



## Analisis ion *imprinted polymer* (IIPs) dengan variasi konsentrasi PVA/Gelatin sebagai *nanofiber* NF-IIPs Pb(II) disintesis menggunakan metode *electrospinning*

RUDI SETIAWAN<sup>1</sup>, IDHA ROYANI<sup>1,2\*</sup>, ERRY KORİYANTI<sup>2</sup>, JORENA<sup>2</sup>, OCTAVIANUS CAKRA SATYA<sup>2</sup>, DAN MENIK ARIANI<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Magister Sains, Universitas Sriwijaya, Palembang; <sup>2</sup>Jurusan Fisika, FMIPA, Universitas Sriwijaya, Sumatera Selatan, Indonesia

**Kata kunci:**  
adsorpsi,  
timbangan,  
serat nano

**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.

**Keywords:**  
adsorption,  
lead,  
nanofiber

**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.

### 1 PENDAHULUAN

Kerusakan dan pencemaran lingkungan sebagian besar disebabkan oleh aktivitas manusia berupa limbah industri tekstil, tambangan, pertanian, dan perkotaan yang mencemari lingkungan perairan [1]. 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 disebabkan adanya logam berat seperti timbal maupun besi [2]. 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 [3]. Logam berat yang dibuang secara langsung dan secara tidak langsung tanpa pengolahan yang tepat akan menimbulkan polutan ke lingkungan yang mencemari air dan tanah [4]. Salah satu logam berat yang berbahaya ketika berada di lingkungan perairan adalah ion timbal (Pb) karena sifatnya yang tidak larut dalam air [5].

\* Corresponding Author: [idharoyani@unsri.ac.id](mailto:idharoyani@unsri.ac.id)

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)<sub>3</sub> 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 [6]. 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 [7],[8].

Pada artikel ini dilaporkan konsentrasi larutan PVA/Gelatin yang disintesis menggunakan metode *electrospinning*.

## 2 METODE

### Sintesis Polimer Pb(II)

Material IIPs dan NIPs yang disiapkan untuk disintesis dengan metode *cooling heating*. Sintesis Polimer Pb(II) dilakukan beberapa tahapan yaitu pertama: siapkan gelas *beaker* sebagai wadah mengandung larutan, timbang Pb (No)<sub>3</sub> 0,404 g, lalu larutkan kedalam 40 mL *Etanol*, masukan 40 mL (MAA), dan 3,96 mL (EDGMA) serta 0,07 g (BPO) sebagai inisiator, proses yang sama dilakukan untuk membuat NIPs (Polimer tanpa zat aktif di dalamnya) semua bahan diaduk sambil dipanaskan menggunakan *magnetic stirrer* dengan suhu 40 °C selama 15 menit agar terlarut homogen. Kedua: Larutan pra-polimer kemudian dimasukkan ke dalam botol vial dan didinginkan

pada suhu -5 °C selama 1 jam di *freezer* untuk mengurangi kadar oksigen yang ada dalam larutan tersebut. Larutan pra-polimer yang sudah dibuat dimasukkan kedalam *furnace*, dimana suhu dinaikkan secara berturut-turut mulai dari suhu 70 °C 3 jam, lalu dinaikkan 80 °C 2 jam dan terakhir pada suhu 85 °C 1 jam untuk membentuk proses penguapan pada larutan pra-polimer menjadi akrilik (bening).

### Ekstraksi Polimer IIPs-Pb (II)

Ekstraksi polimer IIPs-Pb (II) dilakukan untuk menghilangkan ion Pb (II) dari hasil proses sintesis. Ekstraksi polimer IIPs-Pb (II) dilakukan dengan beberapa tahapan yaitu, pertama polimer padatan yang dihasilkan dari proses sintesis digerus menggunakan cawan dan mortar sampai menjadi serbuk halus. Serbuk halus kemudian dicuci dengan larutan *etanol* sebanyak 8,5 mL dengan cara merendamnya selama 5 jam dan dilakukan sebanyak 5 kali. Kemudian dilakukan pencucian kembali pada serbuk polimer IIPs-Pb (II) dengan menggunakan air deionisasi sebanyak 15 mL untuk menghilangkan templatnya. Setelah itu dilakukan kembali pencucian menggunakan larutan HCL dengan konsentrasi 1M sebanyak 8 mL untuk memastikan tidak ada ion Pb yang tertinggal pada template, pencucian dilakukan dengan cara merendamnya selama 5 jam sebanyak 15 kali pengulangan. Dilakukan juga proses *leaching* pada serbuk IIPs-Pb (II) menggunakan *magnetic stirrer*, proses *leaching* dilakukan sebanyak 15 kali dengan pemanasan dan 15 kali tanpa pemanasan. Hasil akhir proses ekstraksi dikeringkan dengan cara memasukkan ke dalam oven selama 1 jam pada suhu 60 °C yang bertujuan untuk mengeringkan serbuk polimer IIPs-Pb (II).

