

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

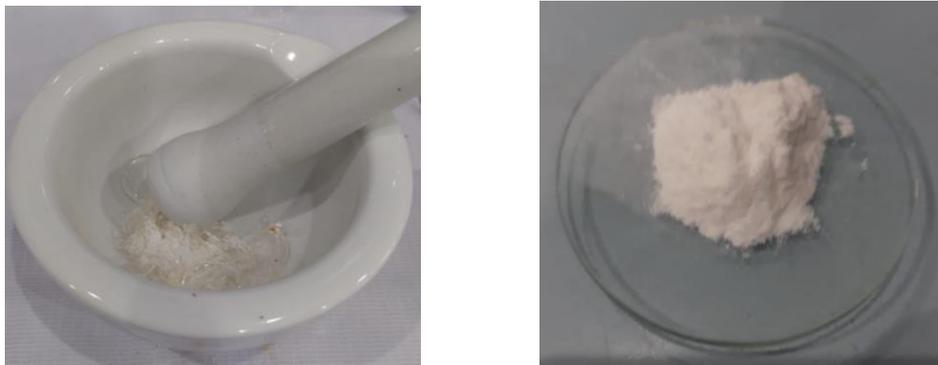
Sintesis polimer IIPs (Imprinted Polymer) untuk Pb(II) dan optimasi membran nanofiber melalui *elektrospinning* memang memiliki potensi besar dalam aplikasi pemisahan dan penghilangan logam berat. Dengan variasi jarak jarum terhadap kolektor, peneliti dapat mengontrol diameter serat, porositas, dan sifat mekanik membran yang dihasilkan. Sintesis polimer IIPs bercetakan ion Pb(II) berhasil dilakukan peneliti dengan menggunakan variasi komposisi dan metode termodifikasi yang telah dilakukan pada penelitian sebelumnya. Pada penelitian ini digunakan *timbal nitrate* dengan cara menggunakan metode *cooling-heating* untuk dapat menghasilkan *template* dan proses pembuangan *template* dilakukan dengan metode pencucian berulang.

Metode *cooling-heating* ini tidak hanya membantu memperlambat reaksi dengan oksigen, tetapi juga menciptakan kondisi yang optimal untuk polimerisasi. Dengan mengatur suhu, peneliti dapat mengontrol viskositas larutan dan mengoptimalkan pengendapan polimer. Metode pencucian berulang dalam proses pembuangan *template* adalah teknik yang efektif untuk menghilangkan *timbal nitrat* dari polimer yang terbentuk. Proses ini memastikan bahwa rongga yang terbentuk bersih dan siap untuk berinteraksi dengan ion Pb(II) dalam kondisi nyata, sekaligus meningkatkan kapasitas penyerapan polimer. Metode ini dipilih oleh peneliti karena efisien dalam hal waktu dan biaya, serta efektif selama proses polimerisasi (Shakerian dkk., 2016).

4.1 Hasil Pembuatan Polimer Padatan *Imprinted Ion Polymer* (IIPs) dengan Metode *Cooling-Heating*

Proses *cooling* menggunakan freezer selama 60 menit adalah langkah penting dalam sintesis polimer yang memiliki tujuan mengurangi kadar oksigen dalam larutan pra-polimer. Kadar oksigen dalam larutan pra-polimer dapat dikurangi dengan cara menurunkan suhu. Oksigen merupakan salah satu penghambat yang dapat mengganggu proses polimerisasi, sehingga pengurangan kadar oksigen sangat penting untuk meningkatkan efisiensi reaksi. Selain itu kadar

oksigen yang tinggi pada larutan pra-polimer juga dapat menghasilkan radikal bebas yang bersifat reaktif dan berpotensi merusak rantai polimer serta dapat merusak kualitas dan kestabilan polimer yang dihasilkan (Taurina dkk.,2017). Oleh karena itu, deoksigenasi pada larutan pra-polimer perlu dilakukan sebelum proses polimerisasi untuk meningkatkan efisiensi reaksi dan menghasilkan polimer yang berkualitas serta stabil. Agar dapat meningkatkan reaktivitas, kelarutan, kekuatan dan menguapkan gas serta air yang terkandung dalam produk polimer maka diperlukan Proses *heating* atau pemanasan yang memiliki peran penting untuk peningkatan tersebut (Kartika dkk.,2022). Diharapkan bahwa melalui proses pemanasan ini, akan dihasilkan polimer yang kuat, berkualitas tinggi, dan stabil. Sintesis polimer IIPs Pb(II) dalam penelitian ini dilakukan dengan variasi suhu dan waktu, dimulai pada suhu 75°C selama 3 jam untuk menguapkan pelarut acetonitrile, yang ditandai dengan perubahan larutan pra-polimer cair menjadi fase gel. Selanjutnya, suhu ditingkatkan menjadi 80°C selama 2 jam untuk mengubah fase gel menjadi padatan, dan kemudian ke 85°C selama 1 jam untuk menyempurnakan padatan bening, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.1. Padatan akrilik yang terbentuk kemudian digerus menggunakan stamper hingga menghasilkan serbuk halus, yang dikenal sebagai polimer IIPs Pb(II).



