

**PENGURANGAN KADAR ION LOGAM Pb^{2+}
MENGUNAKAN MEMBRAN *POLYVINYLIDENE
FLUORIDE (PVDF) - Al_2O_3***

SKRIPSI

Diajukan untuk Memenuhi Sebagian Syarat Guna Memperoleh
Gelar Sarjana Sains dalam Ilmu Kimia



Oleh :

Wardatul Bahiyah

NIM 1908036017

**PROGRAM STUDI KIMIA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI WALISONGO
SEMARANG
2023**

**PENGURANGAN KADAR ION LOGAM Pb^{2+}
MENGUNAKAN MEMBRAN *POLYVINYLIDENE
FLUORIDE (PVDF) - Al_2O_3***

SKRIPSI

Oleh

Wardatul Bahiyah

1908036017

Untuk Memenuhi Syarat Melaksanakan Skripsi

Strata Satu Program Studi Kimia

Fakultas Sains dan Teknologi

UIN Walisongo Semarang

**PROGRAM STUDI KIMIA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI WALISONGO
SEMARANG
2023**

PERNYATAAN KEASLIAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Wardatul Bahiyah

NIM : 1908036017

Menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa skripsi saya berjudul:

**PENGURANGAN KADAR ION LOGAM Pb^{2+} MENGGUNAKAN
MEMBRAN *POLYVINYLIDENE FLUORIDE (PVDF) - Al_2O_3***

Secara keseluruhan adalah hasil penelitian atau karya sendiri dan bukan jiplakan hasil karya orang lain, kecuali bagian tertentu yang dirujuk sumbernya.

Semarang, 07 Juni 2023

Pembuat Pernyataan,



Wardatul Bahiyah
NIM. 1908036017

PENGESAHAN

Naskah skripsi berikut ini:

Judul : **Pengurangan Kadar Ion Logam Pb^{2+}
Menggunakan Membran *Polyvinylidene
Fluoride (PVDF)* - Al_2O_3**

Nama : Wardatul Bahiyah

NIM : 1908036017

Jurusan : Kimia

Telah diujikan dalam sidang munaqosah oleh Dewan Penguji Fakultas Sains dan Teknologi UIN Walisongo dan dapat diterima sebagai salah satu syarat memperoleh gelar sarjana dalam bidang Ilmu Kimia.

Semarang, 22 Juni 2023

DEWAN PENGUJI

Ketua Sidang



Mulyatun M.Si

NIP. 19830504201101

Sekretaris Sidang,



Ika Nur Fitriani, M.Sc

NIP. 199303312019032018

Penguji I,



Zidni Azizati, M.Sc

NIP. 199011172018012006

Penguji II,

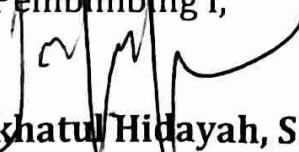


Kustomo, S.Pd, M.Sc

NIP. 198802262019031007



Pembimbing I,



Dr. Hj. Malikhatul Hidayah, S.T, M.Pd

NIP. 198304152009122006

NOTA DINAS

Semarang, 07 Juni 2023

Yth. Ketua Progam Studi Kimia
Fakultas Sains dan Teknologi
UIN Walisongo Semarang

Assalamu'alaikum, wr. wb.

Dengan ini diberitahukan bahwa saya telah melakukan bimbingan, arahan, dan koreksi naskah skripsi dengan:

Judul : **Pengurangan Kadar Ion Logam Pb^{2+}
Menggunakan Membran *Polyvinylidene
Fluoride (PVDF) - Al_2O_3***

Nama : Wardatul Bahiyah

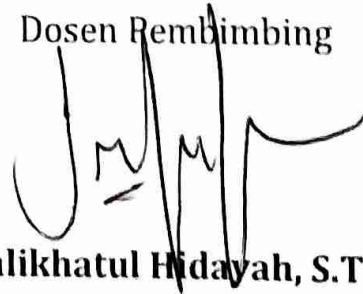
NIM : 1908036017

Jurusan : Kimia

Saya memandang bahwa naskah skripsi tersebut sudah dapat diajukan kepada Fakultas Sains dan Teknologi UIN Walisongo untuk diujikan dalam Sidang Munaqosah.

Wassalamu'alaikum wr, wb.

Dosen Pembimbing



Dr. Hj. Malikhatul Hidayah, S.T, M.Pd

NIP. 198304152009122006

ABSTRAK

Judul : **Pengurangan Kadar Ion Logam Pb²⁺ Menggunakan Membran Polyvinylidene Fluoride (PVDF) - Al₂O₃**

Nama : Wardatul Bahiyah

NIM : 1908036017

Pencemaran ion logam Pb²⁺ yang melebihi baku mutu dapat membahayakan manusia seperti mengakibatkan hipertensi, penurunan IQ, gangguan fungsi ginjal, dan kerusakan otak. Oleh karena itu, dibutuhkan penanganan yang tepat, salah satunya menggunakan teknologi membran. Pada penelitian ini dilakukan sintesis dan karakterisasi membran PVDF (*Polyvinylidene Fluoride*) dan PVDF-Al₂O₃. Penambahan Al₂O₃ diharapkan mampu menurunkan sifat hidrofobik dari PVDF sehingga meningkatkan kinerja membran dalam pengurangan ion logam Pb²⁺. Membran PVDF dan PVDF - Al₂O₃ dikarakterisasi dengan kuat tarik (*tensile strength*), sudut kontak (*contact angle*), FTIR (*Fourier Transform Infrared*), SEM-EDX (*Scanning Electron Microscope-Energy Dispersive X-Ray*) dan *mapping*. Membran PVDF 20% memiliki kuat tarik terbaik dengan nilai sebesar 7,55 MPa dan penambahan Al₂O₃ mampu meningkatkan nilai kuat tarik menjadi 7,85 MPa. Penambahan Al₂O₃ pada membran PVDF dapat meningkatkan sifat hidrofilitas membran dengan menurunkan nilai sudut kontak dari 106,0° menjadi 83,6°. Karakterisasi FTIR membran PVDF- Al₂O₃ menunjukkan adanya puncak gugus Al-O dari Al₂O₃ pada bilangan gelombang 600,40, 600,46 dan 600,52 cm⁻¹. Karakterisasi SEM menunjukkan penambahan Al₂O₃ membuat pori-pori lebih besar dan struktur seperti jari yang memanjang. Hasil EDX *mapping* menunjukkan unsur Al 1,50 %

massa dan sudah berhasil tersebar pada membran. Membran PVDF - Al_2O_3 mampu meningkatkan nilai fluks hingga 38,997 $\text{L}/\text{m}^2\cdot\text{jam}$ dan meningkatkan koefisien rejeksi hingga 94,53%. Nilai kadar ion logam Pb^{2+} berhasil diturunkan dari kadar 4,665 mg/L menjadi 0,225 mg/L .

Kata Kunci : Membran, PVDF, Al_2O_3 , dan ion logam Pb^{2+}

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh,

Alhamdulillahirabbil Alamin, segala puji dan syukur penulis panjatkan kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penelitian dan skripsi yang berjudul “Pengurangan Kadar Ion Logam Pb^{2+} Menggunakan Membran *Polyvinylidene Fluoride* (PVDF) - Al_2O_3 ”. Tidak lupa penulis sampaikan shalawat serta salam kepada Nabi Muhammad SAW dengan harapan semoga mendapatkan syafaat kelak di hari kiamat.

Skripsi ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar Strata Satu Program Studi Kimia Fakultas Sains dan Teknologi UIN Walisongo Semarang. Penulis menyadari bahwa dalam pelaksanaan penelitian dan penyusunan skripsi tentunya tidak lepas dari dukungan, arahan, bimbingan, serta motivasi dari banyak pihak. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Kedua orangtua penulis, Bapak Zaenuri dan Ibu Ngatijah yang senantiasa memberikan do'a, kasih sayang, dukungan dan semangat sehingga penulis dapat menyelesaikan studi di UIN Walisongo Semarang.

2. Prof. Dr. Imam Taufiq, M.Ag, selaku Rektor UIN Walisongo Semarang.
3. Dr. H. Ismail, M. Ag, selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi UIN Walisongo Semarang.
4. Dr. Hj. Malikhatul Hidayah, S. T, M. Pd, selaku Ketua Progam Studi Kimia UIN Walisongo Semarang sekaligus Dosen Pembimbing yang telah memberikan bimbingan dan arahan dalam proses penyusunan skripsi ini.
5. Dyah Fitasari, M.Si, selaku Dosen Wali yang senantiasa memberikan arahan, dukungan, dan motivasi kepada penulis selama melaksanakan studi di UIN Walisongo Semarang.
6. Bapak dan Ibu dosen Kimia Fakultas Sains dan Teknologi UIN Walisongo Semarang yang telah memberikan ilmu, pengetahuan, pengalaman, motivasi, dan pelajaran berharga bagi penulis.
7. Muhammad Rizqi Afiq selaku adik penulis yang telah memberikan do'a dan semangat kepada penulis.
8. Colruyt Group selaku pemberi beasiswa akademik penulis dan Yayasan Kesejahteraan Anak Indonesia (YKAI) yang menjadi perantara beasiswa bagi penulis, khususnya Ibu Wowong Winarti dan Ibu Siti Rohayah yang selalu memberikan semangat, dukungan, dan motivasi kepada penulis.

9. Teman-teman seperjuangan Kimia 2019 yang telah memberikan pengalaman, motivasi, dan berbagi banyak hal selama penulis berproses di UIN Walisongo Semarang.
10. Semua pihak yang tidak bisa disebutkan satu per satu yang telah memberikan kontribusi dan dukungan dalam terselesaikannya skripsi ini.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih banyak kekurangan dan ketidaksempurnaan karena terbatasnya pengetahuan penulis. Oleh karena itu, dengan segala kerendahan hati penulis meminta maaf atas segala kekurangan serta mengharapkan kritik dan saran dari semua pihak. Penulis berharap semoga skripsi ini berkah dan bermanfaat bagi penulis dan pembacanya, *Amin Ya Rabbal 'Alamin*.

Wassalamu'alaikum Warrahmatullahi Wabarakatuh.

Semarang, 07 Juni 2023

Penulis,

Wardatul Bahiyah
1908036017

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
PERNYATAAN KEASLIAN	ii
PENGESAHAN.....	iii
NOTA DINAS.....	iv
ABSTRAK.....	v
KATA PENGANTAR.....	vii
DAFTAR ISI	x
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR GAMBAR.....	xiv
DAFTAR LAMPIRAN.....	xvi
BAB I PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang.....	1
B. Rumusan Masalah.....	7
C. Tujuan Penelitian.....	8
D. Manfaat Penelitian.....	8
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	9
A. Landasan Teori	9
1. Ion Logam Pb^{2+}	9
2. Teknologi Membran	12
1. Pengertian Membran	12
2. Klasifikasi Membran	14
3. Metode Sintesis Membran	18
4. Metode Filtrasi Membran	21

3. <i>Polyvinylide Fluoride</i> (PVDF)	22
4. Al_2O_3	25
5. N,N-Dimetilasetamida (DMAc)	26
6. Karakterisasi Membran	27
a. Fluks (Permeabilitas).....	27
b. Rejeksi (Selektivitas).....	28
c. Tensile Strength (Kuat Tarik)	29
d. <i>Contact Angle</i> (Sudut Kontak).....	30
e. <i>Fourier Transform Infrared</i> (FTIR).....	31
f. <i>Scanning Electron Microscopy</i> - Energy Dispersive X-Ray (SEM-EDX Mapping)	33
B. Kajian Pustaka	36
C. Hipotesis Penelitian	39
BAB III METODE PENELITIAN.....	40
A. Alat dan Bahan.....	40
1. Alat	40
2. Bahan.....	40
B. Langkah Kerja.....	41
1. Pembuatan Membran.....	41
2. Karakterisasi Membran	43
3. Pengukuran Kadar Ion Logam Pb^{2+}	45
BAB IV PEMBAHASAN.....	48
A. Pembuatan Membran	48
1. Membran PVDF	49

2. Membran PVDF-Al ₂ O ₃	51
B. Karakterisasi Membran	53
1. Uji Kuat Tarik	53
2. Uji Sudut Kontak	56
3. Karakterisasi Gugus Fungsi dengan FTIR.....	58
4. Uji Fluks Membran	61
5. Pengukuran Kadar Pb ²⁺	63
6. Uji Rejeksi Membran.....	65
7. Karakterisasi Membran dengan SEM-EDX <i>Mapping</i>	67
BAB V PENUTUP.....	73
A. Kesimpulan	73
B. Saran	74
DAFTAR PUSTAKA	75
LAMPIRAN.....	84
DAFTAR RIWAYAT HIDUP.....	103

DAFTAR TABEL

Tabel	Judul	Halaman
Tabel 2.1	Baku mutu Pb dalam air	11
Tabel 2.2	Perbedaan membran berdasarkan gaya dorong tekanan	18
Tabel 2.3	Sifat Umum PVDF	23
Tabel 4.1	Kuat tarik membran PVDF	53
Tabel 4.2	Kuat tarik membran PVDF- Al ₂ O ₃	55
Tabel 4.3	Sudut kontak membran	57
Tabel 4.4	Analisis gugus fungsi membran PVDF dan PVDF- Al ₂ O ₃	61
Tabel 4.5	Hasil fluks membran PVDF dan PVDF- Al ₂ O ₃	62
Tabel 4.6	Nilai absorbansi larutan standar Pb ²⁺	63
Tabel 4.7	Hasil persen rejeksi membran	66
Tabel 4.8	Komponen membran PVDF dan PVDF- Al ₂ O ₃ 15%	71

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Judul	Halaman
Gambar 2.1	Pemisahan membran	14
Gambar 2.2	Membran berdasarkan struktur dan prinsipnya	17
Gambar 2.3	Metode inversi fasa	20
Gambar 2.4	Pemisahan <i>dead-end</i>	21
Gambar 2.5	Pemisahan <i>cross-flow</i>	22
Gambar 2.6	Struktur PVDF	23
Gambar 2.7	Struktur DMAc	26
Gambar 2.8	Sudut kontak PVDF/PVA/Al ₂ O ₃	31
Gambar 2.9	Spektrum membran PVDF-Zeolit	32
Gambar 2.10	Spektrum FTIR membran PVDF dan PVDF Al ₂ O ₃	33
Gambar 2.11	<i>Cross section</i> membran PVDF a) 500x, b) 5000x	35
Gambar 2.12	Instrumen AAS	36
Gambar 4.1	Membran a) PVDF 16%, b) PVDF 18%, c) PVDF 20%, d) PVDF 22%, e) PVDF 24%	50
Gambar 4.2	Membran a) PVDF-Al ₂ O ₃ 5%, b) PVDF-Al ₂ O ₃ 10%, c) PVDF- Al ₂ O ₃ 15%	52

Gambar 4.3	Sudut Kontak a) PVDF, b) PVDF- Al ₂ O ₃ 5%, c) PVDF- Al ₂ O ₃ 10%, d) PVDF- Al ₂ O ₃ 15%	56
Gambar 4.4	Spektra FTIR membran a) PVDF, b) PVDF- Al ₂ O ₃ 5%, c) PVDF- Al ₂ O ₃ 10%, d) PVDF- Al ₂ O ₃ 15%	60
Gambar 4.5	Kurva kalibrasi larutan standar	64
Gambar 4.6	Morfologi penampang lintang dengan perbesaran a) 1000X, b) 2500X, c) 5000X membran PVDF, d) 1000X, e) 2500X, f) 5000X membran PVDF- Al ₂ O ₃ 15%	68
Gambar 4.7	Grafik EDX Membran a) PVDF, b) PVDF- Al ₂ O ₃ 15%	70
Gambar 4.8	<i>Mapping</i> membran a) PVDF, dan b) PVDF- Al ₂ O ₃ 15%	71

DAFTAR LAMPIRAN

		Halaman
Lampiran 1	Preparasi membran PVDF	84
Lampiran 2	Preparasi membran PVDF- Al_2O_3	85
Lampiran 3	Pengukuran kadar ion logam Pb^{2+}	86
Lampiran 4	Uji kinerja membran pada limbah	88
Lampiran 5	Hasil uji kuat tarik	89
Lampiran 6	Hasil uji sudut kontak	89
Lampiran 7	Hasil uji FTIR	91
Lampiran 8	Perhitungan fluks membran	93
Lampiran 9	Perhitungan pembuatan larutan Pb^{2+}	95
Lampiran 10	Kurva standar	96
Lampiran 11	Perhitungan ion logam Pb^{2+} hasil filtrasi	97
Lampiran 12	Perhitungan persen rejeksi membran	99
Lampiran 13	Dokumentasi pembuatan membran	101
Lampiran 14	Dokumentasi proses filtrasi membran	102

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Perkembangan industri di suatu negara yang semakin pesat sejalan dengan bertambahnya jumlah penduduk sehingga bermanfaat dalam mencukupi kebutuhan, tetapi meningkatnya industri juga menyebabkan dampak buruk bagi lingkungan, salah satunya pencemaran lingkungan yang meliputi tanah, udara, dan perairan akibat hasil pembuangan limbah dari industri-industri tersebut. Limbah yang dibuang secara langsung menyebabkan pencemaran tanah dan sungai disekitarnya (Mulyani & Rija, 2018). Sungai sebagai tempat berkumpulnya air yang mengalir dari daerah dataran tinggi menuju daerah yang lebih rendah dijadikan sebagai penyedia air paling utama bagi manusia dan makhluk hidup lainnya (Setianto & Fahrītsani, 2019).