### Sintesis NF-IIPs Pb (II)

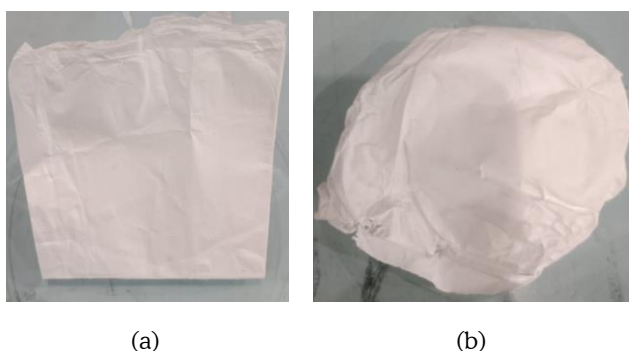
Larutan prekursor *electrospinning* dibuat dengan mengombinasikan *poly(vynil alcohol)* (PVA) dengan gelatin. PVA dan gelatin dilarutkan ke dalam aquabides dengan variasi konsentrasi PVA/Gelatin (7/5 wt% dan 5/5 wt%) dan diaduk menggunakan *hot plate* selama 4 jam pada suhu 40°C. IIPs Pb (II) sebanyak 0,2 gram dicampurkan ke dalam masing-masing variasi konsentrasi larutan PVA/Gelatin, lalu diaduk menggunakan *hot plate* selama 3 jam. Larutan IIPs Pb (II) PVA/Gelatin dimasukkan ke dalam jarum suntik dan dipompa menggunakan injektor dengan laju alir 0,3 mL/jam. Drum kolektor dilapisi dengan aluminium foil dan dibuat berputar dengan kecepatan putaran konstan sebagai tempat pengumpul material akhir. Tegangan sebesar 15 kV dihubungkan ke ujung jarum dengan jarak 12 cm dari kolektor.

### Karakterisasi dan Pengolahan Data

NF-IIPs Pb(II) di karakterisasi menggunakan SEM Tescan Vega III, FTIR nicolet is10, XRD tipe rigaku miniflex 600 dan AAS tipe hitaci flex SEM. Data hasil karakterisasi diolah menggunakan software Origin, Image J, Exel dan Profex.

### 3 HASIL DAN PEMBAHASAN

Material polimer Pb(II), IIPs-Pb(II) dan NF-IIPs Pb(II) dengan tegangan 15 kV dengan jarak jarum 12 cm variasi PVA/Gelatin (7/5 wt% dan 5/5 wt%) pada ujung jarum (taylorcone) menggunakan metode *electrospinning*. Hasil sintesis menggunakan *electrospinning* dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Hasil Sintesis nanofiber (a) NF-IIPs Pb(II) 7/5% dan (b) NF-IIPs Pb(II) 5/5%

