

TESIS

Pengaruh Variasi Jarak Jarum ke Kolektor pada Perangkat *Electrospinning* Terhadap Karakteristik Material Berpori *Nanofiber* IIPs Pb (II)

**Diajukan untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar Magister Sains di
Bidang Studi Fisika**



Dian Megawanto (08072622226002)

**PROGRAM STUDI MAGISTER FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS SRIWIJAYA
2024**

LEMBAR PENGESAHAN

**Pengaruh Variasi Jarak Jarum ke Kolektor pada Perangkat *Electrospinning*
Terhadap Karakteristik Material Berpori *Nanofiber* IIPs Pb (II)**

Untuk memenuhi syarat mendapatkan gelar Magister Sains
di bidang Studi Fisika



Oleh :

Dian Megawanto

08072622226002

Palembang, Desember 2024

Menyetujui,

Pembimbing I

Dr. Idha Royani, S.Si, M.Si
NIP. 1971105151999032001

Pembimbing II

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

Mengetahui
Koordinator Program Studi Magister Fisika
Universitas Sriwijaya

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

HALAMAN PERSETUJUAN

tulis ilmiah berupa tesis ini dengan judul " Pengaruh Variasi Jarak Jarum ke Kolektor pada Perangkat *Electrospinning* Terhadap Karakteristik Material Berpori *Nanofiber* IIPs Pb (II)" telah diseminarkan dihadapan tim penguji seminar sidang Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sriwijaya pada tanggal 27 Desember 2024 dan dinyatakan sah.

Palembang, 27 Desember 2024

Pembimbing :

1. Dr. Idha Rovani, S.Si., M.Si
NIP: 197105151999032001
2. Dr. Menik Ariani, S.Si., M.Si
197211252000122001

()
()

Ketua Penguji :

1. Dr. Fiber Monado, S.Si., M.Si
NIP : 197002231995121002

()

Anggota Penguji :

1. Dr. Akhmad Aminuddin Bama, S.Si., M.Si
NIP. 197009141997021004

()

Mengetahui

Dekan Fakultas Matematika dan
Ilmu Pengetahuan Alam



Prof. Hermansyah, S.Si., M.Si., Ph.D
NIP: 197111191997021001

Koordinator Program Studi Magister
Fisika

()

Dr. Menik Ariani, S.Si., M.Si
NIP. 19721125200012200

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Dian Megawanto

NIM : 08072622226002

Judul : Pengaruh Variasi Jarak Jarum ke Kolektor pada Perangkat *Electrospinning* Terhadap Karakteristik Material Berpori *Nanofiber IIPs Pb (II)*

Menyatakan bahwa tesis ini merupakan hasil karya saya sendiri didampingi oleh dosen pembimbing dan bukan hasil plagiat, sebaagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Magister Sains di Program Studi Fisika (S2) FMIPA Universitas Sriwijaya.

Demikian pernyataan ini saya buat dalam keadaan sadar dan tanpa ada paksaan dari siapapun. Apabila dikemudian hari ditemukan adanya unsur plagiarisme dalam tesis ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik dari Universitas Sriwijaya sesuai aturan yang berlaku.

Indralaya, 29 Desember 2024
Yang Menyatakan,



Dian Megawanto
NIM.08072622226002

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah Robbil ‘alamiin

Segala puji bagi Allah جلاله جل, Tuhan semesta alam, yang telah melimpahkan rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penelitian tugas akhir yang berjudul “Pengaruh Variasi Jarak Jarum ke Kolektor pada Perangkat *Electrospinning* Terhadap Karakteristik Material Berpori *Nanofiber* IIPs Pb (II)” dengan tepat waktu. Kegiatan penelitian ini telah dilaksanakan di Laboratorium Sains Material, dengan tujuan untuk memenuhi persyaratan kurikulum guna memperoleh gelar Sarjana Sains di Jurusan 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 berbatas, penulis sampaikan kepada kedua orang tua, Bapak Supardi dan Ibu Sugiyanti, 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. Menik Ariani, S.Si., M.Si selaku Koordinator Program Studi Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam.
2. 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.
3. Ibu Dr. Menik Ariani, S.Si., M.Si selaku dosen Pembimbing II Tugas Akhir dan juga dosen Pembimbing Akademik yang telah mengarahkan dan memberi saran baik selama penyelesaian tugas akhir maupun selama berkuliah di Jurusan Fisika.
4. Bapak Dr. Fiber Manado, S.Si., M.Si dan Bapak Dr. Akhmad Aminuddin Bama, S.Si., M.Si selaku dosen Penguji Tugas Akhir yang telah memberikan ilmu, saran, dan kritikan dalam penyusunan tugas akhir ini.