Jenis pencemaran yang masuk ke dalam sungai salah satunya yaitu pencemaran logam berat dari pembuangan limbah industri yang tidak diolah secara sempurna. Hal ini dapat memicu terjadinya keracunan pada manusia dan ikan, limbah logam berat akan meresap ke dalam tanah dan membuat sumur penduduk tercemar, sehingga pada akhirnya dampak pencemaran ini sampai ke manusia

melalui rantai makanan (Malik *et al.*, 2021). Logam berat umumnya bersifat toksik, mengendap di dasar perairan dan memiliki waktu tinggal hingga ribuan tahun. Salah satu jenis logam berat yang keberadaannya tidak dibutuhkan oleh makhluk hidup karena mempunyai sifat toksisitas tinggi adalah logam Pb (Permana & Andhikawati, 2022).

Logam Pb terdapat secara alami di badan perairan dan sebagai hasil dari kegiatan manusia dalam bidang industri. Badan perairan yang sudah tercemar ion-ion atau senyawa Pb membuat jumlah ion Pb^{2+} yang ada melebihi baku mutu yang telah ditentukan sehingga membahayakan kehidupan biota di perairan tersebut (Prabowo, 2013). Tingkat maksimum konsentrasi Pb yang diperbolehkan pada perairan sungai dan sejenisnya sebesar 0,03 mg/L, air bersih sebesar 0,05 mg/L, air minum sebesar 0,01 mg/L dan air limbah sebesar 0,1 mg/L (PP RI, 2021; Permenkes, 2017; Permenkes, 2010; PERMENLHK, 2022).

Penggunaan Pb terdapat pada beberapa industri seperti pengecoran dan pemurnian, kabel, produksi baterai, penambangan, dan industri kimia yang menggunakan bahan pewarna (Santika, 2019). Pencemaran ion Pb^{2+} yang melebihi ambang batas terdapat pada perairan sungai Tapak dengan kandungan ion Pb^{2+} berkisar antara 2,18 – 2,77 mg/L (Clara *et al.*, 2022).

Pencemaran lingkungan dijelaskan dalam Al-qur'an pada Q.S. Ar-Rum ayat 41 sebagai berikut:

ظَهَرَ الْفَسَادُ فِي الْبَرِّ وَالْبَحْرِ بِمَا كَسَبَتْ أَيْدِي النَّاسِ
لِيُذِيقَهُمْ بَعْضَ الَّذِي عَمِلُوا لَعَلَّهُمْ يَرْجِعُونَ

"Telah tampak kerusakan di darat dan di laut disebabkan karena perbuatan tangan manusia. Allah menghendaki agar mereka merasakan sebagian dari (akibat) perbuatan mereka, agar mereka kembali (ke jalan yang benar)" (Q.S.Ar-Rum : 41).

Berdasarkan ayat diatas yang dimaksud adalah manusia sebagai penyebab terjadinya pencemaran lingkungan dan kerusakan, harus bertanggung jawab terhadap perbuatannya. Langkah yang dapat dilakukan yaitu dengan berhenti mencemari dan mengurangi pencemaran yang telah ada, salah satu caranya dengan pengolahan limbah (Supriadi, 2016).

Pencemaran ion Pb^{2+} perlu diatasi dengan upaya pengurangan yang tepat. Beberapa cara konvensional telah dilakukan untuk menghilangkan ion logam Pb^{2+} seperti pertukaran ion, presipitasi, elektrokimia, dan adsorpsi (Lestari *et al.*, 2020). Metode tersebut memiliki kekurangan seperti proses adsorpsi menggunakan karbon aktif kurang optimal untuk diterapkan pada konsentrasi ion Pb^{2+} yang tinggi (Said, 2018). Metode presipitasi

memiliki kekurangan berupa pembentukan endapan yang kurang sempurna dan selektivitas yang terbatas sehingga memungkinkan adanya ion logam lain dalam endapan (Anami *et al.*, 2020). Berdasarkan kekurangan-kekurangan metode terdahulu maka upaya untuk mengurangi kadar ion logam Pb^{2+} dilakukan dengan metode pengolahan yang efisien, cepat, dan ramah lingkungan yaitu menggunakan teknologi membran (Kiswanto *et al.*, 2019).

Teknologi membran menjadi solusi untuk mengatasi masalah pencemaran limbah karena membran memiliki banyak keunggulan antara lain kemurnian yang dihasilkan jauh lebih baik dari proses pemisahan lainnya. Teknologi membran sangat ramah lingkungan dan dapat mengurangi senyawa anorganik dan organik dalam air tanpa penambahan bahan kimia dalam pengoperasiannya (Hidayah, 2018). Keunggulan teknologi membran lainnya yaitu proses pemisahannya dapat dilakukan secara berkelanjutan, mempunyai sifat yang dapat disesuaikan kegunaannya, tidak membutuhkan bahan kimia tambahan, dan metodenya lebih sederhana (Elma, 2017).

Membran dibuat menggunakan bahan berupa polimer sebagai bahan utama. Bahan polimer yang utama digunakan seperti *polyvinylidene fluoride* (PVDF), *polysulfone* (PSF), *polyetersulfone* (PES), *polyacrylonitrile*

(PAN), *polypropilena* (PP), *polytetrafluoroethylene* (PTFE), dan sebagainya (Rabajczyk *et al.*, 2021). PVDF dipilih sebagai polimer membran karena PVDF mempunyai ketahanan kimia yang baik, memiliki sifat fisik dan mekanik yang tinggi, bersifat stabil pada suhu tinggi, serta banyak digunakan pada proses pengolahan air limbah. PVDF memiliki kelemahan yaitu bersifat hidrofobik yang seringkali menghambat kinerja membran dengan terjadinya penyumbatan (*fouling*) (Suryandari, 2019). PVDF dapat larut dalam pelarut *Dimethylacetamide* (DMAc). DMAc dipilih sebagai pelarut membran untuk mendapatkan kelarutan optimum material PVDF karena DMAc mempunyai kelarutan yang tinggi terhadap bahan anorganik dan organik serta memiliki stabilitas yang baik (Puspitasari, 2019).

Pengembangan membran untuk meningkatkan sifat dan kinerja membran dilakukan dengan menambahkan bahan anorganik sebagai pengisi pada proses pembuatan membran. Material anorganik yang umum digunakan sebagai bahan aditif dalam membran polimer antara lain yaitu nanotube, Fe_2O_3 , TiO_2 , ZnO , Al_2O_3 , dan SiO_2 (Fathanah & Meilina, 2021). Bahan material anorganik pada penelitian ini menggunakan Al_2O_3 atau Aluminium Oksida (Alumina) karena Al_2O_3 sebagai senyawa berpori

dimanfaatkan sebagai adsorben, dimana adsorben ini dapat menyerap komponen suatu fase fluida. Al_2O_3 juga dimanfaatkan dalam industri katalis. Penambahan Al_2O_3 memiliki keunggulan dapat meningkatkan permukaan hidrofilitas membran (Yan *et al.*, 2006). Penambahan Al_2O_3 ke dalam membran dapat meningkatkan permeabilitas, stabilitas termal, dan ketahanan terhadap *fouling* (Hidayah *et al.*, 2023).

Penelitian sebelumnya yaitu penyisihan logam Fe dengan membran *Polyvinylidene Fluoride/Carbon Nanotube* menghasilkan nilai rejeksi membran PVDF sebesar 66,79%, sedangkan membran PVDF/CNT sebesar 94,05% (Suhartono *et al.*, 2017). Penelitian pemisahan Ion Pb^{2+} menggunakan membran kitosan pada limbah cair menghasilkan konsentrasi limbah PbNO_3 hasil filtrasi mengalami penurunan hingga 7520,4 mg/L dari konsentrasi awal sebesar 12239,7 mg/L dengan koefisien rejeksi 38,5573% dan menghasilkan nilai fluks hingga 323,809 L/m².jam (Wahyusi *et al.*, 2021). Penelitian sintesis membran poliamida dengan penambahan Al_2O_3 dalam memfiltrasi ion Pb^{2+} mampu meningkatkan nilai fluks hingga 41,886 L/m².jam dan persen rejeksi hingga 99,8% (Hidayah *et al.*, 2023). Penelitian penambahan Al_2O_3 pada membran blend kitosan PVA Litium sebagai

membran elektrolit baterai menunjukkan penambahan persen Al_2O_3 meningkatkan nilai konduktivitas, namun penambahan sampai konsentrasi tertentu menyebabkan difusi elektron dalam polimer mengalami penurunan. (Mesakh *et al.*, 2017).

Berdasarkan penelitian-penelitian sebelumnya, maka dilakukan inovasi pada penelitian ini dengan pembuatan membran PVDF yang ditambahkan Al_2O_3 untuk mengurangi kadar ion logam Pb^{2+} . Penambahan Al_2O_3 pada membran PVDF diharapkan mampu menurunkan sifat hidrofobik pada PVDF menjadi lebih hidrofilik dan meningkatkan kinerja membran. Membran yang telah dibuat diuji kinerjanya dengan uji filtrasi, serta dikarakterisasi dengan uji kuat tarik (*tensile strength*), uji sudut kontak (*contact angle*), uji gugus fungsi menggunakan *Spektrofotometer Fourier Transform Infra-Red* (FTIR), dan *Scanning Electron Microscopy - Energy Dispersive X-Ray* (SEM-EDX Mapping).

B. Rumusan Masalah

1. Bagaimana karakteristik membran PVDF dan membran PVDF- Al_2O_3 ?
2. Bagaimana pengaruh penambahan Al_2O_3 terhadap sifat hidrofobisitas membran?

3. Bagaimana kinerja membran PVDF dan membran PVDF- Al_2O_3 terhadap pengurangan ion logam Pb^{2+} ?

C. Tujuan Penelitian

1. Untuk mengetahui karakteristik dari membran PVDF dan membran PVDF- Al_2O_3 .
2. Untuk mengetahui pengaruh penambahan Al_2O_3 terhadap sifat hidrofobisitas membran.
3. Untuk mengetahui kinerja membran PVDF dan membran PVDF- Al_2O_3 untuk pengurangan ion logam Pb^{2+} .

D. Manfaat Penelitian

1. Memberikan informasi bagaimana karakteristik dari membran PVDF dan membran PVDF- Al_2O_3 .
2. Memberikan informasi bagaimana pengaruh penambahan Al_2O_3 terhadap sifat hidrofobisitas membran.
3. Memberikan informasi tentang kinerja membran PVDF dan membran PVDF- Al_2O_3 untuk pengurangan ion logam Pb^{2+} .

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Landasan Teori

1. Ion Logam Pb²⁺

Logam berat merupakan unsur dengan berat molekul tinggi, dimana dalam konsentrasi rendah sudah beracun terhadap makhluk hidup karena dapat menyebabkan kematian dan gangguan pertumbuhan pada organisme. Istilah logam berat ditujukan pada unsur-unsur golongan transisi dengan massa atom lebih dari 6 g/cm³. Contoh logam berat yang berhubungan erat dengan kesehatan manusia yaitu timbal (Pb), stronsium (Sr), kadmium (Cd), tembaga (Cu), dan merkuri (Hg) (Ulumudin *et al.*, 2022).

Timbal (Pb) terdapat pada golongan IVA pada sistem periodik unsur kimia dengan nomor atom 82, mempunyai berat atom 207,2 g/mol, memiliki berat jenis 11,4 g/cm³, dan pada suhu kamar bentuknya padat (Gusnita, 2012). Logam Pb pada awalnya terdapat di kerak bumi secara alami, tetapi Pb yang berasal dari kegiatan manusia jumlahnya mencapai 300 kali lebih banyak daripada Pb alami (Lubis *et al.*, 2013).

Timbal atau sering disebut timah hitam diambil dari nama latin *plumbum* (Pb) merupakan logam dengan warna

abu-abu keperakan atau kebiru-biruan, memiliki titik didih pada 1740°C dan titik leleh pada $327,5^{\circ}\text{C}$ di atmosfer. Logam Pb ditemukan diperairan dalam bentuk ion Pb^{2+} , PbCO^+ , PbSO_4 , PbOH^+ , dan PbHCO_3 . Pb memiliki 2 bilangan oksidasi yaitu Pb^{2+} dan Pb^{4+} . Bentuk bilangan oksidasi Pb^{2+} bersifat lebih stabil dan sering ditemukan dialam daripada bentuk bilangan oksidasi Pb^{4+} (Palupi *et al.*, 2020). Logam Pb memiliki konfigurasi elektron $[\text{}_{54}\text{Xe}] 6s^2 4f^{14} 5d^{10} 6p^2$. Pada suhu $500\text{-}600^{\circ}\text{C}$, Pb akan menguap dan bereaksi dengan oksigen membentuk senyawa PbO berwarna kuning. Bentuk timbal oksida lain adalah PbO_2 berwarna coklat dan Pb_3O_4 berwarna merah (Nugroho, 2018).

Timbal (Pb) mempunyai efek akut pada manusia. Pb larut dalam cairan saluran pencernaan yang akan disimpan dalam ginjal dan hati. Pada manusia dan hewan ternak, peningkatan konsumsi Pb akan terakumulasi dalam tubuh sehingga merusak seluruh sistem organ tubuh. Pada anak-anak, keracunan Pb menyebabkan IQ lebih rendah dan berakibat pada kemunduran mental yang sifatnya permanen. Dampak keracunan Pb dapat mengakibatkan hipertensi, gangguan neurologi (susunan syaraf), gangguan sintesis darah, gangguan fungsi ginjal, hiperaktivitas, dan kerusakan otak (Santika, 2019).

Penggunaan Pb terbesar terdapat pada industri

baterai kendaraan bermotor seperti timbal metalik dan komponen-komponennya. Pencemaran Pb disekitar jalan raya sudah ada selama bertahun-tahun yang disebabkan oleh limbah kendaraan bermotor (Santika, 2019). Hasil pembakaran dari bahan bakar kendaraan bermotor menghasilkan logam Pb yang bercampur dengan oli dan diproses mesin sehingga akan keluar dari knalpot berupa logam berat Pb dan gas buang lainnya (Fine *et al.*, 2011).

Logam Pb banyak ditemukan pada air limbah industri pabrikan papan sirkuit, industri baterai, industri cat, industri perakitan, dan peralatan elektronik (Padmadya, 2019). Berikut tingkat maksimum konsentrasi Pb yang diperbolehkan dalam air dapat dilihat pada Tabel 2.1

Tabel 2.1 Baku mutu Pb dalam air

Jenis Air	Batas maksimum (mg/L)	Sumber
Air sungai	0,03	(PP RI, 2021)
Air bersih	0,05	(Permenkes, 2017)
Air minum	0,1	(Permenkes, 2010)
Air limbah	0,1	(PERMENLHK, 2022)

2. Teknologi Membran

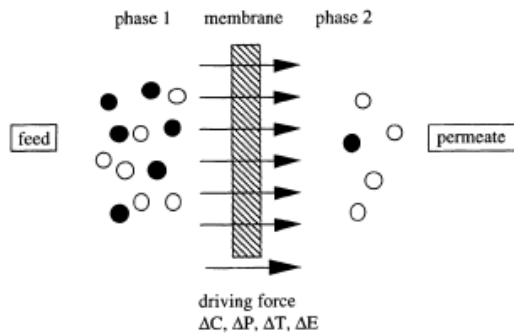
1. Pengertian Membran

Membran adalah media berpori dengan lapisan tipis yang memiliki dua fasa fluida yaitu fasa umpan (*feed*) dan fasa permeat sebagai penghalang terhadap suatu spesi tertentu. Membran memiliki sifat semipermeabel yang dapat menahan komponen tertentu dengan ukuran lebih besar dari pori-pori membran dan melewatkan komponen lain dengan ukuran lebih kecil dari pori-pori membran. Membran banyak diaplikasikan pada proses filtrasi dengan memanfaatkan energi potensial atau tekanan (Elma, 2017).

Teknologi membran mempunyai banyak keunggulan dibandingkan metode pemisahan lainnya, yaitu proses pemisahannya dapat dilakukan secara berkelanjutan, material membran bervariasi, mudah digabungkan dengan pemisahan lainnya. Membran bersifat ramah lingkungan, penggunaannya tidak mengakibatkan dampak buruk dan membran yang dihasilkan dapat digunakan kembali. Membran berfungsi sebagai penyaring yang sangat spesifik (Elma, 2017).

Penggunaan membran mempunyai kelemahan yaitu terjadinya *pore blockage* atau *fouling* pada membran. *Fouling* merupakan masalah pada pemisahan membran, terutama pada membran ultrafiltrasi dan mikrofiltrasi. Kelemahan lainnya yaitu jangka waktu pemakaian membran terbatas, fluks (hasil akhir air bersih keluaran membran) dan rejeksi (kemampuan membran dalam menyaring) terkadang berbanding terbalik, sedangkan aplikasi membran diharapkan mampu meningkatkan nilai fluks dan koefisien rejeksi dari membran tersebut (Elma, 2017).

Perpindahan pada proses pemisahan membran terjadi karena adanya gaya dorong (*driving force*) pada fasa umpan seperti beda konsentrasi (ΔC), beda tekanan (ΔP), beda temperatur (ΔT), dan beda potensial listrik (ΔE) serta selektifitas. Pada proses pemisahan, larutan yang mengalir adalah permeate, sedangkan larutan dengan komponen yang tertahan adalah konsentrat (Mulder, 1996).