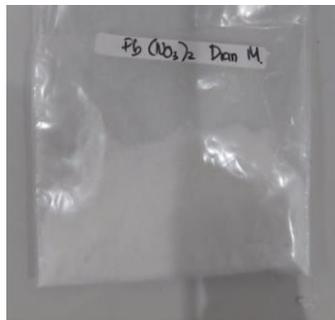
Gambar 4.1 (a). Polimer Padat IIPs Pb(II); (b). Serbuk Polimer IIPs Pb(II)

4.1.1 Proses Pembuangan *Template* Pada Polimer.

Polimer Pb(II) yang berhasil disintesis kemudian melalui proses pencucian untuk menghilangkan impuritas yang tidak bereaksi. Proses *leaching* dilakukan untuk meningkatkan kemampuan membran polimer dalam memisahkan analit tertentu saat digunakan sebagai material sensor. Untuk menunjukkan adanya zat

aktif Pb dalam struktur polimer dan mengonfirmasi keberhasilan sintesis polimer Pb(II) yang dilakukan peneliti dengan metode cooling-heating pada polimer Pb(II). Setelah proses pencucian, polimer Pb(II) kemudian melalui tahapan ekstraksi sebanyak tujuh kali menggunakan larutan HCl 3 M sebanyak 50 mL.

Proses ekstraksi dilakukan dengan metode pengadukan menggunakan *hotplate* pada suhu 60° Celsius selama 12 jam. Setelah itu, larutan yang mengandung polimer IIPs Pb(II) kemudian dikeringkan dalam oven pada suhu 60° Celsius selama 2 jam. Proses pengeringan diulang secara berkala hingga diperoleh polimer IIPs Pb(II) yang benar-benar bebas air.



Gambar 4.2 Hasil Ekstraksi Setelah 7x Perulangan

4.1.2 Nanofiber IIPs Pb(II)

Setelah berhasil membuat polimer IIPs Pb(II), proses selanjutnya adalah membuat serat nanofiber dari polimer tersebut. Untuk itu, polimer IIPs dicampurkan dengan larutan PVA/Gelatin dengan konsentrasi 20 ml dan diaduk selama 30 menit menggunakan *magnetic stirrer*. Sebelum dijadikan serat, campuran ini didiamkan terlebih dahulu untuk menghilangkan gelembung udara dan memastikan campuran stabil (Anstey dkk., 2021). Tujuannya adalah agar serat yang dihasilkan berkualitas baik. Setelah itu, campuran dimasukkan ke dalam jarum suntik sebanyak 10 ml untuk proses pembuatan serat.

Setelah itu, larutan polimer diubah menjadi serat halus menggunakan teknik *electrospinning*. Alat ini menggunakan tegangan listrik tinggi sebesar 15 kV untuk menarik larutan menjadi serat. Tegangan ini dinaikkan secara bertahap untuk menghasilkan serat nanofiber IIPs Pb(II). Proses ini diulang dengan mengubah jarak antara jarum suntik dan tempat penampungan serat, yaitu 7, 10, dan 15 cm. Selama proses ini, larutan polimer dikeluarkan dari jarum suntik dengan kecepatan

0,4 mL/jam. Laju alir ini mengacu pada jumlah larutan polimer yang dikeluarkan melalui *syringe* dalam satu jam. Selanjutnya, jarum suntik yang berisi larutan polimer yang akan ditransisikan pada serat nano *syringe* diletakkan di *syringe pump* (Purnawati dkk., 2017) pada Gambar 4.3 dan di sepanjang jarum suntik dikenakan tegangan tinggi.