5. Bapak Ibu dosen Prodi (S2) Fisika yang telah mentransfer ilmu pengetahuan dan pengalaman luar biasa selama perkuliahan.
6. Jajaran staf Jurusan Fisika, yang telah membantu dalam proses administrasi dan surat-menyurat.
7. Kepada seseorang yang istimewa dan tak kalah penting kehadirannya, Tri Retno Handayani, S.Pd. Terimakasih telah menjadi bagian dari perjalanan hidup penulis. Berkontribusi banyak dalam penulisan karya tulis ini, baik tenaga maupun waktu kepada penulis. Telah mendukung, menghibur, mendengarkan keluh kesah, memberikan semangat untuk pantang menyerah dan senantiasa memberikan cinta dan kasih sayang kepada penulis.
8. Rekan satu penelitian saya Muhammad Ihsan Alfikro yang sudah membantu penulis dimulai dari apa itu material ? sampai akhirnya penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini.
9. Mbak Desti, S.Si dan Mbak Farah Nuriessa, S.Si., M.Si yang telah meluangkan waktu membuka ruang diskusi serta berbagi pengalaman penelitian.
10. Rekan-rekan satu penelitian imprinted polymers; Eti, Rudi, & Novianto yang turut memberikan bantuan dan berbagi suka duka penelitian.
11. Teman kerja Lab Terpadu UIN Raden Fatah Palembang yang telah membantu menghendel pekerjaan dilab selama masa saya menyelesaikan tugas akhir, membagi semangat dan suka duka selama tahun terakhir perkuliahan.
12. Utamanya diri sendiri, yang berusaha memperlebar zona nyaman dan mempertahankan idealisme, guna penyempurnaan tugas akhir.

Indralaya, 10 Desember 2024

Penulis

**Pengaruh Variasi Jarak Jarum ke Kolektor pada Perangkat
Electrospinning Terhadap Karakteristik Material Berpori
Nanofiber IIPs Pb (II)**

Oleh:

Dian Megawanto
NIM: 08072622226002

ABSTRAK

Metode pemintalan elektrik atau electrospinning menjadi salah satu metode terdepan dalam pengembangan material nano berbasis struktur serat (nanofiber), yang memanfaatkan medan listrik statis bertegangan tinggi untuk menarik larutan kental menuju kutub negatif. Melalui kombinasi antar material, serat nano dapat menjadi selektif dalam menyerap cemaran, sehingga membuka peluang pengembangan sensor deteksi, salah satu bentuk kombinasi tersebut adalah material ion imprinted polymers (IIPs). Studi ini menghadirkan optimasi sederhana meliputi variasi jarak jarum-kolektor, pada jarak (7, 10, 15 cm) pengangkatan templat logam melalui proses ekstraksi dilakukan menggunakan HCl 3 M. Pengaruh variasi jarak jarum-kolektor pada serat nano berbasis PVA dianalisis melalui observasi morfologi menggunakan SEM dan analisis gugus fungsi menggunakan karakterisasi FTIR. Pada sampel IIPs Pb(II) didominasi gugus ikatan C-O yang menunjukkan adanya ikatan senyawa EDGMA atau BPO. Cukup berbeda dengan dengan serat nano campuran PVA dan Gelatin yang didominasi oleh gugus OH. Sampel NF-7 memiliki diameter rata-rata 392,3 nm, NF-10 memiliki diameter rata-rata yang lebih kecil, yaitu 315,9 nm, Sampel NF-15 cm memiliki diameter rata-rata yang paling kecil, yaitu 253,8 nm. Penyebaran Distribusi pori pada skala nanometer lebih banyak terbentuk pada NF-IIPs-Pb(II) dengan jarak 7 cm, dengan diameter rata-rata sebesar 392,3 nm yang lebih besar dibandingkan NF-IIPs-Pb(II) pada jarak 10 cm dan 15 cm. Sementara itu, kapasitas adsorpsi tertinggi ditemukan pada nanofiber dengan jarak 10 cm, yaitu sebesar 17,85 mg/g