Gambar 2.1 Pemisahan membran (Mulder, 1996)

2. Klasifikasi Membran

a. Berdasarkan bahan

1) Membran Polimer

Membran polimer diklasifikasikan menjadi membran tidak berpori dan membran berpori. Membran tidak berpori diaplikasikan pada proses pemisahan gas dengan pengujian permeabilitas dan rejeksi, sedangkan membran berpori digunakan pada ultrafiltrasi dan mikrofiltrasi yang dipengaruhi oleh distribusi pori membran, besaran ukuran pori, serta stabilitas kimia dan termal membran.

2) Membran Anorganik

Membran anorganik mempunyai stabilitas kimia dan termal yang berhubungan

dengan material polimer. Membran ini diklasifikasikan menjadi 3 jenis, yaitu:

- a) Membran keramik, pembentukan membran ini menggunakan perpaduan antara logam dengan non logam sehingga terbentuk oksida, karbida, atau nitrida.
 - b) Membran metalik, membran ini ditentukan dengan *sintering* bubuk logam, namun penjelasannya masih terbatas
 - c) Membran gelas, membran ini dibentuk menggunakan teknik *demixed glasses*.
- 3) Membran Biologi

Membran biologi memiliki karakteristik berupa membran sel yang mengandung struktur *lipid bilayer* dan struktur yang sangat kompleks. (Elma, 2017).

b. Berdasarkan Struktur

1) Membran Simetris

Membran simetris memiliki ketebalan pori antara 10 sampai 200 μm , struktur porinya homogen diseluruh bagian membran. Membran jenis ini lebih cepat mengalami *fouling* dan penurunan permeabilitas.

2) Membran Asimetris

Membran asimetris memiliki ketebalan pori 0,1 sampai 0,5 μm dengan lapisan tipis yang aktif dan di bawahnya terdapat beberapa lapisan pendukung berpori dengan ketebalan pori 50 sampai 150 μm . Kerapatan dan ukuran pori membran tidak sama antara bagian atas dan bawah (Elma, 2017).

c. Berdasarkan Prinsip Pemisahan

1) Membran Berpori

Membran berpori diaplikasikan pada proses pemisahan dari partikel besar hingga makromolekul. Kerapatan pori membran ada 3 jenis yaitu:

- a) *Microporous* memiliki ukuran pori < 2 nm dan digunakan untuk nanofiltrasi.
- b) *Mesoporous* ukuran pori 2 - 50 nm dan digunakan untuk ultrafiltrasi.
- c) *Macroporous* memiliki ukuran pori 50 -500 nm dan digunakan untuk makrofiltrasi.

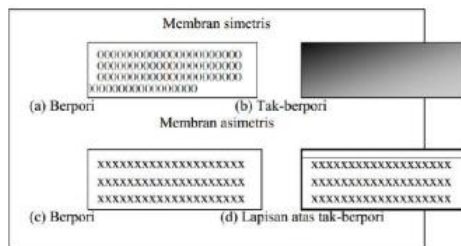
2) Membran Tidak Berpori

Membran tidak berpori diaplikasikan pada pemisahan molekul dengan ukuran yang

sangat kecil sehingga tidak dapat dipisahkan menggunakan membran berpori. Pemisahan pada membran tidak berpori berprinsip pada kelarutan serta kemampuan difusi.

3) Membran Cair

Membran cair memiliki media pembawa berupa cairan yang berada di dalam pori membran serta berprinsip pada sifat molekul pembawa larutan (Mulder, 1996).



Gambar 2.2 Struktur dan prinsip pemisahan membran (Elma, 2017)

d. Berdasarkan Gaya Dorong Tekanan

Membran berdasarkan daya dorong tekanan memiliki perbedaan pada kemampuan membran dalam memfilter suatu partikel dalam air sesuai ukurannya. Perbedaannya terdapat pada Tabel 2.2

Tabel 2.2 Perbedaan gaya dorong tekanan membran (Elma, 2017)

Jenis membran	Tekanan (bar)	Ukuran partikel (mm)	Fluks (L/m ² .jam)
Mikrofiltrasi	0,1 – 2	> 0,2	> 50
Ultrafiltrasi	1 – 5	0,1 – 0,001	10 – 50
Nanofiltrasi	5 – 20	0,01 -0,001	1,4 -12
Reserve Osmosis	10 - 100	< 0,001	0,005 – 1,4

3. Metode Sintesis Membran

Beberapa teknik pembuatan membran yaitu sebagai berikut:

a. *Stretching*

Stretching adalah teknik pembuatan membran dengan bahan polimer *semicrystalline* yang direntangkan tegak lurus dengan proses ekstruksi sehingga molekul-molekul kristalnya berada tegak lurus satu dengan lainnya. Teknik ini membentuk struktur pori berukuran 0,1 - 0,3 μm (Putri, 2017).

b. *Sintering*

Sintering adalah teknik sederhana untuk membuat membran dari bahan organik maupun anorganik. Bahan untuk membran dipanaskan

pada temperatur yang tinggi dan ditekan, sehingga terbentuk pori-pori dan antar partikel yang berdekatan akan menghilang. Ukuran pori yang dihasilkan adalah 0,1 - 10 μm (Putri, 2017).

c. *Track-Etching*

Track-Etching adalah teknik pembuatan membran menggunakan partikel radiasi berenergi tinggi sejajar dengan arah membran. Partikel tersebut menghancurkan matriks polimer dan menghasilkan pantulan partikel pada polimer. Ukuran pori yang dihasilkan berkisar 0,02 - 10 μm (Putri, 2017).

d. *Template-Leaching*

Template-Leaching adalah metode dengan cara melepaskan salah satu komponen pembuatan membran berpori. Ukuran pori minimum yang dihasilkan sekitar 5 nm (Putri, 2017).

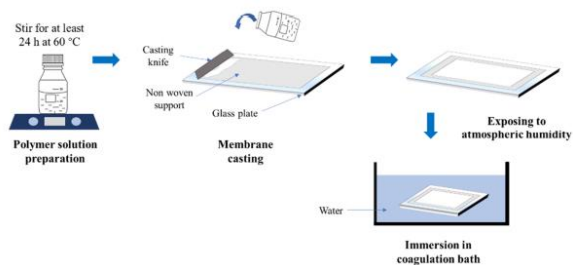
e. *Coating*

Coating adalah metode pembentukan membran komposit dengan ketebalan lapisan atas yang tipis. Teknik *coating* diawali dengan menyiapkan larutan pelapis berisi polimer dengan konsentrasi rendah kemudian membran dicelupkan pada larutan tersebut. Membran

dipisahkan dari bak sehingga lapisan tipis akan menempel pada bak, kemudian membran dimasukkan ke oven untuk menguapkan pelarut dan akan berikatan silang (Putri, 2017).

f. Phase Inversion

Inversi fasa yaitu teknik pembuatan membran dengan mentranformasi polimer dari fasa cair ke fasa padat sehingga membentuk membran. Pembentukan membran pada teknik ini diawali dengan pencampuran polimer dengan pelarut hingga homogen, pencetakan pada plat kaca dan perendaman dalam bak koagulan yang berisi *nonsolvent*. Kelarutan polimer dalam *nonsolvent* berpengaruh pada pori yang terbentuk. Apabila konsentrasi polimer semakin tinggi, maka pori-pori yang terbentuk semakin rapat (Pinem & Angela, 2011). Metode inversi fasa dapat dilakukan seperti pada Gambar 2.3

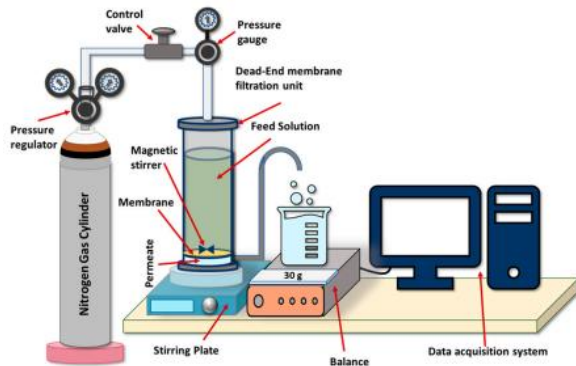


Gambar 2.3 Metode inversi fasa (Nawi *et al.*, 2020)

4. Metode Filtrasi Membran

a. *Dead-end*

Proses aliran *dead-end* pada proses filtrasi yaitu dengan mengalirkan umpan searah tegak lurus langsung dengan membran sehingga umpan langsung mengalir pada tahanan membran dan partikel padatan menumpuk di permukaan membran. Jenis aliran ini memiliki kelemahan lebih cepat terjadinya *fouling* sehingga mengakibatkan penurunan kualitas permeat (Anggara, 2016).

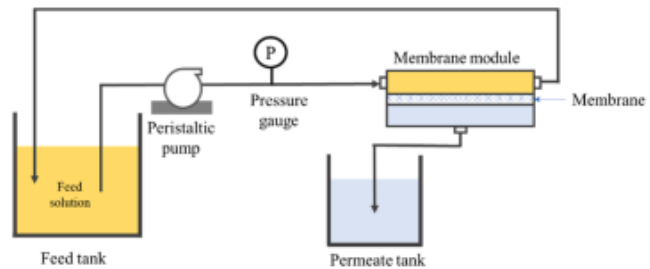


Gambar 2.4 Pemisahan *dead-end* (Mohamed *et al.*, 2020)

b. *Cross flow filtration*

Proses aliran *cross flow* pada filtrasi yaitu umpan dialirkan sejajar posisi membran dengan

hanya sebagian saja yang melewati pori-pori membran dan menghasilkan permeate, sedangkan permukaan membran dilewati aliran pelarut sehingga larutan, padatan dan koloid akan tertahan pada permukaan membran dan terus terbawa menjadi aliran balik. Penurunan fluks dapat disesuaikan dengan pengaturan kecepatan dari aliran *cross flow filtration*. (Anggara, 2016).



Gambar 2.5 Pemisahan *cross-flow* (Nawi *et al.*, 2020)

3. Polyvinylide Fluoride (PVDF)

Polyvinylide Fluoride (PVDF) merupakan polimer sintetik yang tidak larut dalam air (hidrofobik), tahan terhadap asam, dan salah satu senyawa kimia yang bersifat *inert*. PVDF banyak diaplikasikan pada teknologi membran karena memiliki beberapa keunggulan, antara lain mempunyai ketahanan kimia yang baik dan sifat mekanik yang tinggi. PVDF termasuk kategori polimer *semicrystalline* dengan rumus molekul $(C_2H_2F_2)_n$ atau

$(\text{CH}_2\text{-CF}_2)_n$ atau lebih dikenal dengan 1,1 difluoroetilena. Membran PVDF dimanfaatkan pada berbagai proses pemisahan seperti nanofiltrasi, ultrafiltrasi, mikrofiltrasi dan destilasi membran (Suhartono *et al.*, 2017).



Gambar 2.6 Struktur PVDF (Guo *et al.*, 2015)

PVDF memiliki bentuk struktur polimorf yaitu fasa α , β dan γ . Diantara ketiga struktur tersebut diketahui bahwa α dan γ -PVDF bersifat nonpolar, sedangkan β PVDF bersifat polar (Cui *et al.*, 2015). Perbedaan sifat kepolaran tersebut menghasilkan kinerja yang berbeda dalam aplikasinya seperti permeabilitas air (Pramono *et al.*, 2019). Karakteristik PVDF dapat dilihat pada Tabel 2.3

Tabel 2.3 Karakteristik PVDF (Humairo, 2015)

Sifat	Keterangan
Wujud	Serbuk putih
Kelarutan dalam air	Tidak larut
Kekuatan Tarik	21,0 – 57,0 MPa
Temperatur leleh (TM)	141 – 178°C

Temperatur transisi gelas	-60 – 20°C
<i>Elongation</i>	12 – 600 %
<i>Modulus Young</i>	1380 – 55.200 MPa

PVDF memiliki sifat yang lebih unggul sebagai polimer. PVDF memiliki kestabilan termal yang berasal dari atom F dengan sifat elektronegativitas yang tinggi dan ikatan C-F memiliki energi disosiasi tinggi. PVDF bersifat semikristalin yang mampu mengendalikan variabel dan distribusi berat molekul. PVDF dapat diaplikasikan pada rentang pH yang luas dan mempunyai tingkat stabilitas yang baik terhadap bahan kimia. Pengaplikasian membran PVDF dapat digunakan untuk pengolahan air (Humairo, 2015).

PVDF dapat larut dalam N-metil pirolidon (NMP), dimetil formamide, dimetil asetamida (DMAc), dan dimetilsulfoksida. PVDF merupakan polimer yang sangat hidrofobik, namun sudah banyak studi literatur yang menjadikan PVDF lebih bersifat hidrofilik. Salah satu caranya yaitu ditreatmen dengan larutan basa kuat atau inisiator polimer dan monomer seperti asam akrilik. Cara lain untuk memperbaiki sifat membran yaitu menggunakan campuran polimer (Elma, 2017).

4. Al_2O_3

Aluminium oksida (Alumina) memiliki struktur kimia Al_2O_3 merupakan senyawa kimia dari aluminium dan oksida. Al_2O_3 bersifat sebagai isolator dan banyak digunakan sebagai alat pemotong. Al_2O_3 berfungsi sebagai pelindung logam aluminium untuk mencegah terjadinya oksidasi atau perkaratan (Suwarno, 2015). Al_2O_3 banyak digunakan sebagai adsorben, katalis, dan berbagai bidang industri kimia karena mempunyai sifat keras, penghambat panas dan listrik yang baik, memiliki struktur pori-pori besar dan ketahanan suhu yang tinggi (Rachmawati, 2016).

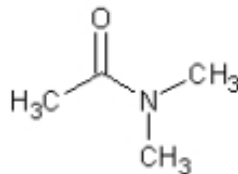
Alumina dengan struktur fasa γ - Al_2O_3 berbentuk kubik yang higroskopis dan banyak digunakan sebagai substrat katalis pada otomotif, komposit struktural untuk pesawat luar angkasa, serta sebagai pelapis tahan panas karena γ - Al_2O_3 larut dalam asam. Alumina dengan struktur fasa α - Al_2O_3 berbentuk oktahedral dan tidak mudah larut dalam asam karena memiliki kestabilan yang sangat tinggi (Ramdhani *et al.*, 2018).

Al_2O_3 merupakan partikel yang bersifat hidrofilik dan termasuk bahan membran dengan permeabilitas air yang tinggi. Penggunaan Al_2O_3 banyak ditambahkan pada polimer membran karena mampu meningkatkan permeabilitas, stabilitas termal, ketahanan terhadap

fouling, dan sifat mekanik, serta memberikan fungsi baru seperti degradasi kontaminan. Al_2O_3 memiliki dua sifat yaitu sifat ikatan hidrofilik dan kovalen (Hidayah *et al.*, 2023).

5. N,N-Dimetilasetamida (DMAc)

N,N-Dimetilasetamida (DMAc) memiliki rumus kimia $\text{CH}_3\text{C}(\text{O})\text{N}(\text{CH}_3)_2$. DMAc memiliki sifat fisik berbentuk cairan tidak berwarna, larut dalam air, dan berfungsi sebagai pelarut polar karena titik didihnya tinggi. DMAc bersifat higroskopis sehingga harus disimpan dalam ruang inert. DMAc merupakan pelarut organik yang tidak mudah menguap, pelarut ini dapat menimbulkan iritasi pada mata dan kulit karena sifatnya yang beracun. DMAc mempunyai titik didih 166°C , titik leleh -20°C , massa jenis $0,94 \text{ gr/cm}^3$ dan dapat digunakan untuk melarutkan polimer PVDF (Riani, 2014).



Gambar 2.7 Struktur DMAc (Riani, 2014)

DMAc dihasilkan dari reaksi antara dimetilamina dengan asam asetat atau anhidrida asetat. DMAc memiliki

banyak kegunaan dalam industri, baik sebagai bahan awal atau bahan perantara. DMAC dapat digunakan untuk melarutkan polimer, khususnya dalam industri serat dan dapat digunakan sebagai bahan aditif penstabil elektrolit untuk baterai lithium ion (Butarbutar, 2021).

6. Karakterisasi Membran

1. Fluks (Permeabilitas)

Membran yang bagus adalah membran yang mempunyai selektifitas dan permeabilitas yang tinggi. Permeabilitas atau sering disebut dengan fluks adalah jumlah volume permeat yang melewati permukaan luas membran dalam waktu tertentu dengan adanya gaya dorong berupa tekanan (Mulder, 1996). Nilai fluks dihitung menggunakan persamaan 2.1

$$J = \frac{v}{A \times t} \dots\dots\dots (2.1)$$

Keterangan :

J = Nilai fluks (L/m².jam)

V = volume permeat (L)

A = luas permukaan membran (m²)

t = waktu (jam)

Nilai fluks menunjukkan kecepatan alir permeat ketika melewati permukaan membran yang

dipengaruhi oleh ukuran pori- pori membran. Suatu membran dikatakan efektif dan efisien jika mempunyai nilai fluks tinggi. Masalah yang sering timbul saat filtrasi adalah penurunan nilai fluks yang dipengaruhi adanya *fouling*. *Fouling* terjadi akibat terakumulasinya molekul-molekul pada pori-pori membran dan terjebak didalamnya (Elma, 2017).