Gambar 4.3 Alat Elctrospinning

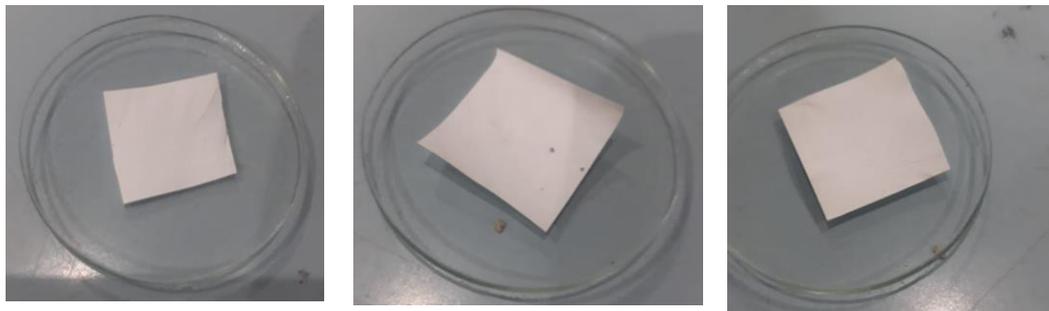
Dengan memberikan tegangan listrik yang sangat tinggi pada larutan polimer, kita bisa membuat serat-serat halus yang sangat tipis. Serat-serat ini akan menempel pada sebuah drum yang berputar. Tegangan tinggi ini akan membuat larutan polimer terdorong keluar dari jarum suntik membentuk seperti semburan tipis. Hal ini terjadi karena adanya gaya listrik yang sangat kuat dapat dilihat pada Gambar 4.4 (Zhang dkk., 2020). Saat cairan polimer diteteskan melalui jarum halus, pelarut di dalamnya menguap. Sisanya adalah serat polimer tipis yang menempel pada permukaan penerima. Proses ini memungkinkan kita membuat serat yang sangat kecil (nano), padat, tebal, berpori, dan dengan bentuk yang sesuai keinginan.



Gambar 4.4 Larutan Polimer Keluar Dari Jarum Suntik Saat diberikan TeganganTinggi

Jarak antara jarum dan tempat penampungan serat (kolektor) saat membuat serat nano Pb(II) sangat berpengaruh pada hasil akhirnya. Jika jarum dan kolektor didekatkan, serat nano yang dihasilkan akan lebih tebal, padat, dan rapat. Hal ini terjadi karena serat nano yang terbentuk di ruang sempit antara jarum dan kolektor tidak punya banyak ruang untuk menyebar atau bereaksi dengan lingkungan sekitarnya. Selain itu, Jarak jarum yang terlalu rapat dalam sintesis NF-IIPs Pb(II) dapat mengganggu distribusi fluks kimia dan mempengaruhi kinetika pembentukan serat nano. Hal ini disebabkan oleh penguapan pelarut yang tidak sempurna, yang mengakibatkan peningkatan laju pembentukan serat dan berpotensi menghasilkan serat nano dengan karakteristik morfologi yang tidak seragam, seperti ketebalan, ukuran, dan kepadatan yang bervariasi.

Hasil eksperimen dengan variasi jarak jarum, seperti yang tertera pada Gambar 4.5, menunjukkan pengaruh signifikan jarak terhadap morfologi serat nano. Oleh karena itu, analisis lebih lanjut menggunakan instrumen analitik diperlukan untuk karakterisasi morfologi serat nano yang dihasilkan.



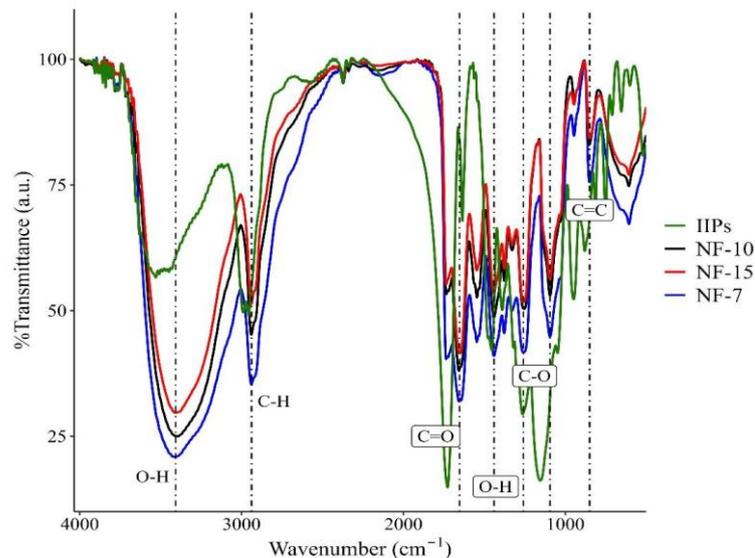
Gambar 4.5. (a) NF-IIPs Pb(II) 7cm (b) NF-IIPs Pb(II) 10cm (c) NF-IIPs Pb(II) 15cm

Berdasarkan gambar, dapat diamati bahwa nanofiber yang disintesis pada jarak 7 cm memiliki jumlah beads yang signifikan, sedangkan nanofiber pada jarak 10 cm cenderung lebih tebal dan memiliki sedikit beads. Fenomena ini dapat dijelaskan oleh waktu yang tidak mencukupi bagi pelarut untuk menguap secara sempurna pada jarak yang lebih dekat. Akibatnya, terbentuk beads akibat ketidakstabilan jet polimer. Sebaliknya, pada jarak 15 cm, pelarut memiliki waktu yang lebih lama untuk menguap, sehingga menghasilkan nanofiber yang lebih tipis dan homogen tanpa adanya beads.