Keywords: Electrospinning; Nanofiber; Morfologi

Indralaya, 10 Desember 2024

Menyetujui

Pembimbing I



Dr. Idha Rovani, S.Si, M.Si
NIP. 1971105151999032001

Pembimbing II



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

Mengetahui

**Koordinator Program Studi Magister Fisika
Universitas Sriwijaya**



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

The Effect of Varying Distance from the Needle to the Collector in the Electrospinning Device on the Characteristics of IIPs Pb(II) Nanofiber Porous Material

By:

Dian Megawanto
NIM: 08072622226002

ABSTRACT

The electrospinning method has become a leading technique in developing nanomaterials based on fiber structures (nanofibers), utilizing a high-voltage static electric field to draw a viscous solution towards the negative pole. By combining different materials, nanofibers can selectively absorb contaminants, opening opportunities for sensor detection development. One such combination is ion-imprinted polymers (IIPs). This study presents a simple optimization, including variations in the needle-to-collector distance (7, 10, and 15 cm). Metal template removal was carried out through extraction with 3 M HCl. The impact of needle-to-collector distance variation on PVA-based nanofibers was analysed through morphological observation using SEM and functional group analysis with FTIR characterization. In the IIPs Pb(II) sample, the C=O bond groups dominate, indicating the presence of EDGMA or BPO compounds, which is distinct from the PVA and Gelatin nanofibers, which are primarily dominated by -OH groups. The NF-7 sample had an average diameter of 392.3 nm, NF-10 had a smaller average diameter of 315.9 nm, and NF-15 had the smallest average diameter of 253.8 nm. The highest pore distribution at the nanoscale was observed in the NF-IIPs-Pb(II) sample at 7 cm, with a larger average diameter of 392.3 nm compared to the 10 cm and 15 cm samples. The highest adsorption capacity was found in the nanofiber with a 10 cm distance, at 17.85 mg/g

Keywords: Electrospinning; Nanofiber; Morphology

Indralaya, 10 Desember 2024

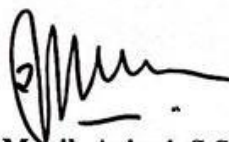
Menyetujui

Pembimbing I



Dr. Idha Rovani, S.Si, M.Si
NIP. 1971105151999032001

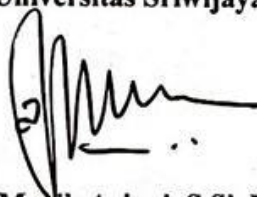
Pembimbing II



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

Mengetahui

Koordinator Program Studi Magister Fisika
Universitas Sriwijaya



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

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	ii
LEMBAR PERSETUJUAN	iii
PERNYATAAN ORISINALITAS	iv
KATA PENGANTAR	v
ABSTRAK	vii
ABSTRACT	viii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL	xii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	4
1.3 Batasan Masalah	4
1.4 Tujuan Penelitian	4
1.5 Manfaat Penelitian	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1 Studi Ion Pb (NO_3) ₂	6
2.1.1 Karakteristik Ion Pb(II).....	6
2.1.2 Dampak Pencemaran Ion Pb(II).....	6
2.2 Ion Imprinted Polymers (IIPs)	7
2.3 Metode Sintesis Material	8
2.3.1 Metode Cooling-Heating	8
2.3.2 Proses Ekstraksi	8
2.4 Instrumentasi Karakterisasi Material	9
2.4.1 Scanning Electron Microscope (SEM).....	9
2.4.2 Fourier Transform Infrared (FTIR).....	9
2.4.3 Atomic Absorption Spectroscopy (AAS)	10
2.5 Kinerja Adsorpsi.....	11
BAB III METODE PENELITIAN	13

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian.....	13
3.2 Alat dan Bahan Penelitian	13
3.3 Tahapan Penelitian	14
3.4 Pengujian Kinerja Adsorpsi Material	19
3.5 Luaran dan Hasil Ekspektasi	19
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	21
4.1 Hasil Pembuatan Polimer Padatan IIPs Dengan <i>Cooling-Heating</i>	21
4.1.1 Proses Pembuangan <i>Template</i> (Melamin) Pada Polimer	22
4.1.2 Nanofiber IIPs Pb(II).....	23
4.2 Analisis Karakterisasi Polimer	26
4.2.1 Hasil Karakterisasi Fourier Transform Infrared Spectroscopy	26
4.2.2 Hasil Karakterisasi Scanning Electron Microscopy	28
4.2.3 Hasil Uji Kinerja Polimer	31
BAB V PENUTUP	35
5.1 Kesimpulan.....	35
5.2 Saran.....	35
DAFTAR PUSTAKA.....	36
LAMPIRAN	42