2. Rejeksi (Selektivitas)

Selektivitas biasanya dinyatakan dengan koefisien rejeksi yang merupakan nilai fraksi konsentrasi zat terlarut yang tidak menembus membran.

$$\% R = \left(1 - \frac{C_p}{C_f} \right) \times 100\% \dots\dots\dots (2.2)$$

Keterangan :

R = Koefisien rejeksi (%)

C_p = Konsentrasi zat terlarut dalam permeat

C_f = Konsentrasi zat terlarut dalam umpan

Nilai rejeksi sangat ditentukan oleh ukuran pori-pori membran. Membran dikatakan mengalami rejeksi sempurna jika hasil rejeksinya menunjukkan nilai 100% karena zat terlarut tertahan oleh membran, sedangkan jika nilai rejeksinya 0% maka zat terlarut

dan pelarut melewati membran tanpa tertahan (Mulder, 1996).

3. *Tensile Strength* (Kuat Tarik)

Uji *tensile strength* (kuat tarik) adalah salah satu uji untuk menentukan kemampuan material dalam menahan beban tarikan maksimum yang diberikan terhadap material hingga material dapat bertambah panjang sebelum akhirnya terputus. Pada pengukuran *tensile strength* akan mendapatkan hasil berupa tegangan (stress), regangan (strain) dan modulus young (Lestari, 2020).

Tegangan (*stress*) merupakan perbandingan antara gaya dengan luas penampang yang mendapat gaya, dinyatakan dalam persamaan 2.3

$$\sigma = \frac{F}{A} \dots\dots\dots (2.3)$$

Keterangan : σ = tegangan (MPa), F = gaya (N), A = luas penampang (mm²).

Regangan (*strain*) merupakan perbandingan antara perubahan panjang terhadap panjang semula, dinyatakan dalam persamaan 2.4

$$\varepsilon = \frac{\Delta L}{l_0} \dots\dots\dots (2.4)$$

Keterangan ε = regangan, ΔL = perubahan panjang (mm), l_0 = Panjang awal (mm).

Modulus young merupakan perbandingan antara besaran tegangan dan besaran regangan, dinyatakan dalam persamaan 2.5

$$E = \frac{\sigma}{\varepsilon} \dots\dots\dots (2.5)$$

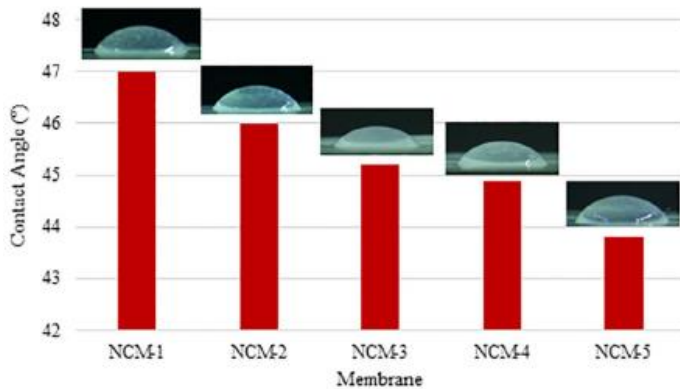
Keterangan E = *Modulus young* (MPa), ε = regangan, σ = tegangan (MPa) (Aurora & Kusumawati, 2015).

4. **Contact Angle (Sudut Kontak)**

Sudut kontak merupakan karakterisasi untuk mengetahui sifat permukaan bahan membran, hidrofobik atau hidrofilik. Secara teoritis, suatu membran bersifat hidrofilik jika sudut kontaknya kurang dari 90°. Artinya air tidak memerlukan gaya tekan yang besar untuk menembus membran. Jika sudut kontak yang terbentuk melebihi 90°, menunjukkan hidrofobitas yang tinggi. Ini berarti bahwa lebih banyak kekuatan pendorong diperlukan untuk menembus membran dengan air (Fathanah & Meilina, 2021).

Sudut kontak membran PVDF/PVA/Al₂O₃ dengan NCM-1 sebanyak 1% Al₂O₃ dan NCM-5 sebanyak 5% Al₂O₃ menunjukkan bahwa sudut kontak berkurang dari 47° pada NCM-1 menjadi sekitar 44° pada NCM-5. Pengurangan sudut kontak ini karena

pembentukan membran nanokomposit dengan hidrofilitas yang lebih tinggi dari nanopartikel Al_2O_3 (Razmgar *et al.*, 2019).



Gambar 2.8 Sudut kontak PVDF/PVA/ Al_2O_3
(Razmgar *et al.*, 2019)

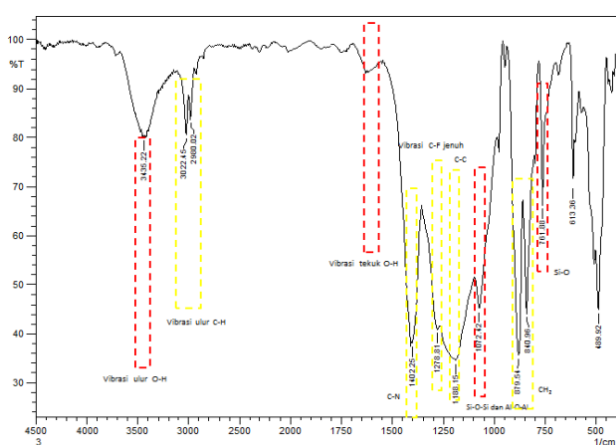
5. *Fourier Transform Infrared (FT-IR)*

Fourier Transform Infrared atau spektroskopi inframerah yaitu metode yang menggunakan teknik *transformasi fourier* untuk mendeteksi dan menganalisis spektrum yang dihasilkan. FTIR dapat mengidentifikasi kandungan gugus fungsi senyawa organik dengan menganalisis spektrum yang diperoleh sesuai dengan puncak-puncak yang dibentuk oleh gugus fungsi menggunakan tabel korelasi dan spektrum senyawa pembanding. Daerah inframerah

berada pada spektrum 4000-200 cm^{-1} (Elma, 2017).

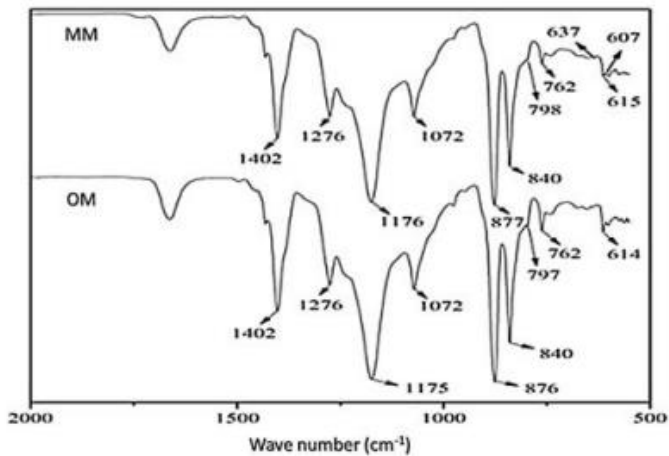
Karakterisasi FTIR memberikan informasi gugus fungsi yang ada dalam sampel berupa keterangan molekul serapan jenis ikatan (O-H, C-X, N-H, C-H, C=O, C-O, C-C, C=N, C=C, dan sebagainya) yang hanya dapat diperoleh dalam bagian-bagian kecil tertentu dari daerah vibrasi inframerah (Insani, 2019).

Spektrum FTIR membran PVDF (Gambar 2.9), pada sinyal 3200-2800 cm^{-1} merupakan vibrasi ulur C-H, sinyal 1600 cm^{-1} merupakan vibrasi tekuk O-H, pada sinyal 1400-1200 cm^{-1} terdapat ikatan C-F jenuh, dan sinyal 1400 cm^{-1} menunjukkan ikatan C-N (Suryandari, 2019).



Gambar 2.9 Spektrum membran PVDF-Zeolit
(Suryandari, 2019)

Spektrum FTIR membran PVDF dilambangkan dengan OM dan membran PVDF- Al_2O_3 dilambangkan dengan MM, menunjukkan perbedaan yaitu adanya penambahan Al_2O_3 terdapat puncak baru yang merupakan puncak dari Al-O pada bilangan gelombang 607 cm^{-1} (Ni *et al.*, 2022).



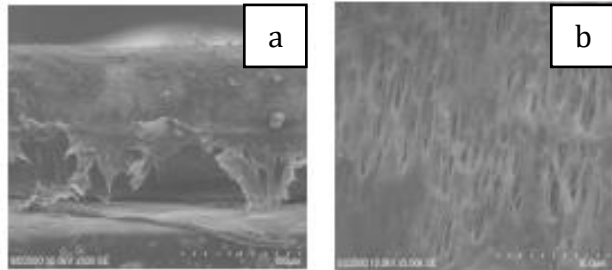
Gambar 2.10 Spektrum FTIR membran PVDF dan PVDF Al_2O_3 (Ni *et al.*, 2022)

6. *Scanning Electron Microscopy- Energy Dispersive X-Ray (SEM-EDX Mapping)*

Scanning Electron microscopy (SEM) merupakan salah satu teknik berbasis mikroskop elektron yang sering digunakan untuk melihat permukaan suatu padatan. SEM merupakan metode sederhana untuk

karakterisasi dan pengamatan struktur pori dari suatu membran (permukaan dan penampang melintang). Batasan resolusi dari SEM berkisar $0,01 \mu\text{m}$ (10 nm). Dengan perkembangan teknologi, nilai resolusi dapat ditingkatkan mencapai 5 nm (Mulder, 1996).

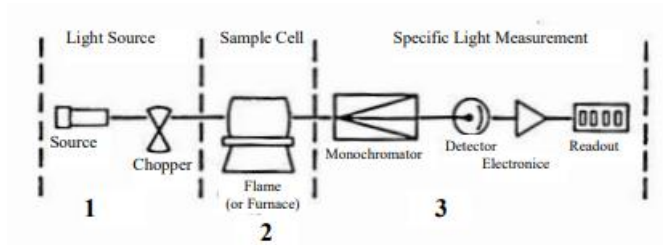
Analisa SEM pada membran digunakan untuk mengetahui struktur morfologi dan ukuran pori permukaan membran yang nantinya berpengaruh terhadap kinerja membran saat proses uji filtrasi (Elma, 2017). SEM dilakukan dengan cara merendam sampel membran selama beberapa detik ke dalam nitrogen cair hingga membran mengeras, kemudian membran dijepit kedua sisinya dengan pinset dan dipatahkan. Sampel membran ditentukan morfologi permukaannya dengan penampang melintang, dan selanjutnya di uji EDX untuk melihat komponen unsur apa saja yang terdapat pada membran. Persebaran komponen unsur yang ada pada membran dapat diketahui dengan uji *mapping* (Suryandari, 2019)



Gambar 2.11 *Cross section* membran PVDF a) 500x, b) 5000x (Suryandari, 2019)

7. *Atomic Absorption Spectrophotometer (AAS)*

AAS merupakan alat yang digunakan untuk mengetahui kadar dari suatu logam, baik logam berat maupun logam ringan. Cara kerja AAS berprinsip pada absorpsi cahaya oleh atom yang diserap pada panjang gelombang tertentu sesuai dengan sifat unsurnya. Peristiwa yang terjadi di dalam AAS meliputi perubahan menjadi atom-atom bebas dari sampel dan absorpsi radiasi sumber eksternal oleh atom. Alat AAS terbagi menjadi tiga bagian pokok penting yaitu sumber radiasi yang berfungsi menghasilkan sinar berupa lampu katoda cekung, sumber pengatoman sebagai penghasil atom bebas, dan sistem deteksi monokromator, , dan pembacaan (Djunaidi, 2018).



Gambar 2.9 Instrumen AAS (Djunaidi, 2018)

B. Kajian Pustaka

Penelitian ini mengacu pada penelitian sebelumnya yang pernah dilakukan. Penelitian dilakukan Suryandari (2019) tentang sintesis membran komposit PVDF-zeolit untuk menghilangkan metilen biru. Larutan membran dibuat dengan mencampurkan polimer PVDF 20% (b/v) yang dilarutkan dalam DMAc, sedangkan membran dimodifikasi dengan zeolit. Hasil yang diperoleh menunjukkan tingkat rejeksi optimum kedua membran pada pH 5 dan tekanan 1 bar yaitu membran PVDF-Zeolit memiliki nilai rejeksi sebesar 82,65% dan fluks sebesar 19,197 L/m².jam, sedangkan membran PVDF memiliki nilai koefisien rejeksi 76,45% dan fluks sebesar 8,921 L/m².jam.

Penelitian lain dilakukan oleh Suhartono *et al.*, (2017) tentang membran PVDF/*Carbon Nanotube* (CNT) untuk menyisahkan logam Fe. Hasil yang diperoleh menunjukkan nilai rejeksi membran PVDF/CNT lebih baik dibandingkan

membran PVDF murni. Nilai rejeksi membran PVDF sebesar 66,79 %, sedangkan rejeksi membran PVDF/CNT sebesar 94,05%. Hal ini disebabkan penambahan CNT dapat meningkatkan *electronegativity* sehingga lebih baik dalam mengikat partikel logam yang bermuatan positif. Hasil fluks membran PVDF memiliki penurunan yang lebih besar dibandingkan membran PVDF/CNT. Nilai fluks membran PVDF sebesar 0.00243 L/m².jam, sedangkan fluks membran PVDF/CNT sebesar 0.00196 L/m².jam. Hal ini karena penambahan CNT meningkatkan kemampuan anti *fouling* dari membran tersebut.

Penelitian lain dilakukan oleh Hidayah *et al.*, (2023) tentang sintesis membran poliamida 18% dengan penambahan Al₂O₃ 5%, 10%, dan 15% untuk memfiltrasi ion Pb²⁺. Hasil yang diperoleh menunjukkan semakin banyak penambahan Al₂O₃ akan meningkatkan sifat hidrofilitas membran dan menjadikan kinerja membran semakin baik. Penambahan Al₂O₃ 15% mampu meningkatkan nilai fluks sebesar 41,886 L/m².jam dan menurunkan konsentrasi ion Pb²⁺ hingga 0,02 mg/L dari konsentrasi awal 10 mg/L, nilai koefisien rejeksi yang dihasilkan hingga 99,8%.

Penelitian lain dilakukan oleh Mesakh *et al.*, (2017) tentang pengaruh Al₂O₃ terhadap membran blend kitosan

PVA-*litium* sebagai membran elektrolit baterai. Hasil yang diperoleh menunjukkan nilai konduktivitas membran cenderung meningkat dengan penambahan Al_2O_3 0% ,1%, 3%, 4% dan 5%. Peningkatan konduktivitas disebabkan banyaknya jumlah ion dan mobilitas ion pada membran yang semakin terarah dengan penambahan filler Al_2O_3 . Hasil pengukuran potensial juga mengalami peningkatan seiring dengan bertambahnya konsentrasi Al_2O_3 pada membran blend kitosan PVA- Al_2O_3 -Li.

Penelitian lain dilakukan oleh Wahyusi *et al.*, (2021) tentang membran kitosan untuk pemisahan Ion Pb pada limbah cair. Hasil yang diperoleh menunjukkan membran dengan komposisi kitosan : zeolit (2:1,5) yang dilarutkan dalam 30 mL PVA memiliki nilai fluks sebesar 323,809 L/m².jam. Konsentrasi limbah PbNO_3 hasil filtrasi mengalami penurunan dari konsentrasi awal sebesar 12239,7 mg/L menjadi 7520,4 mg/L dengan nilai rejeksi sebesar 38,5573%. Kandungan ion Pb tidak sepenuhnya terfiltrasi karena ukuran pori membran lebih besar dari jari-jari ion Pb, sehingga sebagian ion Pb masih lolos saat dialiri limbah sintesis PbNO_3 dan sebagian tertahan di permukaan membran sehingga menyebabkan penurunan ion Pb dari limbah sintesis PbNO_3 .

C. Hipotesis Penelitian

Penambahan Aluminium oksida (Al_2O_3) pada membran PVDF diharapkan mampu menurunkan sifat hidrofobik dari PVDF menjadi lebih hidrofilik, meningkatkan struktur pori membran, meningkatkan fluks dan koefisien rejeksi pada membran sehingga mampu meningkatkan kinerjanya dalam pengurangan kadar ion logam Pb^{2+} .

BAB III

METODE PENELITIAN

A. Alat dan Bahan

1. Alat

Peralatan yang digunakan pada penelitian ini adalah gelas beaker, gelas ukur, batang pengaduk, spatula, pipet volume, pipet tetes, labu ukur, ayakan 200 mesh, neraca analitik, *magnetic bar*, *magnetic stirrer*, bak koagulasi, plat kaca, lakban, *aluminium foil*, satu set alat uji filtrasi *cross-flow*, alat uji kuat tarik (*Brookfield CT 3 4500*), alat uji sudut kontak (*OCA 25*), Instrumen *Fourier Transform Infra-red* (FTIR) (*PerkinElmer Spectrum IR Version 10.6.1*), Instrumen SEM-EDX *mapping* (*Jeol Jsm-6510 La*), dan *Atomic Absorption Spektrofotometer* (AAS) (*Thermo Scientific iCE 3000 AA05194702*).