4.2 Analisis Karakterisasi Polimer

4.2.1 Hasil Karakterisasi Fourier Transform Infrared Spectroscopy

FTIR merupakan metode spektroskopi yang digunakan untuk menganalisis dan mengenali senyawa organik maupun anorganik pada material. Spektrum FTIR terbentuk dari pola absorpsi radiasi inframerah yang memuat informasi tentang ikatan kimia di dalam sampel. Melalui analisis spektrum tersebut, peneliti dapat mengidentifikasi senyawa, memahami struktur, jenis ikatan, fungsi kimia, serta konfirmasi molekul pada material (Hou et al., 2018). Proses analisis data FTIR dilakukan menggunakan perangkat lunak Origin untuk membuat grafik transmisi, seperti yang terlihat pada Gambar 4.6.



Gambar 4.6. Hasil Analisis FTIR

Pada Gambar 4.6 Analisis FTIR terhadap material menunjukkan bahwa gugus fungsi yang terbentuk memiliki penyerapan frekuensi inframerah yang tinggi. Tingginya penyerapan inframerah ini mengindikasikan keberadaan gugus fungsi aktif yang berkontribusi penting terhadap sifat material tersebut (Kartika et al., 2022). Data bilangan gelombang (K) sebagai hasil analisis terhadap gugus fungsi pada masing-masing material disajikan dalam Tabel 4.1

Tabel 4.1. Data Gugus Fungsi dari Analisis FTIR IIPs-Pb(II) dan IIPs-Pb(II)

Gugus fungsi	NF Pb(II) K (cm ⁻¹)			IIPs Pb(II) K (cm ⁻¹)
	NF-7	NF-10	NF-15	IIPs Pb
O=H	3408.22	3406.29	3406.29	3259.73
C=H	2939.52	2939.52	2941.44	2956.87
C=O	1654.92	1656.85	1654.92	1728.22
O-H	1440.83	1442.75	1440.83	1454.33
C-O	1259.52	1255.66	1259.52	1155.36
C=C	850.61	852.54	850.61	750.31

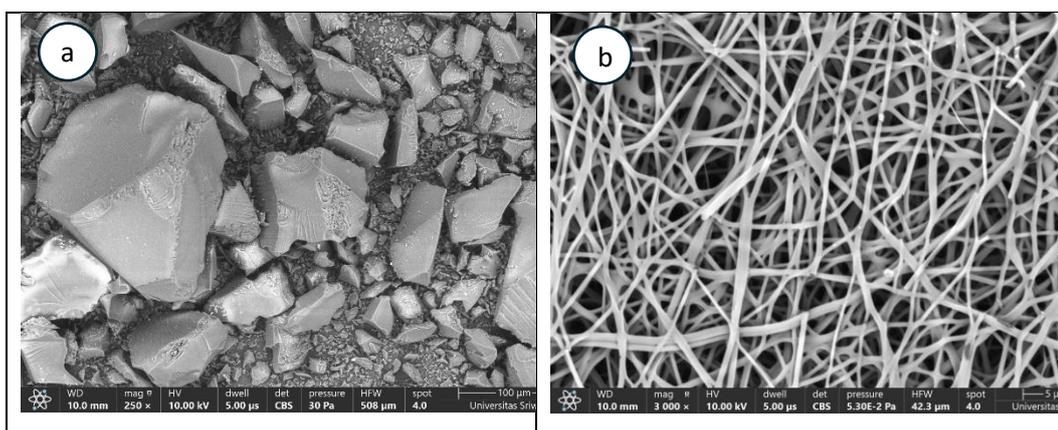
Dari hasil analisis FTIR yang dilakukan pada Tabel 4.1 menunjukkan serapan gugus O-H ditunjukkan pada bilangan gelombang 3408.22 cm⁻¹. Puncak pada 2939 cm⁻¹ mengacu pada serapan asimetris dan simetris gugus -CH₂. Serapan gugus O-H mencapai angka yang teramat tinggi pada sampel, serapan tinggi ini kemungkinan merupakan kombinasi antara PVA dan Gelatin, yang juga kaya akan gugus -OH (Perez-Puyana et al., 2022). Puncak pada 2939 cm⁻¹ mengacu pada serapan asimetris gugus -CH₂. Hal ini diikuti juga dengan serapan pada gugus fungsi C=O yang terbentuk pada bilangan gelombang 1700-1600 cm⁻¹ hal ini mengindikasikan adanya senyawa karboksilat yang mengandung EGDMA dan BPO. Gugus fungsi 1500-1095 cm⁻¹ menunjukkan gugus fungsi C-O yang terbentuk yang mengindikasikan adanya senyawa karboksilat dalam polimer namun gugus ini merupakan gugus eter yang menunjukkan adanya ikatan yang terjadi antara atom karbon dari senyawa karboksilat, dalam hal ini kemungkinan terikat dengan senyawa EGDMA atau BPO (Novianty et al., 2018). Bilangan gelombang 947-605 cm⁻¹ mengindikasikan gugus C=C. Dari data dapat dilihat bahwasannya sampel NF-7 memiliki nilai OH yang lebih tinggi dibandingkan gugus OH dari sampel NF-10 dan sampel NF-15. Hal itu menandakan bahwasannya semakin besar jarak jarum ke kolektor semakin besar pula penguapan pelarut pada proses elektrospinning.

