Ananas comosus* (L.) Merr) Secara Spektrofotometri Serapan Atom’, *Jurnal Sains dan Kesehatan*, 3(6), pp. 846–852. Available at: <https://doi.org/10.25026/jsk.v3i6.791>.
- Hu, S. *et al.* (2016) ‘Preparation of Pb(II) ion imprinted polymer and its application as the interface of an electrochemical sensor for trace lead determination’, *Analytical Sciences*, 32(9), pp. 975–980. Available at: <https://doi.org/10.2116/analsci.32.975>.
- İnce, M. and İnce, O.K. (2017) ‘An Overview of Adsorption Technique for Heavy Metal Removal from Water/Wastewater: A Critical Review’, *International Journal of Pure and Applied Sciences*, 3(2), pp. 10–19. Available at:

<https://doi.org/10.29132/ijpas.372335>.

- Jacob, R., Nair, H.G. and Isac, J. (2015) ‘Structural and Morphological Studies of Nanocrystalline Ceramic BaSr_{0.9}Fe_{0.1}TiO₄’, *International Letters of Chemistry, Physics and Astronomy*, 41, pp. 100–117. Available at: <https://doi.org/10.56431/p-y2w34p>.
- Jepara, D. P., Azizah, R., Malau, R., Susanto, A. B., Santosa, G. W., & Hartati, R. (2018). Kandungan Timbal Pada Air , Sedimen , Dan Rumput Laut Sargassum sp ., *21*(23), 155–166.
- Khajeh, M., Heidari, Z. S., & Sanchooli, E. (2011). Synthesis, characterization and removal of lead from water samples using lead-ion imprinted polymer. *Chemical Engineering Journal*, 166(3), 1158–1163. <http://doi.org/10.1016/j.cej.2010.12.018>
- Koriyanti, E., Saleh, K., Monado, F., Syawali, F., & Royani, I. “On The Effect Of Ethanol Solution On MelamineTemplate Removal Process”. *Journal Of Chemical Technology And Metallurgy* , 55 (1), (2019):34–39
- Li, C., Zhou, K., Qin, W., Tian, C., Qi, M., Yan, X., & Han, W. (2019). A Review on Heavy Metals Contamination in Soil: Effects, Sources, and Remediation Techniques. *Soil and Sediment Contamination*, 28(4), 380–394.
- Li, Y., Zhang, J., Xu, C., & Zhou, Y. (2016). Crosslinked chitosan nanofiber mats fabricated by one-step electrospinning and ion-imprinting methods for metal ions adsorption. *Science China Chemistry*, 59(1), 95–105.
- Londoño-Restrepo, S.M. *et al.* (2020) ‘In-situ XRD study of the crystal size transition of hydroxyapatite from swine bone’, *Ceramics International*, 46(15), pp. 24454–24461. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.ceramint.2020.06.230>.
- Mutia, T., Novarini, E. and Gustiani, R.R.S. (2020) ‘Preparasi Dan Karakterisasi Membran Serat Nano Polivinil Alkohol / Gelatin Dengan Antibiotika Topikal Menggunakan Metode Electrospinning Preparation and Characterization of Polyvinyl Alcohol / Gelatin Nanofibrous Membranes

- With Topical Antibiotics By Elec’, *Arena Tekstil*, 35(2), pp. 95–106
- Mohammed, Y.A.Y.A. *et al.* (2020) ‘Preparation of electrospun polyvinylidene fluoride/amidoximized polyacrylonitrile nanofibers for trace metal ions removal from contaminated water’, *Journal of Porous Materials*, 28(2), pp. 383–392. Available at: <https://doi.org/10.1007/s10934-020-00995-w>.
- Najafi, M. and Frey, M.W. (2020) ‘Electrospun nanofibers for chemical separation’, *Nanomaterials*, 10(5). Available at: <https://doi.org/10.3390/nano10050982>.
- Nandiyanto, A. B. D., Oktiani, R., & Ragadhita, R. (2019). How to read and interpret ftir spectroscopy of organic material. *Indonesian Journal of Science and Technology*, 4(1), 97–118.
- Nandiyanto, A.B.D., Oktiani, R. and Ragadhita, R. (2019) ‘Cara Membaca dan Menafsirkan Spektroskopik Organik FTIR’, 4(April), pp. 97–118.
- Nurmawan, W., Bartholomeus, O. T., & Kainde, R. P. (2019). Analisis Kandungan Timbal (Pb) Dalam Daun Tanaman Di Ruang Terbuka Hijau. *J. Eugenia*, 25(3), 79–85. Retrieved from <https://ejournal.unsrat.ac.id/index.php/eugenia/article/view/31403>
- Patil, J. V. *et al.* (2017) ‘Electrospinning: A versatile technique for making of 1D growth of nanostructured nanofibers and its applications: An experimental approach’, *Applied Surface Science*, 423, pp. 641–674. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.apsusc.2017.06.116>.
- Paul, V., Pandey, R., K.V., R., & Meena, R. C. (2017). Atomic Absorption Spectroscopy (AAS) for Elemental Analysis of Plant Samples. *Manual of ICAR Sponsored Training Program on “Physiological Techniques to Analyze the Impact of Climate Change on Crop Plants,”* (January), 84–86. <http://doi.org/10.13140/RG.2.2.20976.15367>
- Perez-Puyana, V., Jiménez-Rosado, M., Romero, A., & Guerrero, A. (2018). Development of PVA/gelatin nanofibrous scaffolds for Tissue Engineering via electrospinning. *Materials Research Express*, 5(3).