2. Bahan

Polyvinylidene Flouride (PVDF), Dimethylacetamide (DMAc) Merck, serbuk $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ Merck, Aluminium oksida (Al_2O_3), aseton, dan aquades.

B. Langkah Kerja

1. Pembuatan Membran

a. Membran PVDF

Pembuatan membran dilakukan menggunakan metode *phase inversion*. Pembuatan membran PVDF diawali dengan membuat larutan yang berisi campuran polimer PVDF dan pelarut DMAc. Membran divariasikan dengan 5 komposisi PVDF yang berbeda yaitu 16%, 18%, 20%, 22%, dan 24% (b/v) yang dilarutkan dalam 10 mL DMAc. Larutan kemudian diaduk menggunakan *magnetic stirrer* selama 24 jam hingga campuran homogen dan terbentuk gel. Selanjutnya membran dicetak pada plat kaca yang sebelumnya sudah dibersihkan dengan aseton, kemudian diratakan dengan batang pengaduk dan dibiarkan selama 30 menit. Kemudian membran dimasukkan ke dalam bak koagulasi berisi aquades dan ditunggu hingga membran memisah dari cetakannya, selanjutnya membran yang sudah terbentuk diangkat dan ditiriskan ±24 jam hingga membran mengering, selanjutnya dilakukan uji karakterisasi (Suryandari, 2019). Semua variasi PVDF diuji dengan kuat tarik, sedangkan PVDF yang paling

optimum berdasarkan hasil kuat tarik diuji dengan sudut kontak, FTIR, SEM-EDX dan *mapping*.

b. Membran PVDF- Al_2O_3

Pembuatan membran PVDF- Al_2O_3 diawali dengan menyiapkan berat PVDF dengan konsentrasi optimum berdasarkan uji kuat tarik, kemudian ditambahkan Al_2O_3 dengan konsentrasi 5%, 10%, dan 15% (b/b) yang dilarutkan dalam 10 mL pelarut DMAc. Larutan kemudian diaduk menggunakan *magnetic stirrer* selama 24 jam hingga campuran homogen dan terbentuk gel. Selanjutnya membran dicetak pada plat kaca yang sudah dibersihkan dengan aseton, kemudian diratakan dengan batang pengaduk dan dibiarkan selama 30 menit. Kemudian membran dimasukkan ke dalam bak koagulasi berisi aquades dan ditunggu hingga membran memisah dari cetaknya, selanjutnya membran yang sudah terbentuk diangkat dan ditiriskan ± 24 jam hingga membran mengering, dan dilakukan karakterisasi (Suryandari, 2019). Semua variasi PVDF- Al_2O_3 dilakukan uji kuat tarik, sudut kontak, dan FTIR,

sedangkan variasi PVDF- Al_2O_3 paling optimum dikarakterisasi dengan SEM-EDX dan *mapping*.

2. Karakterisasi Membran

a. Uji kuat tarik

Karakterisasi membran PVDF dan PVDF- Al_2O_3 dengan pengujian kuat tarik menggunakan alat *Universal Testing Machine* dengan tujuan untuk mengetahui sifat mekanik membran. Sampel membran dipotong dengan ukuran 2,5 x 0,5 cm kemudian kedua ujungnya dijepit dengan alat uji tarik dan ditarik hingga membran terputus. Data yang diperoleh meliputi *strain* (regangan) dan *stress* (tegangan) pada kondisi minimal dan maksimal (Suryandari, 2019). Uji ini dilakukan di Laboratorium Terpadu Universitas Diponegoro.

b. Uji *Contact Angle* (sudut kontak)

Karakterisasi sudut kontak pada membran PVDF dan PVDF- Al_2O_3 dilakukan dengan memotong membran ukuran 2 x 2 cm kemudian ditetaskan air dan diambil gambar menggunakan alat sudut kontak. Hasil pengujian berupa data besaran sudut dari setiap masing-masing sampel yang menunjukkan sifat hidrofobik atau hidrofilik

(Prestisya, 2016). Uji ini dilakukan di Laboratorium Terpadu Universitas Diponegoro.

c. Analisis FT-IR

Analisa membran menggunakan FTIR bertujuan untuk menentukan gugus fungsi pada membran PVDF dan membran PVDF- Al_2O_3 yang diperoleh berdasarkan hasil panjang gelombang yang muncul pada rentang $400\text{-}4000\text{ cm}^{-1}$ (Dwi *et al.*, 2022). Karakterisasi ini dilakukan di Laboratorium Terpadu Universitas Diponegoro.

d. Uji SEM EDX-*Mapping*

Karakterisasi menggunakan SEM bertujuan untuk menentukan penampang lintang pada membran PVDF dan PVDF- Al_2O_3 optimum. Sampel membran direndam selama beberapa detik dalam nitrogen cair hingga mengeras. Kemudian membran dijepit kedua sisinya dengan pinset dan dipatahkan. Sampel kemudian ditentukan morfologi penampang dan dilanjutkan dengan EDX untuk mengidentifikasi unsur-unsur yang terkandung dalam membran dan dilakukan *mapping* untuk melihat sebaran partikel didalam membran (Suryandari, 2019). Karakterisasi ini

dilakukan di Laboratorium Terpadu Universitas Diponegoro.

e. Uji Filtrasi

Membran PVDF dan PVDF- Al_2O_3 dipotong sesuai ukuran diameter sel filtrasi membran dan kertas saring yaitu diameter 42 mm, selanjutnya kertas saring dan membran dimasukkan kedalam alat filtrasi, kemudian dimasukkan sampel ion logam Pb^{2+} pada tempat yang terdapat dalam alat filtrasi dan ditutup rapat. Membran diberi tekanan sampai larutan dapat menembus membran. Nilai fluks didapatkan dengan mengukur volume larutan yang melewatinya, Nilai rejeksi didapatkan dengan mengukur konsentrasi sampel sebelum dan sesudah melewati membran (Rohmah, 2021).

3. Pengukuran Kadar Ion Logam Pb^{2+}

a. Pembuatan larutan baku Pb^{2+} 1000 ppm

$\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ ditimbang sebanyak 0,16 gram dilarutkan dalam sedikit aquades, kemudian dimasukkan ke labu ukur 100 ml lalu ditambahkan aquades hingga tanda batas dan dikocok hingga homogen (Standar Nasional Indonesia, 2019).

b. Pembuatan larutan Pb^{2+} 10 ppm

Larutan ion Pb^{2+} 1000 ppm yang sudah dibuat sebelumnya, dipipet 10 mL dan dimasukkan ke dalam labu ukur 1000 mL, kemudian ditambahkan aquades hingga tanda batas dan dihomogenkan sehingga didapatkan konsentrasi larutan sebesar 10 ppm (Nurul Agusti, 2019).

c. Pembuatan Kurva Standar

Larutan standar ion Pb^{2+} 10 ppm dipipet sebanyak 2,5 mL, 5 mL, 10 mL, 20 mL, dan 40 mL dimasukkan ke dalam labu ukur 100 mL, kemudian ditambahkan aquades sampai tanda batas dan dihomogenkan sehingga diperoleh larutan standar ion Pb^{2+} konsentrasi 0,25; 0,50; 1,00; 2,00; dan 4,00 mg/L, kemudian dianalisis absorbansinya menggunakan *Atomic Absorption Spektrofotometer* (AAS). Hasil yang diperoleh dibuat kurva kalibrasi absorbansi dan konsentrasi sehingga didapatkan persamaan garis lurus $y = ax + b$.

d. Pengukuran Ion Logam Pb^{2+}

Larutan ion Pb^{2+} sebelum dan sesudah filtrasi dianalisis menggunakan *Atomic Absorption Spektrofotometer* pada bilangan gelombang 283,3 nm. Dihitung absorbansi yang diperoleh

menggunakan persamaan garis lurus $y = ax + b$ sehingga didapatkan konsentrasi ion logam Pb^{2+} (Standar Nasional Indonesia, 2019).

BAB IV

PEMBAHASAN

Bab ini menjelaskan hasil dan pembahasan pembuatan dan karakterisasi membran PVDF dan membran PVDF- Al_2O_3 . Karakterisasi membran meliputi uji kuat tarik (*tensile strength*), sudut kontak (*contact angle*), identifikasi gugus fungsi membran dengan FTIR, uji filtrasi untuk mengetahui nilai fluks dan rejeksi, dan SEM-EDX Mapping untuk identifikasi morfologi membran, komponen unsur pada membran dan persebaran unsur-unsur pada membran.

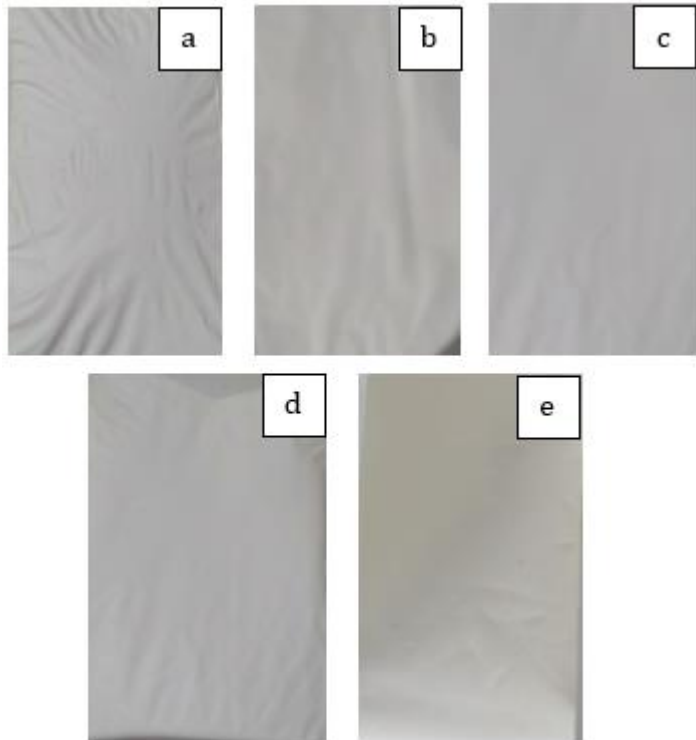
A. Pembuatan Membran

Membran sebagai media berpori menjadi salah satu alternatif paling mudah dalam pengolahan limbah. Membran bersifat semipermeabel digunakan untuk memisahkan partikel berukuran molekul dalam suatu sistem berdasarkan sifat permeabilitasnya. Pada penelitian ini dilakukan pembuatan membran menggunakan polymer *Polyvinylidene fluoride* (PVDF) yang dilarutkan dalam pelarut *Dimethylacetamide* (DMAc). Penelitian dilakukan di Laboratorium Kimia Dasar UIN Walisongo Semarang. Pembuatan membran dilakukan secara dua tahap, yaitu pembuatan membran PVDF dan pembuatan membran PVDF- Al_2O_3 .

1. Membran PVDF

Membran PVDF dibuat dengan beberapa tahapan yang diawali dengan proses pembuatan larutan *dope* dari serbuk PVDF dan pelarut *Dimethylacetamide* (DMAc) dengan variasi konsentrasi 16%, 18%, 20%, 22%, dan 24% (b/v). Tujuan variasi membran untuk mengetahui konsentrasi membran PVDF paling optimum. Larutan PVDF dan DMAc tersebut distirrer dengan alat *magnetic stirrer* selama 24 jam hingga larutan berbentuk gel dan homogen. Larutan selanjutnya didiamkan selama 30 menit untuk mengurangi gelembung pada larutan. Disiapkan plat kaca untuk media cetak dan dibersihkan terlebih dahulu dengan aseton supaya membran tidak terkontaminasi oleh zat pengotor yang masih ada pada plat kaca sehingga membran yang dicetak akan lebih cepat proses reaksinya. Membran kemudian dicetak menggunakan metode inversi fasa (*wet phase inversion*) dengan cara mencetak membran diatas plat kaca lalu diratakan menggunakan batang pengaduk. Membran yang telah dicetak di atas plat kaca tersebut kemudian dimasukkan ke dalam bak koagulasi berisi aquades dan ditunggu hingga membran terlepas dari plat kaca, kemudian diangkat dan dikeringkan hingga

membran mengering. Gambar 4.1 menunjukkan hasil pembuatan membran PVDF.



Gambar 4.1 Membran a) PVDF 16%, b) PVDF 18%,
c) PVDF 20%, d) PVDF 22%, e) PVDF 24%

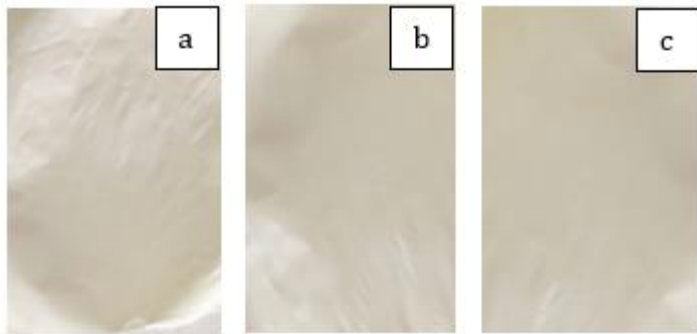
Gambar 4.1 menunjukkan hasil dari membran PVDF 16% memiliki banyak kerutan dan gelembung. Membran PVDF 18% memiliki kerutan dan gelembung lebih sedikit daripada PVDF 16%. Membran PVDF 20% dan PVDF 22% terlihat tingkat kerutan dan gelembung

semakin berkurang dibandingkan konsentrasi sebelumnya. Membran PVDF 24% jika dilihat merupakan konsentrasi terbaik karena memiliki tingkat kerutan yang semakin berkurang, dan gelembung semakin menghilang dibandingkan konsentrasi membran lainnya. Semakin besar konsentrasi membran maka tekstur membran yang dihasilkan semakin baik, tetapi tidak dapat dikatakan bahwa membran terbaik hanya dilihat berdasarkan aspek tekstur membran saja (Prestisya, 2016). Untuk membuktikan konsentrasi membran terbaik dilakukan uji mekanik membran yaitu dengan uji kuat tarik. Hasil yang didapatkan menunjukkan bahwa membran PVDF 20% memiliki sifat mekanik paling baik dengan nilai kuat tarik sebesar 7,55 MPa, sehingga konsentrasi ini yang selanjutnya digunakan untuk mencampurkan membran PVDF dengan Al_2O_3 .

2. Membran PVDF- Al_2O_3

Membran PVDF- Al_2O_3 dibuat dengan proses pembuatan yang sama seperti pembuatan membran PVDF. Pembuatan membran PVDF- Al_2O_3 dimulai dengan membuat larutan yang terdiri dari konsentrasi terbaik PVDF yaitu konsentrasi PVDF 20%, selanjutnya dilakukan penambahan Al_2O_3 dengan konsentrasi 5%,

10%, dan 15% (b/b). Tujuan penambahan Al_2O_3 untuk mengurangi hidrofobisitas membran PVDF, sehingga memudahkan air melewati membran dan jumlah permeat yang dihasilkan semakin banyak. Gambar 4.2 menunjukkan hasil dari pembuatan membran PVDF- Al_2O_3 .



Gambar 4.2 Membran a) PVDF- Al_2O_3 5%, b) PVDF- Al_2O_3 10%, c) PVDF- Al_2O_3 15%

Pada membran PVDF- Al_2O_3 memiliki warna yang lebih putih pekat dibandingkan membran PVDF. Terjadinya perubahan warna karena adanya campuran Al_2O_3 ke dalam membran PVDF. Langkah selanjutnya dilakukan uji kuat tarik, FTIR, sudut kontak, dan uji filtrasi untuk mengetahui sifat membran. Membran PVDF 20% dan membran PVDF- Al_2O_3 dengan konsentrasi terbaik dilakukan uji SEM-EDX *Mapping*.

B. Karakterisasi Membran

1. Uji Kuat Tarik

Analisis sifat mekanik yang meliputi ketahanan tarik dan elastisitas membran PVDF dan PVDF- Al_2O_3 dilakukan berdasarkan uji kuat tarik. Pengukuran sifat mekanik umumnya digunakan untuk mengukur kekuatan membran terhadap gaya yang dibutuhkan dalam membuat membran terputus.

Pengujian kuat tarik dilakukan dengan menyiapkan sampel membran yang dipotong ukuran 2,5 x 0,5 cm, kemudian diuji dengan alat kuat tarik (*Brookfield CT 3 4500*). Tabel 4.1 menunjukkan hasil pengujian kuat tarik membran PVDF

Tabel 4.1 Hasil uji kuat tarik membran PVDF

Membran PVDF (b/v)	Kuat tarik (MPa)	Elongasi (%)	Modulus Young (MPa)
16%	4,91	0,13	37,76
18%	3,58	0,40	8,95
20%	7,55	1,205	6,26
22%	6,27	0,033	190,00
24%	6,50	0,033	196,90

Tabel 4.1 menunjukkan membran memiliki nilai kuat tarik terbaik pada PVDF 20% dengan nilai 7,55 MPa dan elongasi sebesar 1,205%, sedangkan penambahan polimer pada PVDF 22% menghasilkan kuat tarik sebesar 6,27 MPa dan PVDF 24% menghasilkan kuat tarik sebesar 6,50 MPa. Hal ini menunjukkan penambahan polimer pada konsentrasi yang semakin tinggi dapat menurunkan kekuatan mekanik pada membran dan konsentrasi yang tepat akan menghasilkan membran dengan susunan pori-pori yang bagus (Humairo, 2015). Hasil yang didapatkan sesuai dengan material PVDF yang digunakan termasuk type resin sintesis dan plastik dengan nilai *tensile strength* berkisar 7,395 – 8,250 (Allplastics, n.d.). Membran PVDF 20% tidak mudah terputus saat dilakukan uji kuat tarik karena memiliki persebaran partikel yang merata. Apabila nilai kuat tarik semakin kecil maka akan menurunkan kekuatan mekanik pada membran, sedangkan apabila nilai kuat tarik semakin besar maka membran semakin kuat menahan kerusakan mekanik (Husni *et al.*, 2018).