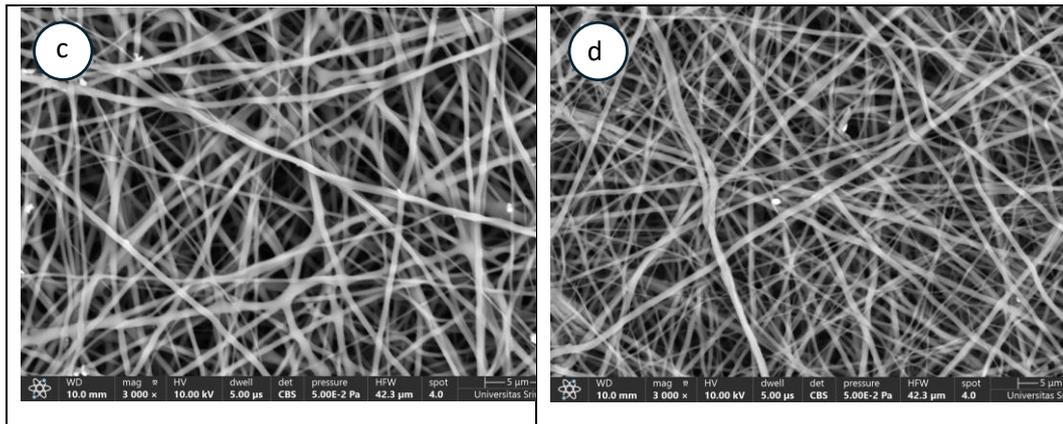
Bilangan gelombang pada 3500-300 cm⁻¹ menunjukkan gugus -OH sangat mendominasi pada serat nano atau Nanofiber. Serapan pada bilangan gelombang

$\sim 2900\text{ cm}^{-1}$ menunjukkan gugus asimetris gugus C-H. Sedangkan pada sampel IIPs Pb(II) pada bilangan gelombang 1700 cm^{-1} sangat mendominasi hal ini menunjukkan gugus ikatan C=O yang meregang dari gugus ester eter yang menunjukkan adanya ikatan yang terjadi antara atom karbon dari senyawa karboksilat, dalam hal ini kemungkinan terikat dengan senyawa EDGMA atau BPO (Novianty et al., 2018). Cukup berbeda dengan dengan serat nano campuran PVA dan Gelatin yang didominasi oleh gugus O=H.

4.2.2 Hasil Karakterisasi Scanning Electron Microscopy

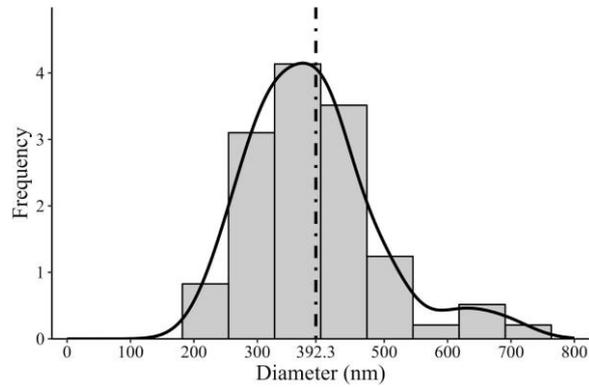
Karakterisasi SEM dilakukan pada material adsorben polimer IIPs-Pb(II), NIPs-Pb(II), dan NF-IIPs-Pb(II) dengan variasi jarak antara jarum dan kolektor masing-masing sebesar 7cm, 10 cm dan 15 cm. Data hasil karakterisasi SEM dianalisis menggunakan perangkat lunak ImageJ, kemudian diplot dengan aplikasi Origin. Permukaan dan morfologi material adsorben yang dihasilkan dapat dilihat pada Gambar 4.7, yang menampilkan hasil SEM dengan pembesaran 3000 kali untuk setiap sampel. Hasil SEM menunjukkan bahwa permukaan NF-IIPs-Pb(II) memiliki morfologi yang lebih halus dan teratur, dengan partikel berdiameter lebih kecil dan seragam. Hal ini mengindikasikan struktur polimer yang lebih padat pada sampel tersebut.