- Ramadani, I.W.S. (2015) 'Karakterisasi Koreksi Pelebaran Puncak dan 2θ pada Analisis Difraksi Sinar-X', *Thesis*, p. 108.
- Ramakrishna, S., Fujihara, K., Teo, W. E., Lim, T. C., & Ma, Z. (2005). An introduction to electrospinning and nanofibers. In *New Jersey*. World Scientific Publishing Co. Pte. Ltd.
- 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. *Key Engineering Materials*, 860 KEM, 297–302.
- Royani, I., Widayani, Abdullah, M., & Khairurrijal. (2014). Characterization of an atrazine molecularly imprinted polymer prepared by a cooling method. *AIP Conference Proceedings*, 1589(Icmns 2012), 116–119.
- Roushani, M., Beygi, T. M., & Saedi, Z. (2016). Synthesis and application of ion-imprinted polymer for extraction and pre-concentration of iron ions in environmental water and food samples. *Spectrochimica Acta - Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy*, 153, 637–644.
- Sari, T. I., Hadiah, F., Bahrin, D., Putri, T. J., & Amanda, R. (2023). Pengaruh konsentrasi inisiator kalium persulfat dan monomer akrilat terhadap persen grafting karet alam / starch Effect of potassium persulfate and acrylic acid monomer concentration on the grafting percentage of natural rubber, 29(1), 9–18.
- Sharma, S.K. *et al.* (2018) *Handbook of Materials Characterization, Handbook of Materials Characterization*. Available at: <https://doi.org/10.1007/978-3-319-92955-2>.
- Shooto, N. D. (2020). Removal of toxic hexavalent chromium (Cr(VI)) and divalent lead (Pb(II)) ions from aqueous solution by modified rhizomes of *Acorus calamus*. *Surfaces and Interfaces*, 20(August). <http://doi.org/10.1016/j.surfin.2020.100624>

- Singh, A. K. (2016). Engineered Nanoparticles Structure, Properties and Mechanisms of Toxicity. In *Engineered Nanoparticles*. Academic Press.
- Sayekti, R. W., Yuliani, E., Bisri, M., Juwono, P. T., Prasetyorini, L., Sonia, F., & Putri, A. P. (2015). Studi evaluasi kualitas dan status trofik air Waduk Selorejo akibat erupsi Gunung Kelud untuk budidaya perikanan. *Jurnal Teknik Pengairan*, 6(1), 133–145.
- Takwa, A., Bujawati, E., Mallapiang, F., Com, K., Masyarakat, J. K., Islam, U., & Alauddin, N., 2017, Gambaran Kadar Timbal Dalam Urin dan Kejadian Gingival Lead Line Pada Gusi Anak Jalanan Di Flyover Jl. AP. Pettarani. *Higiene*, 3(2).
- Uddin, M.K. (2017) ‘A review on the adsorption of heavy metals by clay minerals, with special focus on the past decade’, *Chemical Engineering Journal*, 308, pp. 438–462. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.cej.2016.09.029>.
- Wahab, A.R.B.Z., Makmur, K. and Fakhrudin, A. (2022) ‘Analisis deteksi logam berat (Pb) pada sampel pangan segar asal tumbuhan (PSAT) menggunakan metode GFA AAS’, *FILOGENI: Jurnal Mahasiswa Biologi*, 2(2), pp. 47–52.
- Yusuf, M.O. (2023) ‘Bond Characterization in Cementitious Material Binders Using Fourier-Transform Infrared Spectroscopy’, *Applied Sciences (Switzerland)*, 13(5), pp. 1–27. Available at: <https://doi.org/10.3390/app13053353>.