Membran PVDF 20% dilakukan penambahan Al_2O_3 dengan variasi 5%, 10%, dan 15% yang bertujuan untuk meningkatkan kinerja membran. Dilakukan uji

kuat tarik untuk mengetahui sifat mekanik membran tersebut. Tabel 4.2 menunjukkan hasil uji kuat tarik membran PVDF- Al_2O_3 .

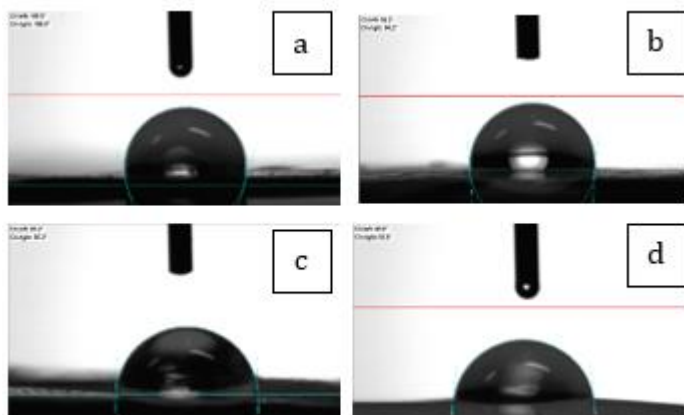
Tabel 4.2 Kuat tarik membran PVDF- Al_2O_3

PVDF- Al_2O_3	Kuat Tarik (MPa)	Elongasi (%)	Modulus Young (MPa)
5%	2,77	0,184	15,05
10%	4,04	0,128	31,56
15%	7,85	0,068	115,44

Tabel 4.2 menunjukkan bahwa semakin banyak penambahan Al_2O_3 menyebabkan meningkatnya nilai kuat tarik. Membran PVDF- Al_2O_3 15% memiliki nilai kuat tarik paling besar karena semakin rapat pori membran menghasilkan daya tarik antar atom yang semakin besar sehingga meningkatkan nilai kuat tariknya. Apabila nilai kuat tarik semakin besar maka membran semakin kuat saat diberi tekanan (Rohmah, 2021). Penambahan Al_2O_3 menyebabkan nilai elastisitas membran semakin rendah karena rantai polimer tidak dapat mengikat senyawa organik sehingga terjadi penurunan gaya intermolekul yang membuat membran menjadi keras (Chadiroh, 2021).

2. Uji Sudut Kontak

Uji sudut kontak merupakan karakterisasi yang bertujuan untuk menentukan sifat hidrofilik atau hidrofobik dari suatu membran dengan cara mengukur tingkat kebasahan suatu membran saat berinteraksi dengan air. Sudut kontak adalah sudut yang terbentuk antara bidang permukaan membran dan bidang droplet air. Pengujian sudut kontak dilakukan dengan menyiapkan membran PVDF dan PVDF- Al_2O_3 yang dipotong ukuran 2 x 2 cm kemudian di uji dengan alat *Optical Contact Angele (OCA 25)* di Laboratorium terpadu Universitas Diponegoro Semarang.



Gambar 4.3 Sudut Kontak a) PVDF, b) PVDF- Al_2O_3 5%, c) PVDF- Al_2O_3 10%, d) PVDF- Al_2O_3 15%

Gambar 4.3 dapat dilihat bahwa penambahan Al_2O_3 berpengaruh pada sifat hidrofilitasnya. Hal ini dibuktikan dengan penurunan derajat pada membran yang semakin lama semakin menurun. Tabel 4.3 menunjukkan hasil analisis sudut kontak membran PVDF dan PVDF- Al_2O_3 yang lebih jelas.

Tabel 4.3 Hasil sudut kontak membran

Membran	Sudut Kontak (°)
PVDF	106
PVDF- Al_2O_3 5%	94,2
PVDF- Al_2O_3 10%	87,2
PVDF- Al_2O_3 15%	83,6

Tabel 4.3 menunjukkan penurunan derajat sudut kontak seiring dengan bertambahnya konsentrasi Al_2O_3 pada membran. Hasil sudut kontak membran PVDF mempunyai nilai terbesar yaitu 106° yang artinya membran PVDF bersifat hidrofobik, sedangkan membran PVDF dengan penambahan Al_2O_3 meningkatkan sifat hidrofilik membran yang dibuktikan dengan menurunnya nilai sudut kontak pada membran PVDF- Al_2O_3 5%, 10%, dan 15% yaitu masing-masing sebesar $94,2^\circ$, $87,2^\circ$, dan $83,6^\circ$. Hal ini sesuai dengan teori yaitu membran bersifat hidrofobik

jika memiliki tingkat keterbasahan rendah yang dilihat dari nilai sudut kontak lebih dari 90° , sedangkan membran bersifat hidrofilik jika memiliki tingkat keterbasahan tinggi yang dilihat dari nilai sudut kontak kurang dari 90° (Suryandari, 2019). Membran yang bersifat hidrofilik membutuhkan tekanan yang kecil untuk membuat air meresap ke dalam permukaan membran, sehingga akan berpengaruh terhadap fluks air yang dihasilkan saat proses filtrasi membran.

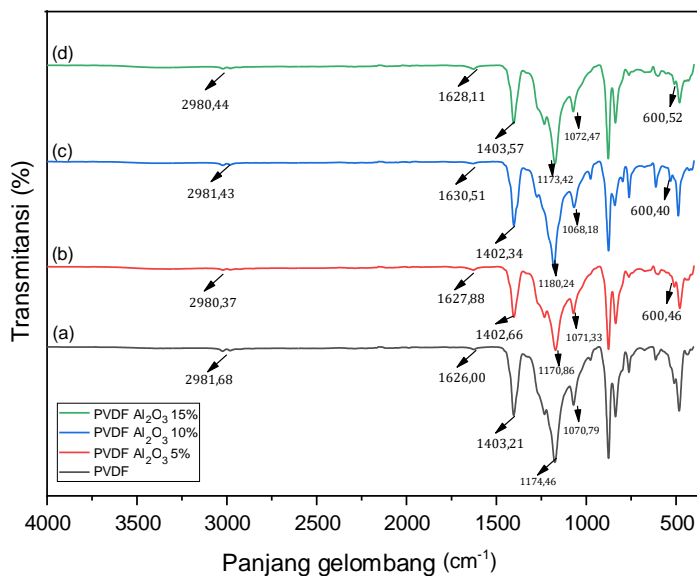
PVDF bersifat hidrofobik dimana molekul hidrofobik cenderung bersifat non polar, sedangkan molekul air bersifat polar, sehingga molekul hidrofobik tidak akan larut baik dalam air. Al_2O_3 memiliki gugus hidroksil yang bersifat polar dan dapat membentuk ikatan hidrogen dengan molekul air. Apabila membran PVDF ditambahkan Al_2O_3 terkena air, maka terjadi interaksi ikatan hidrogen antara oksigen pada hidroksil Al_2O_3 dengan hidrogen pada air, sehingga menjadikan membran PVDF lebih bersifat hidrofilik (De Jesus & Yin, 2017).

3. Karakterisasi Gugus Fungsi dengan FT-IR

Pengujian FTIR dilakukan untuk menentukan gugus fungsi pada membran PVDF dan PVDF- Al_2O_3 .

Karakterisasi dengan FTIR dilakukan dengan menganalisis hasil spektrum yang diperoleh pada bilangan gelombang 400 - 4000 berdasarkan puncak-puncak yang terbentuk oleh gugus fungsi. Langkah yang dilakukan yaitu dengan memotong sampel membran ukuran 1 x 1 cm, kemudian dimasukkan ke dalam alat FTIR dan dilakukan pengujian. Gambar 4.4 menunjukkan bahwa penambahan Al_2O_3 pada membran PVDF sudah berhasil. Penambahan Al_2O_3 tidak akan merusak struktur PVDF, tetapi akan muncul puncak baru berupa serapan Al-O pada bilangan gelombang 600,46, 600,40 dan 600,52 cm^{-1} yang menunjukkan adanya peregangan gugus Al-O yang berasal dari ikatan dalam molekul Al_2O_3 (Ni et al., 2022). Pada hasil spektrum PVDF juga muncul puncak pada bilangan gelombang 613,52 cm^{-1} yang merupakan puncak dari unsur zirkonium (Sari et al., 2021). Hasil yang ditunjukkan sesuai dengan data dari EDX pada Tabel 4.8 yang menunjukkan bahwa membran PVDF mengandung unsur Zr (zirkonium). Pada bilangan gelombang 1068,18 - 1072,47 cm^{-1} menunjukkan adanya peregangan C-F dan bilangan gelombang 1170,86 - 1180,24 cm^{-1} menunjukkan adanya ikatan C-C yang berasal dari getaran PVDF (Alpatova et al.,

2015). Bilangan gelombang 1402,34 - 1403,57 cm^{-1} merupakan gugus C-N, bilangan gelombang 1626,00 - 1630,51 cm^{-1} menunjukkan vibrasi tekuk dari gugus O-H dan serapan pita lebar pada bilangan gelombang 2980,37 - 2981,68 cm^{-1} merupakan vibrasi ulur C-H (Suryandari, 2019).



Gambar 4.4 Spektra FTIR membran a) PVDF, b) PVDF- Al_2O_3 5%, c) PVDF- Al_2O_3 10%, d) PVDF- Al_2O_3 15%

Tabel 4.4 Analisis gugus fungsi membran PVDF dan PVDF-Al₂O₃

Jenis Setrapan	Bilangan gelombang membran (cm ⁻¹)			
	PVDF	PVDF-Al ₂ O ₃		
		5%	10%	15%
Vibrasi ulur C-H	2981,68	2980,37	2981,43	2980,44
Vibrasi tekuk O-H	1626,00	1627,88	1630,51	1628,11
C-N	1403,21	1402,66	1402,34	1403,57
C-C	1174,46	1170,86	1180,24	1173,42
C-F	1070,79	1071,33	1068,18	1072,47
Al-O	-	600,46	600,40	600,52
Zr-O	613,52	-	-	-

4. Uji Fluks Membran

Penelitian ini ditambahkan Al₂O₃ dengan variasi 5%, 10%, dan 15% pada PVDF yang diharapkan mampu menunjukkan bagaimana pengaruh Al₂O₃ terhadap kinerja membran melalui uji fluks. Pengujian fluks atau permeabilitas bertujuan untuk mengetahui jumlah volume permeat yang mampu melewati luas permukaan suatu membran dalam waktu tertentu. Uji fluks pada penelitian ini dilakukan secara *cross flow filtration* dengan waktu 30 menit. Nilai fluks dihitung

dengan persamaan (2.1). Tabel 4.5 menunjukkan hasil perhitungan fluks dari membran PVDF dan PVDF- Al_2O_3 .

Tabel 4.5 Hasil fluks membran PVDF dan PVDF- Al_2O_3

Membran	Volume permeat (L)	Luas permukaan (m^2)	Waktu (Jam)	Fluks ($\text{L}/\text{m}^2\cdot\text{jam}$)
PVDF	0,0085	0,0013847	0,5	12,277
PVDF- Al_2O_3 5%	0,017	0,0013847	0,5	24,554
PVDF- Al_2O_3 10%	0,021	0,0013847	0,5	30,331
PVDF- Al_2O_3 15%	0,027	0,0013847	0,5	38,997

Berdasarkan Tabel 4.5 diketahui bahwa dengan penambahan Al_2O_3 berpengaruh terhadap nilai fluks. Semakin banyak penambahan Al_2O_3 pada membran, maka semakin tinggi juga nilai fluksnya. Membran PVDF- Al_2O_3 menunjukkan hasil nilai fluks yang lebih tinggi daripada nilai fluks membran PVDF murni. Hal ini dikarenakan Al_2O_3 dapat meningkatkan sifat hidrofilitas pada membran, sehingga pori-pori membran juga semakin besar. Peningkatan nilai fluks berpengaruh pada sedikitnya *fouling* pada membran

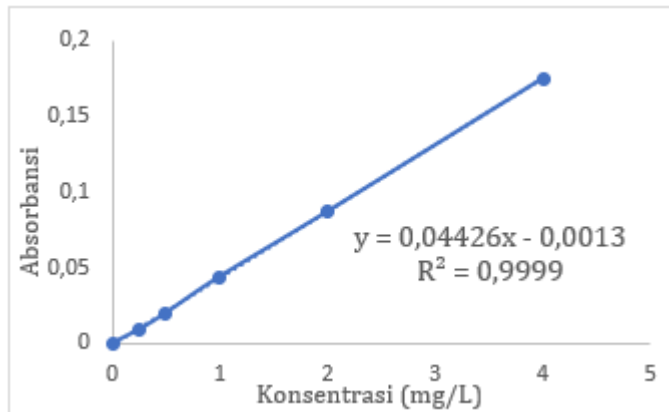
saat filtrasi. Semakin tinggi nilai fluks membran maka volume permeat yang dapat menembus membran semakin banyak. Berdasarkan data yang diperoleh, menunjukkan membran PVDF dan PVDF- Al_2O_3 tergolong dalam membran ultrafiltrasi dengan nilai fluks pada kisaran 10 - 50 $\text{L}/\text{m}^2\cdot\text{jam}$ (Elma, 2017).

5. Pengukuran Kadar Ion Pb^{2+}

Pembuatan larutan standar Pb^{2+} dibuat dari larutan induk $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ dengan variasi larutan Pb^{2+} sebesar 0,25 mg/L; 0,50 mg/L; 1,00 mg/L; 2,00 mg/L; dan 4,00 mg/L. Tabel 4.6 menunjukkan hasil absorbansi uji AAS larutan standar dan Gambar 4.5 menunjukkan kurva kalibrasi larutan.

Tabel 4.6 Nilai Absorbansi Larutan Standar Pb^{2+}

Konsentrasi (mg/L)	Absorbansi
0	0
0,25	0,009
0,50	0,020
1,00	0,044
2,00	0,087
4,00	0,175



Gambar 4.5 Kurva kalibrasi larutan standar

Berdasarkan Gambar 4.5 didapatkan bahwa $y = 0,04426x - 0,0013$ dan nilai R^2 sebesar 0,9999. Jika nilai korelasi mendekati 1, maka hasil dari larutan standar telah memenuhi syarat sehingga dapat digunakan sebagai acuan penentuan konsentrasi Pb^{2+} yang akan dianalisis. Larutan standar ini kemudian digunakan untuk menganalisis kadar ion Pb^{2+} menggunakan *Atomic Absorption Spektrofotometer* di Laboratorium Riset UIN Walisongo Semarang.

Sampel limbah *artificial* $Pb(NO_3)_2$ dibuat dengan konsentrasi 10 mg/L, namun saat diuji dengan AAS menghasilkan konsentrasi sebesar 4,665 mg/L. Faktor yang mempengaruhi penurunan hasil AAS antara lain karena gangguan kimia berupa terjadinya reaksi kimia

antara pengotor/pengganggu (kontaminan) dengan analit yang menghasilkan senyawa stabil secara thermal dan ionisasi atom gas sehingga mengurangi sensitifitas (Djunaidi, 2018). Selanjutnya dilakukan uji filtrasi menggunakan sampel limbah $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ untuk mengetahui apakah membran PVDF dan PVDF- Al_2O_3 dapat mengurangi kadar limbah tersebut.

Proses filtrasi limbah $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ dilakukan dengan mengalirkan limbah melewati membran yang sudah dipotong sesuai ukuran alat filtrasi menggunakan metode *cross flow*. Hasil limbah yang berhasil melewati membran ditampung pada gelas kimia, kemudian dilakukan uji AAS untuk mengetahui konsentrasi akhir limbah tersebut. Hasil konsentrasi awal dan konsentrasi akhir limbah $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ selanjutnya digunakan untuk menghitung persen rejeksi.

6. Uji Rejeksi Membran

Pengujian rejeksi atau selektivitas dilakukan untuk mengetahui kinerja membran. Nilai rejeksi membran dapat diukur dengan melakukan proses filtrasi. Perhitungan rejeksi dapat dilihat dari konsentrasi sebelum filtrasi dan konsentrasi setelah filtrasi menggunakan persamaan (2.2). Tabel 4.7

menunjukkan hasil perhitungan rejeksi pada masing-masing membran terhadap ion Pb^{2+} .