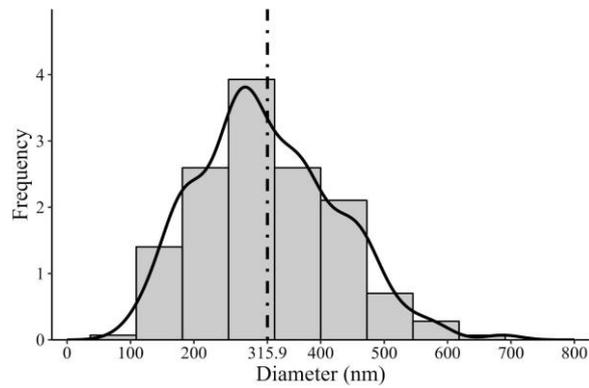


Gambar 4.7 (a) Polimer IIPs-Pb(II) (b) NF-IIPs-Pb(II) 7 cm (c) NF-IIPs-Pb(II) 10 cm (d) NF- IIPs-Pb(II) 15 cm

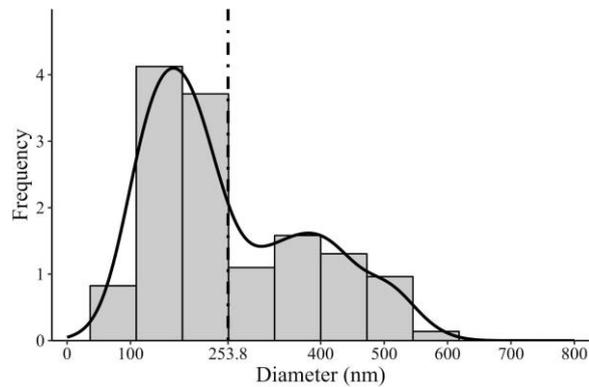
Pada Gambar 4.7 nanofiber IIPs-Pb(II) yang sintesis menggunakan electrospinning dengan jarak 7 cm memiliki serat yang lebih tebal dan serat yang terbentuk mengalami putus-putus. Namun, nanofiber IIPs-Pb(II) pada jarak 10 dan 15 cm memiliki serta yang kokoh dan lapisan serat yang terbentuk lebih tipis. Hal ini terjadi karena jarak jarum pada saat melakukan sintesis nanofiber memiliki peranan penting dalam menentukan morfologinanofiber yang disintesis dengan menggunakan metode electrospinning. Morfologi serat yang dipengaruhi jarak jarum karena bergantung pada waktu yang dibutuhkan oleh polimer untuk sampai ke drum kolektor pada saat proses electrospinning, laju alir polimer dan interval pembentukan serat yang tidak stabil (Febyana & Putri., 2022). Sehingga nanofiber yang disintesis dengan jarak jarum yang terlalu dekat akan menghasilkan serta nanofiber yang berdiameter lebih besar, sementara diameter nanofiber akan semakin kecil apabila jarak jarum semakin jauh dari drum kolektor. Pada gambar 4.8 peneliti telah menganalisis besar pori dan distribusi pori yang terbentuk pada masing-masing material NF-IIPs-Pb(II) yang disintesis pada jarak 7 cm, 10 cm dan 15 cm.



(a)



(b)



(c)

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

Pada Gambar 4.8 penyebaran distribusi pori yang terbentuk pada masing-masing material lebih banyak pada ukuran pori 100-700 nm. Pori-pori dalam skala nanometer banyak terbentuk pada NF-IIPs-Pb(II) jarak 10 cm. Hal ini menyatakan bahwa tranformasi material partikel ke serat nanofiber yang dilakukan dengan variasi jarak jarum ke kolektor selama proses electrospinning berhasil membentuk lebih banyak rongga pada sepanjang serat nanofiber (Sirc dkk, 2012).