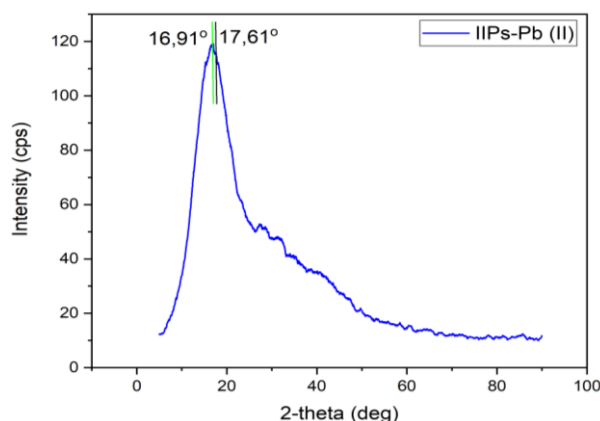
Gambar 1 menunjukkan bahwa variasi PVA/Gelatin 7/5 wt% dan 5/5 wt% yang terlihat pada gambar (a) menunjukkan permukaan lebih halus dan gambar (b) permukaan sedikit lebih kasar, dikarenakan variasi PVA/Gelatin yang berbeda. Konsentrasi PVA dan gelatin yang berbeda-beda menghasilkan morfologi nanofiber yang berbeda. Nanofiber ini diharapkan memiliki situs spesifik yang lebih efisien untuk penyerapan ion Pb(II). Selanjutnya karakteristik NF-IIPs Pb(II) di uji menggunakan alat XRD, FTIR, SEM dan AAS.

#### XRD (X-Ray Diffraction)

Karakterisasi XRD digunakan untuk menganalisis fasa material menggunakan software pendukung yaitu profex dan origin. Hasil analisis yang didapatkan melalui software origin dapat digunakan untuk mengetahui ukuran material yang telah disintesis yaitu IIPs-Pb(II) dapat dilihat pada Tabel 1. Hasil Karakterisasi XRD berupa hubungan antara intensitas dan 2-theta serta dapat dilihat pada Gambar 2.

Material Polimer IIPs-Pb(II) pada Gambar 2 terlihat memiliki puncak intensitas yang tinggi pada 2θ yaitu 16,88. Berdasarkan analisis menggunakan

software profex terdapat fasa material *benzoic acid* dan *litharge* pada rentang *peak* 2θ 15°–25°. *Benzoic acid* didapat dari penggunaan HCl dan *litharge* didapat dari penggunaan Pb (NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>. IIPs-Pb (II) memiliki fasa material *benzoic acid* pada 2θ 16,91° dengan puncak intensitas pada 2θ 16,88°. Material IIPs-Pb(II) berstruktur semikristal sesuai dengan karakteristik material polimer pada umumnya dan ditandai dengan adanya satu puncak pada setiap material tersebut [9]. Fasa *litharge* adalah bagian mineral dari timbal yaitu timbal monoksida yang terdapat pada 2θ 17,61°. Gambar 2 juga menunjukkan bahwa difraksi pada fasa *litharge* tidak terjadi dengan maksimal dikarenakan ion Pb (II) pada material sudah berkurang karena proses ekstraksi yang dilakukan.



Gambar 2. Pola difraksi XRD IIPs (II)

Nilai puncak 2θ pada material IIPs-Pb (II) yang didapatkan berpengaruh pada ukuran material yang dihasilkan. Nilai sin2θ yang semakin kecil berdampak pada pelebaran jarak antara bidang difraksi (d) sesuai dengan hukum Bragg. Nilai d yang semakin besar berdampak pada nilai cosθ yang semakin besar pula sehingga ukuran material semakin kecil sesuai dengan perhitungan menggunakan persamaan Debye Scherrer [10],[11]. Hasil perhitungan ukuran material menggunakan persamaan Debye Scherrer dapat dilihat pada Tabel 1.

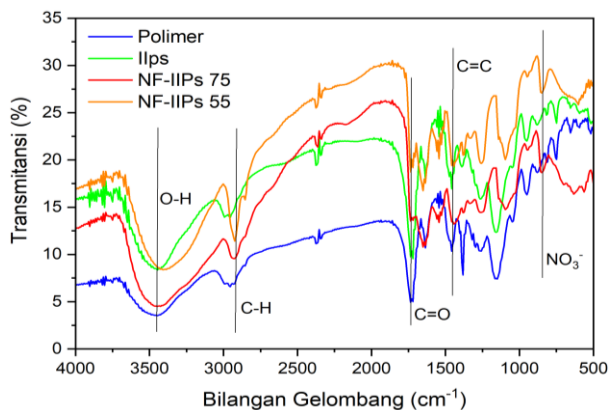
Tabel 1. Hasil Perhitungan Ukuran Material