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Ilustrasi Sintesis IIPs.....	7
Gambar 2.2 Hasil SEM dari (a) NIPs;(b) IIPs Pb(NO ₃) ₂).....	9
Gambar 2.3 Spektrum FTIR dari nanopartikel berbasis PMAA yang dicuci	10
Gambar 3.1. Diagram alir pembuatan polimer IIPs Pb(II).....	15
Gambar 3.2. Diagram alir pembuangan template IIPs Pb(II).....	16
Gambar 3.3. <i>Electrospinning</i>	17
Gambar 3.4. Diagram alir proses transformasi IIPs Pb(II)	18
Gambar 3.5. Diagram alir pengujian kinerja adsorpsi material	19
Gambar 4.1 (a). Polimer Padat IIPs Pb(II); (b). Serbuk Polimer IIPs Pb(II)	22
Gambar 4.2 Hasil Ekstraksi 7x Perulangan.....	23
Gambar 4.3 Alat Elctrospinning	24
Gambar 4.4 Larutan Polimer Keluar Dari Jarum Suntik	24
Gambar 4.5 NF-IIPs Pb(II) 7cm, NF-IIPs Pb(II) 10cm, NF-IIPs Pb(II)15cm...	25
Gambar 4.6. Hasil Analisis FTIR	26
Gambar 4.7 (a) Polimer IIPs-Pb(II) (b) NF-IIPs-Pb(II) 7 cm (c) NF-IIPs-Pb(II) 10 cm (d) NF- IIPs-Pb(II) 15 cm.....	28
Gambar 4.8. Diagram Yang Terbentuk Pada Permukaan Material (a) NF-IIPs-Pb(II) 7 cm (b) NF-IIPs-Pb(II) 10 cm (c) NF-IIPs-Pb(II) 15 cm	30
Gambar 4.9. Diagram Kapasitas Adsorpsi menggunakan Rstudio.....	33
Gambar 4.10. Diagram Porositas Sampel NF-7, NF-10 dan NF-15 menggunakan perangkat lunak Rstudio.....	33

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Nilai rasio distribusi dari IIPs Pb(II) dan NIP	12
Tabel 3.1 Alat Karakterisasi Timbal (Pb)	14
Tabel 3.2 Luaran dan Hasil Ekspektasi Penelitian	20
Tabel 4.1. Data Gugus Fungsi dari Analisis FTIR IIPs-Pb(II).....	27
Tabel 4.2. Hasil Kapasitas Adsorpsi Ion Logam NF-IIPs-Pb(II)	32

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Kualitas suatu lingkungan sangat dipengaruhi oleh aktivitas berkehidupan manusia di sekitarnya, apabila terjadi kerusakan terhadap lingkungan sekitar maka terjadilah penurunan terhadap kualitas lingkungan udara, tanah dan air (Amin *et al.* 2011). Pencemaran lingkungan tidak hanya memberikan dampak bagi lingkungan hidup namun juga dapat memberikan dampak bagi kesehatan manusia, Berbagai macam pencemaran logam seperti timbal, merkuri dan arsen yang terdapat pada lingkungan merupakan zat yang sangat toksik pada manusia dan hewan. Beberapa peneliti telah melaporkan beberapa efek timbal terhadap kesehatan manusia. Timbal dapat mengganggu sistem reproduksi pria dengan menurunkan kualitas semen. *Baloch et al* (2020) menunjukkan bahwa paparan timbal sebesar 5.29–7.25 µg/dl dapat menurunkan kualitas semen pada pria. Bila konsentrasi timbal dalam darah lebih besar dari 20 µg/dl dapat menurunkan hemoglobin dan meningkatkan risiko terkena anemia (*Liu et al.*, 2011). Minarti, Setiani, & Joko (2015) melaporkan bahwa 28 orang dari 33 pekerja (84,8%) dalam pengecoran logam menderita gangguan fungsi hati.