Sampel (a) NF-7 memiliki diameter rata-rata 392,3 nm, yang memiliki ukuran serat yang hampir sama, berkisar antara 200 hingga 600 nm. Puncak distribusi yang tajam menunjukkan bahwa sebagian besar serat berada di sekitar diameter rata-rata, Ini menunjukkan bahwa proses produksi untuk sampel NF-7 menghasilkan serat yang lebih seragam dalam hal ukuran (Febyana & Putri., 2022). Adapun pada sampel NF-10 memiliki diameter rata-rata yang lebih kecil, yaitu 315,9 nm dengan serat-serat yang bervariasi dari 100 hingga 700 nm. Lalu pada Sampel NF-15 cm memiliki diameter rata-rata yang paling kecil, yaitu 253,8 nm, dan distribusi diameternya yang paling lebar di dibandingkan yang sampel 7 cm dan 10 cm. Sebagian besar serat dalam sampel ini memiliki diameter antara 100 hingga 400 nm. Dari hasil tersebut menunjukkan bahwa jarak ujung jarum ke kolektor dapat mempengaruhi morfologi serat (Sirc dkk, 2012).

Morfologi serat dipengaruhi oleh jarak jarum karena akan mempengaruhi waktu yang dibutuhkan oleh polimer untuk sampai ke drum kolektor pada saat proses *electrospinning*. Yuan dkk. menunjukkan bahwa jarak yang jauh mendukung pembentukan serat yang lebih tipis (Febyana & Putri., 2022). Jika jaraknya pendek, jet mungkin tidak sepenuhnya memanjang dan mungkin tidak mengeras menjadi serat pada saat mencapai kolektor. Jarak yang lebih pendek dapat menghasilkan diameter serat yang lebih besar dan serat yang lebih besar cenderung meredam pembentukan manik karena kekuatan tegangan permukaan. Jika jaraknya jauh maka serat akan meregang dan memanjang sama besarnya mungkin sebelum mengeras dan terkumpul sebagai serat padat di permukaan kolektor (Modise et al., 2011). Dengan demikian nanofiber yang disintesis dengan jarak jarum yang lebih dekat akan menghasilkan serat nanofiber yang berdiameter lebih besar dibanding dengan jarak yang lebih jauh (Harshal Gade et al., 2023). Sebaran pori yang lebih merata pada permukaan material diharapkan mampu meningkatkan nilai kapasitas adsorpsi material terhadap analit karena memiliki situs aktif yang lebih banyak pada permukaan material (Islamiyah & Cahyono, 2021).

4.2.3 Hasil Uji Kinerja Polimer

Analisis kinerja polimer dilakukan untuk mengevaluasi kemampuan adsorpsi polimer yang telah disintesis terhadap larutan uji IIPs-Pb(II) yang disiapkan

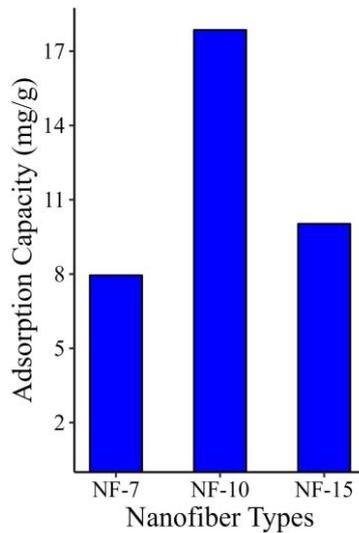
sebelumnya. Larutan uji memiliki konsentrasi 10 ppm dalam volume 10 mL, dan proses adsorpsi dilakukan dengan menggunakan 0,1 gram material adsorben selama 60 menit. Nilai adsorpsi dan efisiensi penghilangan analit yang diperoleh digunakan sebagai parameter untuk menilai kualitas kinerja polimer (Branger et al., 2013). Kapasitas adsorpsi ditentukan dengan menghitung selisih konsentrasi larutan uji IIPs-Pb(II) sebelum dan sesudah proses uji. Pengukuran konsentrasi larutan setelah uji dilakukan menggunakan instrumen AAS. Data kapasitas adsorpsi dan persen penghilangan (removal) untuk setiap material adsorben disajikan pada Tabel 4.2 (Xing et al., 2021).

Uji kinerja terhadap setiap material dilakukan pada material NF-7, NF-10 dan NF-15. Proses adsorpsi yang terjadi pada material ini bersifat fisik, melibatkan gaya van der Waals yang menciptakan interaksi tarik-menarik antara fluida dan pori-pori yang terbentuk dalam material (Raouf & Raheim, 2017). Akibatnya, ion-ion IIPs-Pb(II) dalam larutan uji akan mengisi rongga-rongga pada material melalui interaksi dengan permukaan material..