Sampel	2θ (°)	θ (°)	Cos θ	β (rad)	D(nm)
IIPs-Pb(II)	16,88	8,44	0,989	0,174	0,802

#### FTIR (Fourier Transform Infrared Spectroscopy)

Karakterisasi FTIR bertujuan untuk mengidentifikasi gugus fungsi atau senyawa yang terdapat di dalam material. Gugus fungsi yang terdeteksi melalui karakterisasi FTIR merupakan bagian dari senyawa yang digunakan sehingga dapat memverifikasi bahwa

larutan dari material sudah teraduk secara homogen [12]. Hasil analisis FTIR diplot menggunakan *software* Origin guna melihat perbandingan nilai %transmitansi dari setiap material yang dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Spektrum FTIR sebelum dan sesudah adsorpsi ion Pb(II).

Hasil analisis FTIR pada Gambar 3 menunjukkan bahwa adanya vibrasi pada bilangan gelombang tertentu menandakan terjadinya proses penyerapan frekuensi infrared gugus fungsi yang berada pada bilangan gelombang tersebut. *Infrared* yang diserap pada bilangan gelombang tertentu menunjukkan konsentrasi gugus fungsi yang ada pada bilangan gelombang tersebut. Gugus fungsi yang berada pada bilangan gelombang yang sama menandakan bahwa proses polimerisasi berhasil dilakukan dapat dilihat pada perbandingan spektrum antara Polimer Pb(II) dan IIPs-Pb(II) [13]. Gugus fungsi yang terbentuk pada bilangan gelombang ( $k$ ) tertentu serta besarnya transmitansinya (%) dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2 Nilai transmitansi Polimer Pb(II), IIPs-Pb(II), dan NF-IIPs-Pb(II)

Gugus Fungsi	Bil. Gelombang $k$ ( $\text{cm}^{-1}$ )	Polimer Pb(II)	IIPs-Pb(II)	NF-IIPs-Pb(II)	
		T (%)	T (%)	5%/5%	7%/5%
$\text{NO}_3^-$	817,82 – 848,68	19,72	24,74	27,08	18,67
C=C	1442,75 – 1458,18	10,33	16,93	19,42	13,21
C=O	1720,5 – 1735,93	4,94	9,54	18,74	13,54
C-H	2924,09 – 2954,95	6,86	13,92	11,42	9,57
O-H	3394,72 – 3464,15	3,52	8,37	8,41	4,5

Tabel 2 menunjukkan vibrasi pada bilangan gelombang tertentu menandakan adanya gugus fungsi tertentu yang merupakan bagian senyawa dari bahan yang digunakan. Gugus fungsi  $\text{NO}_3^-$  mengalami

vibrasi pada bilangan gelombang 810,1 – 848,68  $\text{cm}^{-1}$  mengonfirmasi adanya senyawa ion nitrat dari  $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ . Bahan MAA dan BPO dikonfirmasi melalui adanya vibrasi pada bilangan gelombang 1720,5  $\text{cm}^{-1}$  mengindikasikan adanya gugus fungsi C=O dari senyawa asam karboksilat [14]. Gugus fungsi C=C ditemukan pada bilangan gelombang 1442,75 – 1458,18  $\text{cm}^{-1}$  menandakan adanya konfirmasi senyawa alkena dari EGDMA [15]. Pada bilangan gelombang 3394,72 – 3464,15  $\text{cm}^{-1}$  mengalami vibrasi untuk konfirmasi senyawa O-H dari pelarut yang digunakan yaitu methanol [16]. Bilangan gelombang 2924,09 – 2954,95  $\text{cm}^{-1}$  mengalami asimetrik dan simetrik *stretching* gugus fungsi C-H menunjukkan adanya bahan PVA/gelatin [17].

Nilai % transmitansi pasti akan selalu berbanding terbalik dengan nilai absorbansi dari suatu sampel material yang diuji menggunakan FTIR. Berdasarkan Tabel 2 dapat dilihat perbandingan nilai transmitansi material IIPs-Pb(II) selalu lebih besar dibandingkan Polimer Pb(II). Nilai % transmitansi yang selalu lebih besar pada IIPs-Pb(II) disebabkan oleh terikatnya bahan yang digunakan dengan larutan HCl selama proses ekstraksi berlangsung. Di sisi lain, bila material IIPs-Pb(II) dibandingkan dengan NF-IIPs-Pb(II) ada gugus fungsi yang mengalami penurunan nilai transmitansi yaitu C-H. Hasil ini diperoleh karena PVA dan Gelatin memiliki senyawa C-H sehingga konsentrasi pada senyawa ini akan bertambah [18],[19].