Kerusakan lingkungan meningkat beberapa tahun terakhir ini, baik di wilayah daratan maupun wilayah perairan. Salah satu wilayah yang rentan terhadap pencemaran lingkungan adalah wilayah perairan. Pada wilayah perairan terdapat beragam kegiatan manusia seperti kegiatan industri, transportasi laut, pariwisata dan kegiatan lain yang berhubungan dengan pemenuhan kebutuhan manusia (Sukaryono, 2018). Pada umumnya aktivitas antropogenik tersebut akan menghasilkan limbah yang dapat mengandung logam berat dan bersifat toksik yang akan masuk ke dalam perairan, terakumulasi melalui proses biokonsentrasi, bioakumulasi dan biomagnifikasi (Simbolon, 2018). Kontaminasi logam berat

tersebut telah menjadi masalah dalam kesehatan lingkungan dan kesehatan manusia karena dapat menyebabkan efek mematikan terhadap organisme laut serta menyebabkan ketidak seimbangan ekologis dan keanekaragaman organisme laut (Akbar *et al.*, 2014). Sedangkan pada kesehatan manusia, logam berat tersebut dapat mengganggu fungsi jaringan organ tubuh terutama di dalam organ limpa, pankreas, hati, dan lambung (Siripongvutikorn *et al.*, 2016). Salah satu logam berat yang berbahaya bagi kesehatan adalah logam timbal (Pb).

Timbal (Pb) merupakan salah satu logam berat yang dapat masuk mencemari lingkungan sekitar kita melalui udara, tanah maupun air dan memberikan efek toksik bagi tubuh (Setyaningrum *et al.*, 2018). Walaupun dalam jumlah yang relatif rendah dapat membahayakan kesehatan manusia (Samsuedin *et al.* 2015). Sumber pencemaran timbal pada perairan dapat berasal dari buangan sejumlah industri seperti industri kimia, industri percetakan, dan industri yang memproduksi logam, dan cat (Putra *et al.*, 2016). Selain itu, pencemaran logam timbal (Pb) pada udara dan tanah juga menjadi masalah yang harus segera diatasi karena saat terakumulasi di tanah bisa menyebabkan penyebaran melalui air, angin dan penyerapan oleh tumbuhan (Chaney *et al.* 1998). Paparan timbal pada manusia terjadi melalui pencernaan, kontak dengan kulit dan sistem pernapasan, sekitar 25-50% diserap dalam paru-paru dan sisanya oleh paru-paru karena ukurannya yang kecil ($<0,5 \mu\text{m}$) sehingga lebih mudah diserap oleh alveoli dan sisanya akan tertahan oleh rambut di hidung (Eibensteiner *et al.*, 2005). Pernyataan ini menguatkan bahwa logam timbal (Pb) sangat berbahaya dan beracun penting untuk dilakukan penelitian lebih lanjut. *Ion Imprinted Polymer* merupakan salah satu material yang memiliki kemampuan sebagai adsorben, ion timbal diantaranya.

Ion imprinted polymers (IIPs) atau polimer pencetak ion bertujuan untuk mendapatkan adsorben yang selektif terhadap ion logam yang diinginkan. Metode Ion Imprinted polymers (IIPs) memiliki kelebihan yaitu adanya selektivitas yang tinggi dan preparasinya mudah. Metode pencetak ion menghasilkan cetakan ion logam yang terikat dalam polimer, selanjutnya dilepas dari matriks polimer menghasilkan cetakan yang selektif terhadap ion yang dicetak. IIPs telah

diaplikasikan dalam berbagai macam analisis seperti prakonsentrasi, pemisahan dan pemurnian karena selektivitasnya yang tinggi (Ngatijo *et al.*, 2019).

Timbal bisa dibuat menjadi nanofiber, yaitu serat dengan diameter dalam kisaran nanometer (biasanya antara 1 nm dan 1 μm). Nanofiber dapat dihasilkan dari polimer yang berbeda karenanya memiliki sifat fisik dan potensi aplikasi yang berbeda. Pada dasarnya pembuatan serat nano dapat dilakukan dengan beberapa metode seperti teknik pemintalan serat multikomponen, *melt blowing* dan *electrospinning*. Dari ketiga metode pembuatan serat tersebut, untuk saat ini electrospinning merupakan teknik yang cukup sederhana namun mampu menghasilkan serat nano dengan rentang ukuran paling kecil yakni 0,04 – 2 mikron (Wahyudi *et.al* 2011). Dari berbagai macam metode sintesis serat nano, metode *electrospinning* terbukti menunjukkan hasil yang paling efisien, proses yang sederhana, mudah dimodifikasi, dan aplikasi komprehensif (Ardekani.*et.al.*,2020; Rajak *et al.*, 2020). Electrospinning merupakan suatu proses pembuatan serat nano yang efisien dengan memanfaatkan pengaruh medan listrik dalam menghasilkan pancaran (jet) larutan atau lelehan polimer bermuatan listrik. Beberapa keuntungan metode electrospinning terletak pada peralatannya yang relatif sederhana dan biayanya yang cukup murah (Wahyudi, 2011).