Tabel 4.2. Hasil Kapasitas Adsorpsi Ion Logam NF-IIPs-Pb(II)

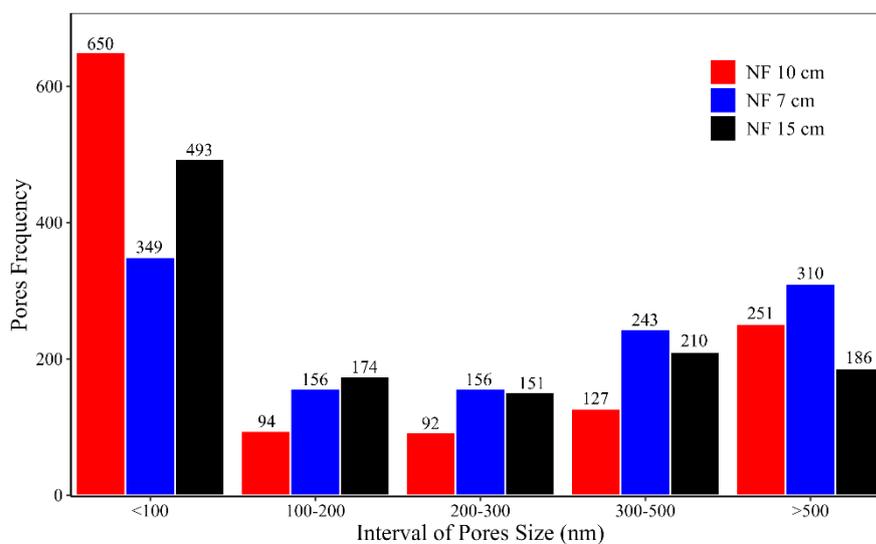
Nama sampel	m	Ce	Q mg/g
NF 7 cm	0,009	2,855	7,948
NF 10 cm	0,003	4,644	17,853
NF 15 cm	0,005	4,988	10,024

Dari tabel 4.2 didapat kapasistas adsorpsi nanofiber dari NF-7 sebesar 7,94 mg/g sedangkan pada NF-10 memiliki kapasistas adsorpsi nanofiber yang lebih besar yakni 17,85 mg/g dan untuk NF-15 memiliki kapasistas adsorpsi nanofiber sebesar 10,02 mg/g.



Gambar 4.9. Diagram Kapasitas Adsorpsi menggunakan perangkat lunak Rstudio

Pada Gambar 4.9 diagram hasil SEM menunjukkan, NF-7 memiliki nilai kapasitas adsorpsi sebesar 7,94 mg/g. Pada NF-10 dari hasil SEM menunjukkan kapasitas adsorpsi nanofiber yang lebih besar yakni 17,85 mg/g, dan NF-15 memiliki nilai kapasitas adsorpsi nanofiber yakni 10,024 mg/g. Luas permukaan dan ukuran pori serta distribusi pori pada permukaan material adsorben memiliki kemampuan untuk mempengaruhi besar dari kapasitas adsorpsi material terhadap analit (Modise et al., 2011). Transformasi material partikel ke serat nano yang dilakukan oleh peneliti bertujuan untuk meningkatkan ukuran pori dalam skala nano dan distribusi pori yang merata pada permukaan material.



Gambar 4.10. Diagram Porositas Sampel NF-7, NF-10 dan NF-15 menggunakan perangkat lunak Rstudio

Berdasarkan Gambar 4.10 dari hasil karakterisasi SEM yang telah dilakukan NF-10 memiliki ukuran pori yang lebih kecil dan distribusi yang lebih merata pada permukaan material. Sehingga memberikan lebih banyak area kontak pada material untuk melakukan interaksi terhadap analit dan akibat dari distribusi pori yang merata tersebut mampu meningkatkan besar nilai kapasitas adsorpsi terhadap analit ketika dilakukan uji kapasitas adsorpsi. Namun, pada material NF-7 dan NF-15 ukuran pori dan distribusi yang terbentuk tidak merata pada permukaan material. Sehingga pada saat dilakukan analisis terhadap uji kapasitas adsorpsi, NF-7 dan NF-15 memperoleh besar nilai kapasitas adsorpsi yang lebih sedikit dari pada NF-10. Berdasarkan hasil SEM didapat nilai kapasitas adsorpsi larutan dipengaruhi oleh banyaknya rongga atau jarak antar serat nanofiber dalam sampel.

Luas permukaan dan ukuran pori serta distribusi pori pada permukaan material adsorben memiliki kemampuan untuk mempengaruhi besar dari kapasitas adsorpsi material terhadap analit (Ipeaiyeda & Ayoade, 2017). Transformasi material partikel ke serat nano yang dilakukan oleh peneliti bertujuan untuk meningkatkan ukuran pori dalam skala nano dan distribusi pori yang merata pada permukaan material.