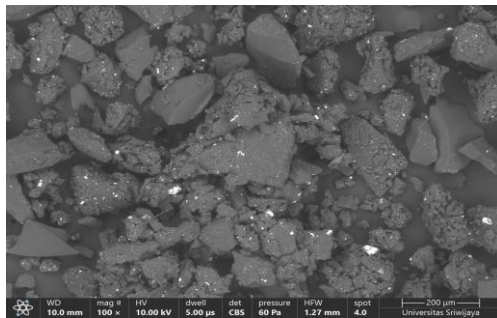
## SEM (Scanning Electron Microscopy)

Karakterisasi SEM diterapkan untuk menganalisis sebaran diameter rongga pada material NF-IIPs Pb(II) 5/5 wt% dan NF-IIPs-Pb(II) 7/5 wt%. Hasil karakterisasi SEM dianalisis lebih lanjut menggunakan bantuan *software* image J, guna mengetahui jumlah rongga pada *nanofiber*. Material NF-IIPs Pb(II) 5/5 wt dan NF-IIPs Pb(II) 7/5 wt yang sudah dianalisis SEM pada perbesaran 2.500 kali dapat dilihat pada Gambar 4.

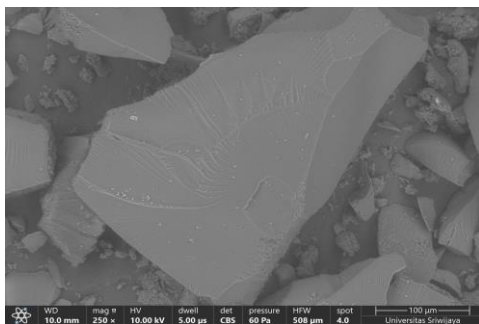
Gambar 4 menunjukkan hasil karakterisasi SEM bahwa material polimer Pb(II) memiliki rongga yang lebih sedikit dibandingkan dengan material IIPs-Pb(II). Peristiwa ini terjadi karena material IIPs-Pb(II) sudah melewati proses ekstraksi, dimana proses ekstraksi berguna melepaskan ion aktif Pb(II) dari badan polimer. Jumlah rongga yang terbentuk berdampak pada kemampuan adsorpsi dari material IIPs-Pb(II). NF-IIPs-Pb(II) 5%/5% memiliki serat yang lebih tipis dibandingkan NF-IIPs-Pb(II) 7%/5%. Hal ini terjadi karena viskositas larutan yang dihasilkan lebih kecil sehingga jet yang dihasilkan semakin tipis. *Nanofiber* yang lebih tipis pada NF-IIPs-Pb(II) 5%/5%



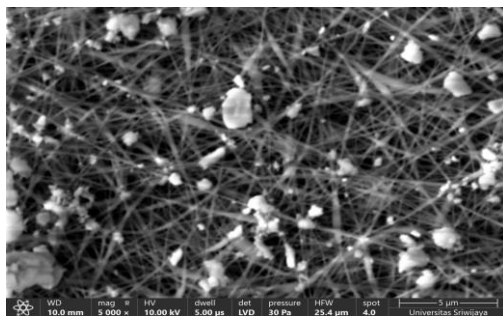
diharapkan dapat membentuk lebih banyak rongga karena luas permukaan dari serat tipis semakin luas. Berdasarkan hasil citra SEM yang telah dianalisis menggunakan software image J maka didapatkan distribusi rongga pada nanofiber yang dapat diplot menggunakan software origin dapat dilihat pada Gambar 5.