Kualitas serat nano elektrospon dipengaruhi oleh beragam parameter, yang meliputi parameter internal (tegangan, laju alir, jarak jarum ke kolektor, kelembapan) dan parameter eksternal (konsentrasi, viskositas, tegangan permukaan larutan). Variasi 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 ion Timbal Pb(II). Melalui variasi konsentrasi larutan, panjang dan diameter serat maksimum dapat diatur sedemikian rupa (Beachley &Wen, 2009). Seperti penelitian sebelumnya melaporkan bahwa Hasil analisis SEM yang

dilakukan menggunakan jarak menghasilkan bahwa diameter serat menurun seiring bertambahnya jarak antara jarum dan pelat pengumpul. Seiring berkurangnya jarak, serat-serat semakin berkumpul bersama pada permukaan kertas (Gonca.2023). Berdasarkan latar belakang di atas maka peneliti tertarik melakukan penelitian tentang proses sintesis material sensor berpori sebagai pendeteksi timbal (Pb) menggunakan metode *electrospinning*.

1.2. Rumusan Masalah

1. Bagaimana proses sintesis dan karakterisasi material berpori *nanofiber* IIPs Pb(II) sebagai pendeteksi timbal (Pb) menggunakan metode *Cooling heating*?
2. Apa pengaruh jarak jarum ke kolektor pada perangkat *electrospinning* terhadap karakteristik material berpori *nanofiber* IIPs Pb(II)
3. Bagaimana melakukan sintesis material IIPs menjadi NF-IIPs Pb(II) agar memiliki kemampuan menyerap yang tinggi Pb(II) sebagai adsorben ion Pb(II) menggunakan metode *electrospinning*?

1.3. Batasan Masalah

Penelitian ini difokuskan pada sintesis material serat nano IIPs Pb(II) dengan variasi konsentrasi larutan prekursor PVA/Gelatin 7,5/2,5 wt% menggunakan metode *electrospinning*.

1.4. Tujuan Penelitian

1. Sintesis material IIPs Pb(II) dan nanofiber ion imprinted polymers (NF-IIPs) Pb(II) dengan metode *electrospinning*.
2. Menganalisis pengaruh jarak jarum ke kolektor pada perangkat *electrospinning* terhadap karakteristik material berpori *nanofiber* IIPs Pb(II) melalui karakterisasi SEM, dan FTIR.
3. Membandingkan kinerja adsorpsi NF-IIPs Pb(II) dengan Variasi Jarak 7, 10 dan 15 cm sebagai adsorben Pb(II).

1.5. Manfaat Penelitian

1. Bagi Peneliti

Hasil penelitian ini diharapkan dapat menambah informasi mengenai IIPs Pb(II) yang telah dioptimasi berstruktur serat nano sebagai adsorben ion Pb(II).

2. Bagi Pembaca

Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi mengenai solusi untuk mengetahui dan mengatasi keberadaan ion logam Pb(II) yang mencemari lingkungan 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.
- Akbar, A. W., Daud, A., & Mallongi, A. (2014). Analisis Risiko Lingkungan Logam Berat Cadmium (Cd) Pada Sedimen Air Laut Di Wilayah Pesisir Kota Makassar. *Jurnal Kesehatan Lingkungan Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Hasanuddin*, Cd,18.
- Amalia R. 2016. Analisis Hubungan Kadar Timbal (Pb), Zinc Protoporphyrin dan Besi (Fe) dalam Sampel Darah Operator SPBU di Kota Semarang. [Skripsi]. Semarang: Universitas Negeri Semarang.
- Amin B, Afriyani E, Saputra MA. 2011. Distribusi spasial logam Pb dan Cu pada sedimen dan air laut permukaan di perairan Tanjung Buton Kabupaten Siak Provinsi Riau. *J Teknobiologi*. 2(1):1–8.
- Ardekani, R., Borhani, S., & Rezaei, B. (2020). Selective molecularly imprinted polymer nanofiber sorbent for the extraction of bisphenol A in a water sample. *Polymer International*, 69(9), 780–793.
- A. Theron, E. Zussmann, A.L. Yarin, *Experimental investigation of the governing parameters in the electrospinning of polymer solutions*, *Polymer* 45(6).(2003); 2017–2030.
- Beachley, V., & Wen, X. (2009). Effect of electrospinning parameters on the nanofiber diameter and length. *Materials Science and Engineering C*, 29(3), 663–668.
- Branger, C., Meouche, W., & Margailan, A. (2013). Recent advances on ion imprinted polymers. *Reactive and Functional Polymers*, 73(6), 859–875.