Tabel 4.7 Hasil Persen Rejeksi Membran

Membran	Konsentrasi awal ion Pb^{2+} (mg/L)	Konsentrasi akhir ion Pb^{2+} (mg/L)	Rejeksi (%)
PVDF	4,665	2,9439	36,89
PVDF- Al_2O_3 5%	4,665	2,3565	49,49
PVDF- Al_2O_3 10%	4,665	1,0686	77,09
PVDF- Al_2O_3 15%	4,665	0,2553	94,53

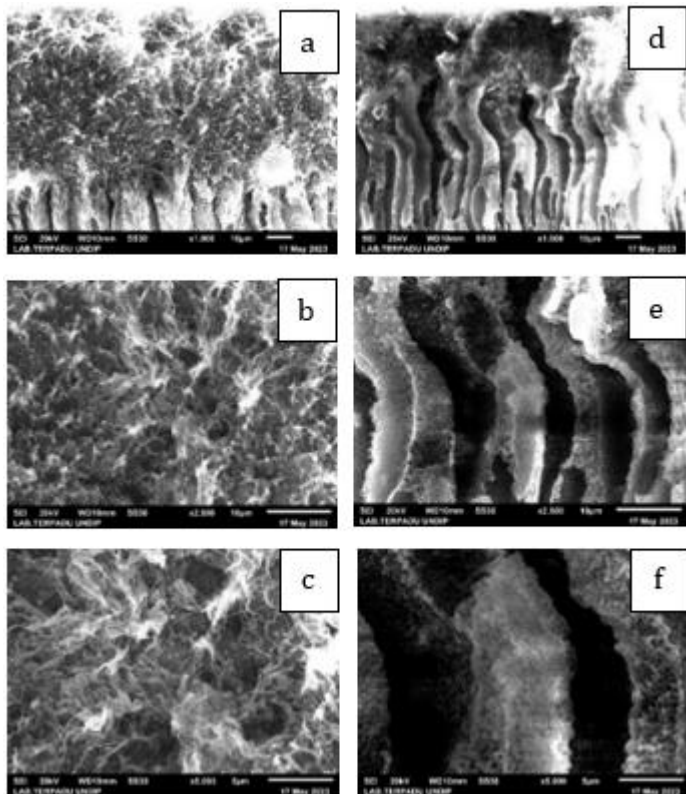
Tabel 4.7 dapat diketahui bahwa dengan adanya penambahan Al_2O_3 dapat meningkatkan rejeksi pada membran PVDF. Hal ini dikarenakan Al_2O_3 menyebabkan pori-pori membran semakin besar dan meningkatkan sifat hidrofilik membran, sehingga semakin banyak ion logam Pb^{2+} yang tertahan dan menutupi pori-pori permukaan membran sehingga koefisien rejeksi membran semakin tinggi. Apabila nilai persen rejeksi membran semakin besar maka kemampuan membran untuk mengurangi ion logam

Pb²⁺ semakin baik. Membran PVDF-Al₂O₃ 15% mampu meningkatkan persen rejeksi membran hingga 94,53%. Hal ini sesuai dengan sifat mekanik membran, membran PVDF-Al₂O₃ 15% memiliki sifat mekanik terbaik, dimana sifat mekanik yang baik akan menghasilkan kinerja membran yang tinggi.

7. Karakterisasi Membran dengan SEM-EDX Mapping

SEM (*Scanning Electron Microscope*) merupakan salah satu jenis alat mikroskop elektron yang berfungsi untuk menggambar morfologi permukaan suatu benda menggunakan berkas elektron. Sedangkan, *Energy Dispersive X-Ray* (EDX) merupakan sinar-X yang dipancarkan dari sampel untuk mengidentifikasi unsur-unsur yang terdapat dalam sampel berdasarkan panjang gelombangnya. *Mapping* berfungsi untuk mengetahui persebaran komponen unsur di dalam membran dan menentukan homogenitas membran.

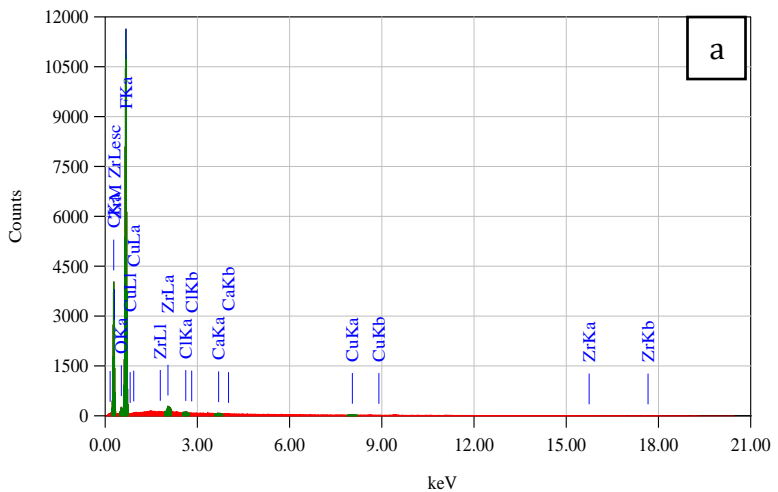
Penelitian ini dilakukan analisis SEM-EDX *Mapping* pada penampang melintang (*cross section*) membran PVDF dan PVDF-Al₂O₃ 15%. Hasil analisis SEM pada membran PVDF dan PVDF-Al₂O₃ 15% ditunjukkan pada Gambar 4.6

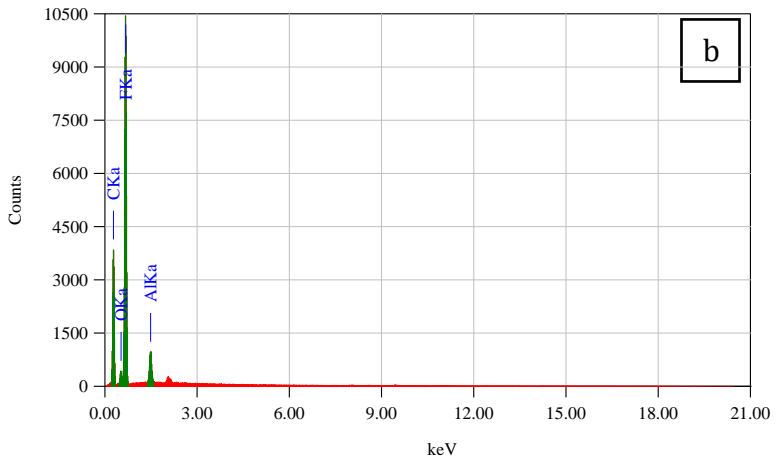


Gambar 4.6 Morfologi penampang lintang dengan perbesaran a) 1000X, b) 2500X, c) 5000X membran PVDF, d) 1000X, e) 2500X, f) 5000X membran PVDF- Al_2O_3 15%

Pada gambar 4.6 terlihat bahwa membran PVDF dan PVDF- Al_2O_3 sudah memiliki pori, walaupun memiliki ukuran pori yang berbeda. Adanya perbedaan ukuran pori karna ada penambahan Al_2O_3 . Membran

PVDF memiliki pori yang berbentuk seperti jari kecil memanjang dan pori yang lebih rapat sehingga membran lebih sulit dilewati oleh air. Sedangkan pada membran PVDF- Al_2O_3 menunjukkan struktur jari yang lebih memanjang dan pori-pori yang lebih besar, sehingga partikel yang melewati membran dapat tertahan pada pori membran. Selain itu, untuk membuktikan bahwa Al_2O_3 telah berhasil ditambahkan pada membran PVDF, maka dianalisis dengan EDX. Analisis EDX bertujuan untuk menentukan komponen unsur yang terdapat pada membran. Gambar 4.7 menunjukkan hasil EDX membran PVDF dan PVDF- Al_2O_3 15%.





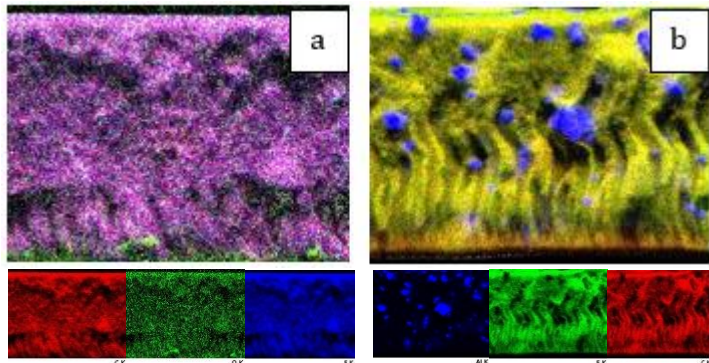
Gambar 4.7 Grafik EDX Membran a) PVDF, b) PVDF-
Al₂O₃ 15%

Gambar 4.7 menunjukkan bahwa penambahan Al₂O₃ telah berhasil dilakukan. Grafik EDX membran PVDF- Al₂O₃ 15% terlihat adanya unsur Al 1,50 % massa, sedangkan pada EDX membran PVDF murni tidak mengandung unsur Al. Komponen unsur utama pada membran PVDF yaitu unsur C, O, dan F. Penambahan Al₂O₃ tidak menghilangkan komponen unsur utama pada membran. Hasil analisis komponen unsur membran PVDF dan PVDF- Al₂O₃ 15% lebih jelasnya ditunjukkan pada Tabel 4.8

Tabel 4.8 Komponen unsur membran

Komponen unsur	PVDF		PVDF- Al ₂ O ₃ 15%	
	Massa (%)	Atom (%)	Massa (%)	Atom (%)
C	46,39	58,02	45,86	57,15
O	1,35	1,26	3,63	3,40
F	51,23	40,51	49,01	38,62
Cl	0,05	0,02	-	-
Ca	0,05	0,02	-	-
Cu	0,20	0,05	-	-
Zr	0,73	0,12	-	-
Al	-	-	1,50	0,83

Analisis *mapping* dilakukan untuk melihat persebaran dari unsur-unsur yang ada pada membran



Gambar 4.5 Mapping membran a) PVDF, b) PVDF- Al₂O₃ 15%

Berdasarkan hasil *mapping* pada Gambar 4.8, membran PVDF memiliki komponen utama berupa unsur C berwarna merah, unsur O berwarna hijau, dan unsur F berwarna biru. Pada persebaran unsurnya terlihat warna ungu yang merupakan perpaduan dari komponen C dan F yang jumlahnya relatif lebih banyak, sedangkan unsur O berwarna hijau jumlahnya relatif sangat sedikit dibandingkan unsur C dan F. Membran PVDF- Al₂O₃ 15% menghasilkan komponen utama berupa Al berwarna biru, unsur C berwarna merah, dan unsur F berwarna hijau. Pada persebaran unsurnya terlihat warna kuning dengan beberapa titik warna biru yang menandakan bahwa unsur Al sudah berhasil tersebar dan melapisi membran PVDF.

BAB V

PENUTUP

A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang sudah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa :

1. Membran PVDF dan PVDF- Al_2O_3 telah berhasil disintesis. Membran PVDF 20% memiliki karakteristik kuat tarik dengan nilai sebesar 7,55 MPa dan setelah penambahan Al_2O_3 mampu meningkatkan nilai kuat tarik menjadi 7,85 MPa. Hasil karakterisasi membran PVDF- Al_2O_3 terdapat puncak baru yang muncul yaitu puncak gugus Al-O pada bilangan gelombang 600,46, 600,40 dan 600,52 cm^{-1} . Hasil SEM menunjukkan penambahan Al_2O_3 membuat pori-pori lebih besar dan struktur seperti jari yang memanjang. Hasil EDX *mapping* menunjukkan adanya unsur Al yang telah berhasil tersebar pada membran PVDF.
2. Penambahan Al_2O_3 pada membran PVDF dapat menurunkan sudut kontak dari 106° menjadi $83,6^\circ$. Hal ini karena Al_2O_3 memiliki gugus hidroksil yang bersifat polar dan dapat membentuk ikatan hidrogen dengan molekul air sehingga menjadikan membran PVDF yang sifatnya hidrofobik menjadi lebih hidrofilik.

3. Membran PVDF dengan penambahan Al_2O_3 15% mampu menurunkan kadar ion logam Pb^{2+} dari konsentrasi awal 4,665 mg/L menjadi 0,2553 mg/L dengan hasil rejeksi 94,53 % dan mempunyai nilai fluks 38,997 $\text{L/m}^2\cdot\text{jam}$.

B. Saran

Penelitian selanjutnya diharapkan menggunakan bahan aditif lain guna meningkatkan kinerja membran dalam menurunkan konsentrasi ion logam Pb^{2+} , serta disarankan melakukan uji karakterisasi yang lain seperti uji swelling dan uji porositas untuk lebih mengetahui sifat-sifat pada membran.

DAFTAR PUSTAKA

- Allplastics. (n.d.). PVDF (Polyvinylidene fluoride) Material Properties Data Sheet. diakses 01 Juni 2023. <https://www.allplastics.com.au/engineering-plastics/pvdf>
- Alpatova, A., Meshref, M., McPhedran, K. N., & Gamal El-Din, M. (2015). Composite polyvinylidene fluoride (PVDF) membrane impregnated with Fe_2O_3 nanoparticles and multiwalled carbon nanotubes for catalytic degradation of organic contaminants. *Journal of Membrane Science*, 490, 227–235. <https://doi.org/10.1016/j.memsci.2015.05.001>
- Anami, W. R., Maslahat, M., & Arrisujaya, D. (2020). Presipitasi Logam Berat Limbah Cair Laboratorium Menggunakan Natrium Sulfida Dari Belerang Alam. *Jurnal Sains Natural*, 10(2), 61. <https://doi.org/10.31938/jsn.v10i2.283>
- Anggara, T. (2016). *Pengaruh Media Gelatinasi (Perendaman) Air terhadap Nilai Permeabilitas Polyethersulfone (PES) dengan Berat Molekul 5900*. Skripsi. Yogyakarta: Program Studi Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.
- Aurora, T. G. I., & Kusumawati, N. (2015). Pengaruh Komposisi Blending dan Non Pelarut terhadap Kinerja Membran Polyvinylidene Fluoride (PVDF) - Kitosan dalam Pemisahan Pewarna Rhodamin-B. *UNESA Journal Of Chemistry*, 4(1), 7–16.
- Butarbutar, L. M. (2021). *Pengaruh Solid Content pada Kinerja Elektrokimia Anoda Grafit Baterai Ion Lithium*. Skripsi. Medan: Program Studi Fisika Universitas Sumatera Utara.
- Chadiroh, L. (2021). *Sintesis Membran Silika Sekam Padi Termodifikasi Zeolit-Semen untuk Proses Dekolorisasi*

Remazol Black B. Skripsi. Semarang: Program Studi Kimia Universitas Islam Negeri Walisongo Semarang.

- Clara, J. O., Ayuningrum, D., & Haeruddin. (2022). Analisis Konsentrasi Logam Berat Kadmium (Cd) dan Timbal (Pb) Pada Air, Sedimen, dan Tiram (*Crassostrea* sp.) di Sungai Tapak, Kecamatan Tugu, Kota Semarang. *Journal of Fisheries and Marine Research*, 6(1), 55–65. <https://doi.org/10.21776/ub.jfmr.2022.006.01.7>
- Cui, Z., Hassankiadeh, N. T., Zhuang, Y., Drioli, E., & Lee, Y. M. (2015). Crystalline polymorphism in poly(vinylidene fluoride) membranes. *Progress in Polymer Science*, 51, 94–126. <https://doi.org/10.1016/j.progpolymsci.2015.07.007>
- De Jesus, A. J., & Yin, H. (2017). Supramolecular Membrane Chemistry. *Comprehensive Supramolecular Chemistry II*, 5, 311–328. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-409547-2.12572-7>
- Djunaidi, C. (2018). *Studi Interferensi Pada AAS (Atomic Absorption Spectroscopy)*. Laporan Penelitian. Semarang: Jurusan Kimia Universitas Diponegoro Semarang.
- Dwi, M., Laily, N., & Kusumawati, D. H. (2022). Karakteristik Antimikroba Nanofiber PVA/Gelatin Sebagai Penutup Luka. *Jurnal Inovasi Fisika Indonesia*, 11(3), 18–25.
- Elma, M. (2017). *Proses Pemisahan Menggunakan Teknologi Membran*. Banjarmasin: Lambung Mangkurat University Press.
- Fathanah, U., & Meilina, H. (2021). Karakterisasi dan Kinerja Membran Polyethersulfone Termodifikasi Aditif Anorganik secara Blending Polimer. *Jurnal Serambi Engineering*, 6(4), 2407–2414. <https://doi.org/10.32672/jse.v6i4.3515>

- Fine, R., Mohammad, N. A., & Budi, S. (2011). Dampak Kandungan Timbal (Pb) dalam Udara Terhadap Kecerdasan Anak Sekolah Dasar. *Jurnal Ilmiah Pendidikan Dasar*, 1(2), 97–107.
- Guo, Z., Xu, X., Xiang, Y., Lu, S., & Jiang, S. P. (2015). New anhydrous proton exchange membranes for high-temperature fuel cells based on PVDF-PVP blended polymers. *Journal of Materials Chemistry A*, 3(1), 148–155. <https://doi.org/10.1039/c4ta04952g>
- Gusnita, D. (2012). Pencemaran logam berat timbal (pb) di udara dan upaya penghapusan bensin bertimbal. *Berita Dirgantara*, 13(3), 95–101.
- Hidayah, M. (2018). Pengolahan Air Limbah Menjadi Air Minum Dengan Menghilangkan Amonium Dan Bakteri E-Coli Melalui Membran Nanofiltrasi. *Walisongo Journal of Chemistry*, 1(1), 6. <https://doi.org/10.21580/wjc.v2i1.2668>
- Hidayah, M., Mujiburohman, M., & Hidayati, N. (2023). Synthesis of Polyamide- Al_2O_3 Nanocomposite Membranes Using the Nanofiltration Phase. *Atlantis Press International*, 611–627. <https://doi.org/10.2991/978-94-6463-134-0>
- Humairo, F. Y. (2015). *Preparasi dan Karakterisasi Membran Preparation and Characterization of PVDF / PEG400-TiO₂ Hollow Fiber Membrane*. Thesis. Surabaya: Program Magister Kimia Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.
- Husni, D., Abd Rahim, E., & Ruslan. (2018). Pembuatan Membran Selulosa Asetat Dari Selulosa Pelepah Pohon Pisang. *Kovalen*, 4(1), 41–52.
- Insani, F. (2019). *Karakterisasi Komponen Kimia Hasil Fraksi Ekstrak Etanol Daun Sembukan Menggunakan*

Spektroskopi Infra Red. Skripsi. Samata-Gowa: Program Studi Farmasi UIN Alauddin Makassar.