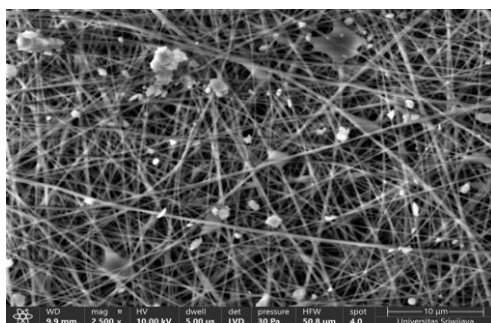
(a)



(b)

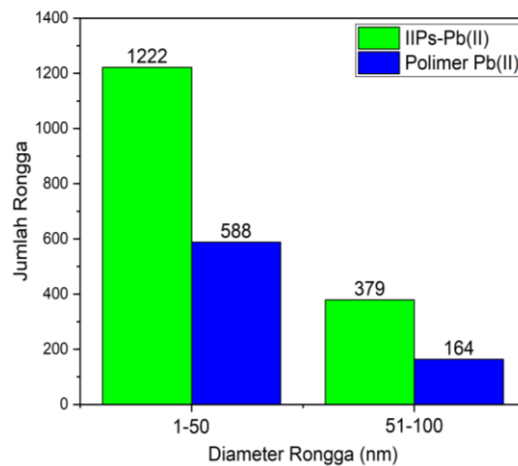
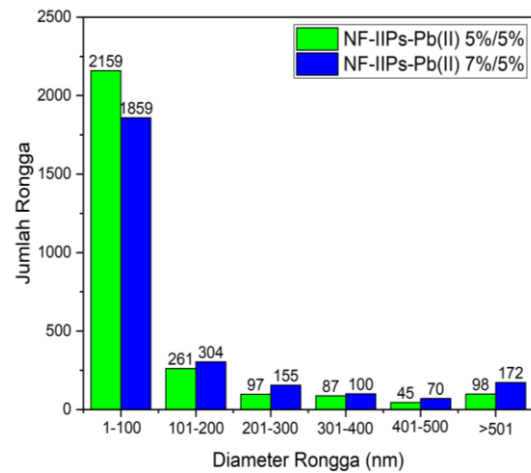


(c)



(d)

Gambar 4. 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%



Gambar 5. Hasil citra SEM dari nanofiber Nf-IIPs Pb(II) dengan berbagai konsentrasi PVA/gelatin.

Gambar 5 menunjukkan hasil SEM adanya porositas pada nanofiber, yang penting untuk aplikasi penyerapan ion. Diameter rongga paling banyak terbentuk pada skala nanometer yaitu 1 -100 nm. Nanofiber IIPs-Pb(II) 5/5% lebih banyak menghasilkan rongga dibandingkan Nanofiber IIPs-Pb(II) 7/5% karena luas permukaan yang dihasilkan lebih besar. Jumlah rongga yang lebih banyak Nanofiber IIPs-Pb(II) 5%/5% berdampak pada nilai kapasitas adsorpsi yang lebih tinggi karena rongga merupakan *template* untuk penyerapan ion Pb(II). Hipotesis ini perlu dikonfirmasi menggunakan karakterisasi AAS untuk mengetahui hasil uji kinerja adsorpsi material NF-IIPs-Pb(II) 5/5% dan NF-IIPs-Pb(II) 7/5%.

### AAS (Atomic Absorption Spectroscopy)

Material IIPs-Pb(II), NF-IIPs-Pb(II) yang disintesis menggunakan konsentrasi PVA/GE 7/5% dan 5/5% dilakukan proses uji kinerja adsorpsi ion aktif Pb(II)

guna menunjukkan besar kapasitas adsorpsi material. Larutan uji kinerja adsorpsi memiliki konsentrasi 20 ppm dalam 10 mL. Dosis adsorben untuk material yang diuji yaitu IIPs-Pb(II), NF-IIPs-Pb(II) yang disintesis menggunakan konsentrasi PVA/GE 7/5% dan 5/5% masing-masing adalah IIPs (0,29 g), Nf-IIPs 7/5% (0,389 g), dan Nf-IIPs 5/5% (0,389 g). Instrumen yang digunakan untuk mengukur konsentrasi ion aktif Pb(II) larutan uji setelah proses adsorpsi dilakukan adalah *Atomic Absorption Spectrometer* (AAS). AAS dipilih karena memiliki tingkat sensitivitas yang tinggi untuk menganalisa kadar logam berat dalam jumlah yang kecil [20],[21]. Hasil konsentrasi larutan uji setelah dilakukan proses adsorpsi dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil uji kinerja kapasitas adsorpsi ion logam Pb(II)