- Brown, T., LeMay, H., Bursten, B., Murphy, C., & Woodward, P. (2012). *Chemistry The Central Science* (A. Jaworski (ed.); 12th ed.). Prentice Hall.
- Bunaciu, A. A., Udriștioiu, E. gabriela, & Aboul-Enein, H. Y. (2015). X-Ray Diffraction: Instrumentation and Applications. *Critical Reviews in Analytical Chemistry*, 45(4), 289–299.
- Chheang L, Thongkon N, Sriwiriyarat T, Thanasupsin SP. *Heavy Metal Contamination and Human Health Implications in the Chan Thnal Reservoir, Cambodia. Sustainability*. 2021;13(24):1–20. doi:10.3390/su132413538
- Dallas P, Niarchos D, Vrbanic D, et al. *Interfacial polymerization of pyrrole and in situ synthesis of polypyrrole/silver nanocomposites*. *Polymer*. 2007;48(7):2007–2013.
- 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 Ion. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 349(1)
- Djunaidi, M. C., Jumina, Siswanta, D., & Ulbricht, M. (2015). Selective transport of Fe(III) using ionic imprinted polymer (IIP) membrane particle. *AIP Conference Proceedings*, 1699(III).
- Eibensteiner L, Sanz ADC, Frumkin H, Gonzales C, Gonzales GF. 2005. Lead exposure and semen quality among traffic police in Arequipa, Peru. *International journal of occupational and environmental health*. 11(2):161-166.
- Febyana, A. W., & Putri, N. P. *Pengaruh Variasi Tegangan Terhadap Morfologi Dan Konduktivitas Listrik Nanofiber Pani/Pva*. 2022;18(2), 227–237.

- Günzler, H., & Williams, A. (2008). Handbook of Analytical Techniques. In *Handbook of Analytical Techniques* (1st ed., Vols. 1–2). WILEY-VCH
- Gusnita D .2012. Pencemaran logam berat timbal (Pb) di udara dan upaya penghapusan bensin bertimbal. *Jurnal Berita Dirgantara*. 13(3):95-101.
- Harshal Gade a, Shantanu Nikam b, George G. Chase, Darrell H. Reneker. *Effect of electrospinning conditions on β -phase and surface charge potential of PVDF fibers*. *Polymer* 228
- 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.
- Kargari A, Matsuura T, Shirazi MMA, editors. *Electrospun and nanofibrous membranes: principles and applications*. 2023
- Kartika HD, Jorena J, Monado F, Royani I. *Analisis Jumlah Rongga Tercetak pada Ion Imprinted Polymer (IIPs)-Fe(III) Yang disintesis menggunakan Metode Cooling-heating*. *JPS*. 2022;24(1):18–23. doi:10.56064/jps.v24i1.68.
- 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.
- Lubis B, Rosdiana N, Nafianti S, Rasyianti O, Panjaitan FM. 2013. Hubungan keracunan timbal dengan anemia defisiensi besi pada anak. *CDK-200* 40(1): 17-21.
- Mariola Ferrández-Rives, Ángela Aurora Beltrán-Osuna, José Antonio Gómez-Tejedor and José Luis Gómez Ribelles. *Electrospun PVA/Bentonite Nanocomposites Mats for Drug Delivery*. MDPI. 2017. 1448(10). 2017

- Matsuura T, Shirazi MMA. *Principles of Electrospinning and Nanofiber Membranes*. In: Kargari A, editor. *Electrospun and Nanofibrous Membranes*. 1st ed. 2023; pages 3–25. doi:10.1016/B978-0-12-823032-9.00016-7
- Modise R, Darko G and Torto N. *Incorporation of Ni(II)-dimethylglyoxime ion-imprinted polymer into electrospun polysulphone nanofibre for the determination of Ni (II) ions from aqueous samples*, ISSN 1816-7950 Vol. 37 No. 4. 2011
- Nishide, H., Deguchi, J., & Tsuchida, E. (1976). Selective Adsorption of Metal Ions on Crosslinked Poly(Vinylpyridine) Resin Prepared With a Metal Ion As a Template. *Chemistry Letters*, 5(2), 169–174.
- Novianty, Edianta, J., Saleh, K., Bama, A. A., Koriyanti, E., Ariani, M., & Royani, I. *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). 2023
- Perez-Puyana et al. *Development of PVA/gelatin nanofibrous scaffolds for Tissue Engineering via electrospinning*, (2018)
- Putra, P. D., Sulistiyani, & Budiyono. (2016). Analisis Risiko Kandungan Timah Hitam (Pb) Pada Ikan Belanak Di Sungai Tapak Kota Semarang. *Jurnal Kesehatan Masyarakat Universitas Diponegoro*, 4, 85–93.
- 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.
- 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.

- Samsuedin I, Dharmawan IWS, Pratiwi Wahyono D. 2015. Peran pohon dalam menjaga kualitas udara di perkotaan, 1st ed. FORDA PRESS (Anggota IKAPI). Bogor: Jawa Barat.
- Setyaningrum, E. W. *et al.* (2018) 'Analisis Kandungan Logam Berat Cu , Pb , Hg Dan Sn Terlarut Di Pesisir Kabupaten Banyuwangi', *Prosiding Seminar Nasional Kelautan dan Perikanan IV*, (September), pp. 144–153.
- Simbolon, A. R. (2018). *Analisis Risiko Kesehatan Pencemaran Timbal (Pb) Pada Kerang Hijau (Perna Viridis) Di Perairan Cilincing Pesisir DKI Jakarta. Jurnal Oseanologi dan Limnologi Di Indonesia*, 3(21), 197–208
- Singh S. 2014. A Review: Introduction To Genus Deloni. *World Journal of Pharmacy and Pharmaceutical Sciences*. 3(6):2042-2055.
- Singh, A. K. (2016). Engineered Nanoparticles Structure, Properties and Mechanisms of Toxicity. In *Engineered Nanoparticles*. Academic Press.
- Siripongvutikorn, S., Asksonthong, R. and Usawakesmanee, W. (2016). Evaluation of harmful heavy metal (Hg, Pb and Cd) reduction using *Halomonas elongata* and *Tetragenococcus halophilus* for protein hydrolysate product. *Functional Foods in Health and Disease*, 6(4),p.195. doi: 10.31989/ffhd.v6i4.240
- Širc, J., Hobzová, R., Kostina, N., Munzarová, M., Juklíčková, 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>
- Sujatno, A., Salam, R., Bandriyana, B., & Dimiyati, A. (2015). Studi Scanning Electron Microscopy (SEM) untuk Karakterisasi Proses Oksidasi Paduan Zirkonium. *Jurnal Forum Nuklir*, 9(1), 44.
- Sukaryono, I. D. (2018). Kandungan Logam Berat Pb Dan Cd Pada Sedimen Di Pesisir Teluk Ambon Dalam Sebagai Indikasi Tingkat Pencemaran. *Majalah Biam*, 14(1), 1. <https://doi.org/10.29360/Mb.V14i1.3554>

- Szczygłowska M, Bodnar M, Namieśnik J, Konieczka P. 2014. The use of vegetables in the biomonitoring of cadmium and lead pollution in the environment. *Critical reviews in analytical chemistry*. 44(1):2-15.
- Takagishi, T., & Klotz, I. M. (1972). Macromolecule-small molecule interactions; introduction of additional binding sites in polyethyleneimine by disulfide cross-linkages. *Biopolymers*, 11(2), 483–491.
- Tunáková V, Techniková L, Militký J. 2017. Influence of washing/drying cycles on fundamental properties of metal fiber-containing fabrics designed for electromagnetic shielding purposes. *Textile Research Journal*. 87(2):175–192.
- Wahyudi Tatang & Sugiyana. (2011). *Pembuatan Serat Nano Menggunakan Metode Electrospinning*. Arena Tekstil Volume 26(1):1-60
- Widjonarko, N. (2016). Introduction to Advanced X-ray Diffraction Techniques for Polymeric Thin Films. *Coatings*, 6(4), 54.
- X. Yuan, Y. Zhang, C. Dong, J. Sheng, *Morphology of ultrafine polysulfone fibers prepared by electrospinning*, *Polym. Int.* 53(11).(2004);1704–1710.
- Zhang, H. *Effects of electrospinning parameters on morphology and diameter of electrospun PLGA/MWNTs fibers and cytocompatibility in vitro*. *Journal of Bioactive and Compatible Polymers*. 2011. 26(6): p. 590-606.