Material	Waktu (Menit)	Konsentrasi setelah adsorpsi (ppm)	% Removal	Kapasitas Adsorpsi (mg/g)
IIPs-Pb(II)	45	10,0857	45,75%	0,32
NF-IIPs-Pb(II) 5/5 %	45	7,0257	64,85%	0,33
NF-IIPs-Pb(II) 7/5 %	45	8,9382	55,3%	0,28

Hasil uji kinerja kapasitas adsorpsi pada Tabel 3 menunjukkan bahwa NF-IIPs-Pb(II) konsentrasi PVA/GE 5/5% memiliki nilai %removal paling besar. Hasil ini mengonfirmasi bahwasannya semakin banyak rongga yang dihasilkan oleh suatu material berdampak pada nilai %removal yang semakin besar. Rongga yang dihasilkan berperan sebagai pengikat untuk ion aktif Pb(II) yang ada pada larutan uji. Hal ini terjadi karena rongga yang semakin banyak akan membentuk area kontak yang semakin banyak antara adsorben dan adsorbat [22]. *Nanofiber* IIPs-Pb(II) dengan variasi konsentrasi PVA/Gelatin 5/5% dan 7/5% menghasilkan rongga lebih banyak dengan diameter berukuran nanometer serta didukung dengan luas permukaan *nanofiber* yang lebih luas dari IIPs-Pb(II). Oleh karena itu, material NF-IIPs-Pb(II) 5/5% dan NF-IIPs-Pb(II) 7/5% memiliki nilai %removal yang lebih besar daripada IIPs-Pb(II).

#### 4 KESIMPULAN

Variasi PVA/Gelatin memiliki pengaruh pada saat proses sintesis *nanofiber* menggunakan *electrospinning*. Pada penelitian ini variasi PVA/Gelatin 7/5% wt

ini banyak mengandung *beads*. Berdasarkan hasil karakterisasi SEM variasi PVA/Gelatin 5/5% wt memiliki distribusi paling efisien untuk digunakan. Diameter rongga paling banyak terbentuk pada skala nanometer yaitu 1-100 nm. Jumlah rongga pada nanofiber menentukan besarnya kapasitas adsorpsi dari suatu material. Berdasarkan hasil karakterisasi AAS bahwa kapasitas adsorpsi terbesar ditemukan pada *nanofiber* Nf-IIPs Pb(II) 5/5% wt menggunakan tegangan 15 kV dengan jarak jarum sejauh 12 cm sebesar 0,33 mg/g.

#### Ucapan Terimakasih

Ucapan terimakasih peneliti sampaikan kepada LP2M Universitas Sriwijaya yang telah mendanai penelitian ini. Berdasarkan Surat Keputusan Rektor nomor 0013/UN9/SK.LP2M.PT./2024 tanggal 27 Juli 2024 dan perjanjian kontrak No. 0098.114/UN9/SB3.LP2M.PT/2024 tanggal 27 Oktober 2024.

#### REFERENSI

- [1] 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>
- [2] 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.
- [3] 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.
- [4] Cai, Y., Li, C., & Zhao, Y. (2022). A review of the migration and transformation of microplastics in inland water systems. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(1).
- [5] 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).
- [6] 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>.
- [7] Najafi, M. and Frey, M.W. (2020) 'Electrospun nanofibers for chemical separation', *Nanomaterials*, 10(5). Available at: <https://doi.org/10.3390/nano10050982>.

- [8] 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.
- [9] 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>.
- [10] 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>.
- [11] 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>.
- [12] 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>.
- [13] 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>.
- [14] 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>.
- [15] Abdullah *et al.* (2019) 'Synthesis of ultrasonic-assisted lead ion imprinted polymer as a selective sorbent for the removal of Pb<sup>2+</sup> in a real water sample', *Microchemical Journal*, 146(February), pp. 1160–1168. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.microc.2019.02.037>.
- [16] Nandiyantoj, A.B.D., Oktiani, R. and Ragadhita, R. (2019) 'Cara Membaca dan Menafsirkan Spektroskop Organik FTIR', 4(April), pp. 97–118.
- [17] 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
- [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>.
- [19] 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
- [20] 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>.
- [21] Wahab, A.R.B.Z., Makmur, K. and Fakhruddin, 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.
- [22] 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>.