Kiswanto, K., Rahayu, L. N., & Wintah, W. (2019). Pengolahan Limbah Cair Batik Menggunakan Teknologi Membran Nanofiltrasi Di Kota Pekalongan. *Jurnal Litbang Kota Pekalongan*, 17, 72–82.

<https://doi.org/10.54911/litbang.v17i0.109>

Lestari, K. R. (2020). *Teori Dasar Membran*. Jakarta: LP_UNAS.

Lestari, Mahraja, M., Farid, F., Gusti, D. R., & Permana, E. (2020). Penyerapan Ion Pb(II) Menggunakan Adsorben Dari Limbah Padat Lumpur Aktif Pengolahan Air Minum. *Chemistry Progress*, 13(2), 68–75.

<https://doi.org/10.35799/cp.13.2.2020.31391>

Lubis, B., Rosdiana, N., Nafi, S., Rasyianti, O., & Panjaitan, F. M. (2013). Hubungan Keracunan Timbal dengan Anemia Defisiensi Besi pada Anak. *Cdk-200*, 40(1), 17–21.

Malik, D. P., Yusuf, S., & Willem, I. (2021). Analisis Kandungan Logam Berat Timbal (Pb) Pada Air Laut dan Sedimen di Perairan Tanggul Soreang Kota Parepare. *Jurnal Ilmiah Manusia Dan Kesehatan*, 4(1), 135–145.

<https://doi.org/10.31850/makes.v4i1.517>

Mesakh, E. P., Napitupulu, M., & Gonggo, T. (2017). Pengaruh Alumina Terhadap Membran Blend Kitosan Polivinil Alkohol-Litium Sebagai Membran Elektrolit Baterai. *Jurnal Akademik Kimia*, 6(2), 72–78.

Mohamed, N. K., Kochkodan, V., Zekri, A., & Ahzi, S. (2020). Polysulfone membranes embedded with halloysite nanotubes: Preparation and properties. *Membranes*, 10(2), 1–27.

<https://doi.org/10.3390/membranes10010002>

Mulder, M. (1996). *Basic Principles of Membrane Technology*.

The Netherlands: Kluwer Academic Publishers.
<https://doi.org/10.4324/9781003229377-1>

- Mulyani, A., & Rija, M. (2018). Industrialisasi, Pencemaran Lingkungan dan Perubahan Struktur Kesehatan Masyarakat Ahmad. *Jurnal Biology Science and Education*, 7(2), 178–186.
- Nawi, N. I. M., Chean, H. M., Shamsuddin, N., Bilad, M. R., Narkkun, T., Faungnawakij, K., & Khan, A. L. (2020). Development of hydrophilic PVDF membrane using vapour induced phase separation method for produced water treatment. *Membranes*, 10(6), 1–17.
<https://doi.org/10.3390/membranes10060121>
- Ni, P., Zeng, J., Chen, H., Yang, F., & Yi, X. (2022). Effect of different factors on treatment of oily wastewater by $\text{TiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ -PVDF ultrafiltration membrane. *Environmental Technology (United Kingdom)*, 43(19), 2981–2989.
<https://doi.org/10.1080/09593330.2021.1912832>
- Nugroho, P. (2018). *Kinetika Leaching Ion Logam Berat Pb^{2+} Pada Geopolimer Berbasis Abu Layang PT. IPMOMI*. Skripsi. Surabaya: Program Studi Kimia Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Nurul Agusti, A. (2019). *Analisis Logam Timbal dan Tembaga terhadap Daya Serap Rumput Laut *Gracilaria sp.* sebagai Adsorben*. Skripsi. Banda Aceh: Program Studi Kimia Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh.
- Padmadya, K. S. (2019). *Eefisiensi adsorben kulit kacang tanah untuk memperbaiki karakteristik limbah cair industri accumulator*. Skripsi. Jakarta: Program Studi Biologi Universitas Islam Negeri Syarif Hidayatullah.
- Palupi, E. S., Sulistyarti, H., Abdjan, M. I., & Putra, C. A. R. (2020). Studi Aktivitas Ditizon sebagai Pengompleks Ion Pb^{2+}

- Menggunakan Metode Spektrofotometri UV-Vis dan Semi Empiris AM1. *Jurnal Muara Sains, Teknologi, Kedokteran Dan Ilmu Kesehatan*, 4(2), 423. <https://doi.org/10.24912/jmstkik.v4i2.8647>
- Permana, R., & Andhikawati, A. (2022). Metallothionein pada Tanaman Akuatik dan Peranannya dalam Akumulasi Logam Berat. *Jurnal Akuatek*, 3(1), 1–8.
- Permenkes. (2010). Permenkes No 492 Tahun 2010 Tentang Persyaratan Kualitas Air Minum. *Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia*, 1–9.
- Permenkes. (2017). Permenkes No 32 Tahun 2017. *Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia*, 1–20.
- PERMENLHK. (2022). Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Dan Kehutanan Republik Indonesia Nomor 5 Tahun 2022. *Kementerian Lingkungan Hidup Dan Kehutanan*, 1–23.
- Pinem, J. A., & Angela, R. (2011). *Sintesis Dan Karakterisasi Membran Hibrid PMMA/TEOT: Pengaruh Konsentrasi Polimer*. Prosiding Seminar Nasional Teknik Kimia “Kejuangan”. Yogyakarta 22 Februari 2011.
- PP RI. (2021). Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2021 Tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup. *Peraturan Pemerintah Republik Indonesia*, 1–7.
- Prabowo, R. (2013). Akumulasi Timbal (Pb) Pada Ikan Wader Merah (*Puntius bramoides* C.V) di Sungai Kaligarang, Kota Semarang. *Mediagro*, 9(1), 22–28.
- Pramono, E., Alfiansyah, R., Ahdiat, M., Wahyuningrum, D., & Radiman, C. L. (2019). Hydrophilic poly(vinylidene fluoride)/bentonite hybrid membranes for microfiltration of dyes. *Materials Research Express*, 6(10). <https://doi.org/10.1088/2053-1591/ab42e9>

- Prestisya, I. A. (2016). *Pembuatan dan Karakterisasi Membran Nanofiber Selulosa Asetat dengan Teknik Electrospinning*. Skripsi. Surabaya: Program Studi Kimia Universitas Airlangga.
- Puspitasari, D. (2019). *Pengaruh Suhu Aktivasi Terhadap Karakteristik Keratin Sebagai Anoda Baterai Ion Lithium*. Skripsi. Malang: Program Studi Fisika Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim.
- Putri, R. F. (2017). *Penyiapan Pencucian Dan Aplikasi Membran Bioreaktor Pada Pengolahan Air Limbah Domestik*. Skripsi. Surabaya: Program Studi Teknik Lingkungan Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Rabajczyk, A., Maria, Z., Cyganczuk, K., Pastuszka, L., & Jurecki, L. (2021). Nanometals-Containing Polymeric Membranes for Purification processes. *SpringerBriefs in Applied Sciences and Technology*, 7, 63–64. https://doi.org/10.1007/978-1-4614-4836-5_6
- Rachmawati, A. (2016). *Sintesis Katalis Padatan Asam γ - Al_2O_3/SO_4^{2-} dan Digunakan Pada Sintesis Senyawa Metil Ester Asam Lemak Dari Limbah Produksi Margarin Minyak Kelapa Sawit*. Skripsi. Depok: Program Studi Kimia Universitas Indonesia.
- Ramdhani, E. P., Yanuar, E., Zulkifli, Z., & Sarwana, W. (2018). Sintesis γ - Al_2O_3 Dari Zeolit Alam Sumbawa. *Jurnal Zarah*, 6(2), 59–62. <https://doi.org/10.31629/zarah.v6i2.691>
- Razmgar, K., Saljoughi, E., & Mousavi, S. M. (2019). Preparation and characterization of a novel hydrophilic PVDF/PVA/ Al_2O_3 nanocomposite membrane for removal of As(V) from aqueous solutions. *Polymer Composites*, 40(6), 2452–2461. <https://doi.org/10.1002/pc.25115>
- Riani, P. (2014). *Preparasi dan Karakterisasi Membran Polisulfon Dengan Pengisi Mikrobentonit Sebagai*

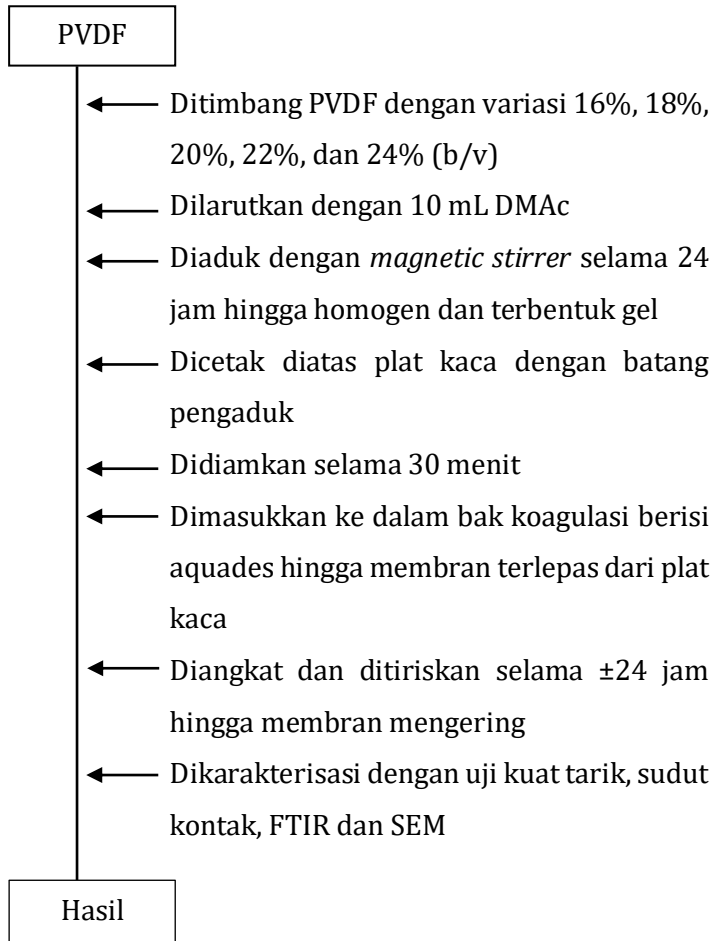
- Penyaring Air Gambut. *Jurnal Pembangunan Wilayah & Kota*, 1(3), 82–91.
- Rohmah, M. (2021). *Sintesis dan karakterisasi membran silika abu sekam padi untuk filtrasi fosfat pada limbah deterjen*. Skripsi. Semarang: Program Studi Kimia Universitas Islam Negeri Walisongo.
- Said, N. I. (2018). Metoda Penghilangan Logam Berat (As, Cd, Cr, Ag, Cu, Pb, Ni dan Zn) di Dalam Air Limbah Industri. *Jurnal Air Indonesia*, 6(2), 136–148. <https://doi.org/10.29122/jai.v6i2.2464>
- Santika, C. (2019). *Sumber, Transport dan Interaksi Logam Berat Timbal di Lingkungan Hidup (logam Pb)*. Laporan Penelitian. Depok: Program Studi Magister Ilmu Kimia Universitas Indonesia.
- Sari, E. P., Prabasiwi, D. S., & Poernomo, H. (2021). Indonesian Journal of Chemical Science Extraction of Zr in Gold Mine Tailings to Produce TENORM (Technologically Enhanced Naturally Occurring Radioactive Materials) Free Zirconium Oxychloride Octahidrate (ZOC). *Indonesian Journal of Chemical Science*, 10(2), 75–81.
- Setianto, H., & Fahritsani, H. (2019). Faktor Determinan Yang Berpengaruh Terhadap Pencemaran Sungai Musi Kota Palembang. *Media Komunikasi Geografi*, 20(2), 186. <https://doi.org/10.23887/mkg.v20i2.21151>
- Standar Nasional Indonesia. (2019). Cara uji kadar logam terlarut dan logam total secara Spektrometri Serapan Atom (SSA) - nyala. *SNI 6989-84:2019*, 1–26.
- Suhartono, J., Putra, M. T. R., D, A. N., Pertiwi, D. S., & Noersalim, C. (2017). Penyisihan Logam Fe Menggunakan Membran Polyvinylidene Fluoride / Carbon Nanotube (PVDF / CNT). *Seminar Nasional Itenas*, 27–34.

- Supriadi. (2016). *Analisis Kadar Logam Berat Timbal (Pb), Kadmium (Cd) dan Merkuri (Hg) Pada Air Laut di Wisata Pantai Akkarena dan Tanjung Bayang Makassar*. Skripsi. Makassar: Program Studi Biologi UIN Alauddin Makassar.
- Suryandari, E. T. (2019). Sintesis Membran Komposit PVDF-Zeolit untuk Penghilangan Metilen Biru. *Al-Kimiya*, 6(2), 58–66. <https://doi.org/10.15575/ak.v6i2.6491>
- Suwarno, S. P. (2015). *Optimasi Komposisi Aluminium Oksida untuk Aplikasi Alternatif Phantom Tulang Kortikal*. Skripsi. Semarang: Program Studi Fisika Universitas Negeri Semarang.
- Ulumudin, M. M., Tarzan, D., Program, P., Biologi, S., Biologi, J., Matematika, F., Pengetahuan, I., Universitas, A., & Surabaya, N. (2022). Analisis Kandungan Logam Berat Timbal (Pb) pada Tumbuhan Papyrus (*Cyperus papyrus* L.) di Sungai Wangi Pasuruan. *Lentera Bio*, 11(2), 273–283. <https://journal.unesa.ac.id/index.php/lenterabio/index> 273
- Wahyusi, K. N., Nikmah, S., & Anggraini, G. R. (2021). Sintesis Membran Kitosan Untuk Pemisahan Ion Pb Dalam Limbah Cair. *Jurnal Teknik Kimia*, 16(1). https://doi.org/10.33005/jurnal_tekkim.v16i1.2841
- Yan, L., Li, Y. S., Xiang, C. B., & Xianda, S. (2006). Effect of nano-sized Al₂O₃-particle addition on PVDF ultrafiltration membrane performance. *Journal of Membrane Science*, 276(1–2), 162–167. <https://doi.org/10.1016/j.memsci.2005.09.044>

LAMPIRAN

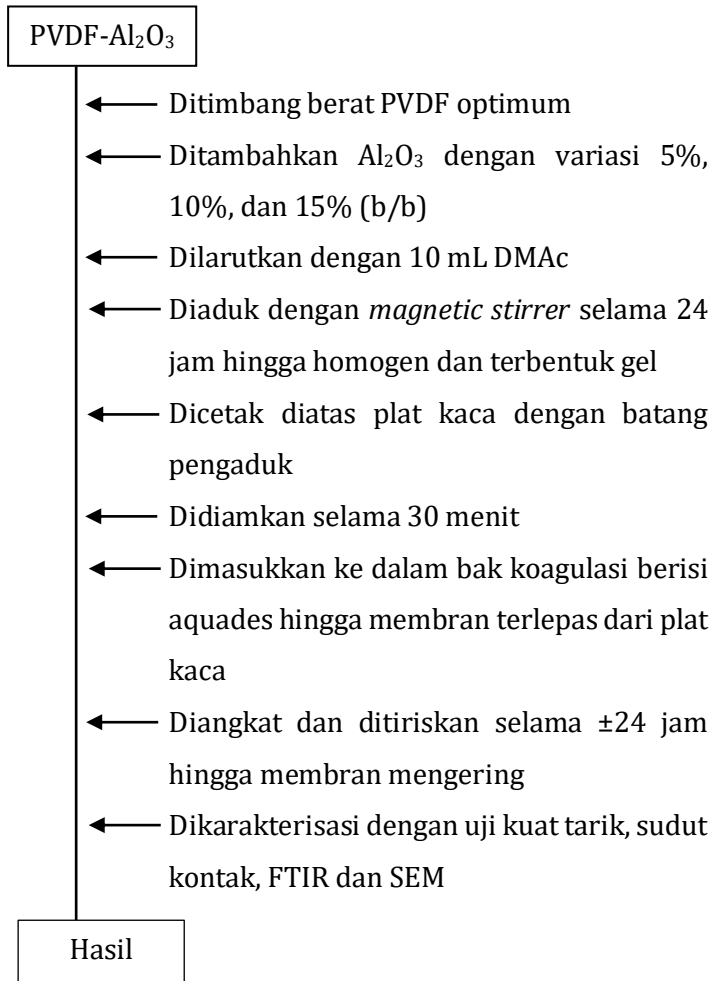
Lampiran 1: Preparasi membran PVDF

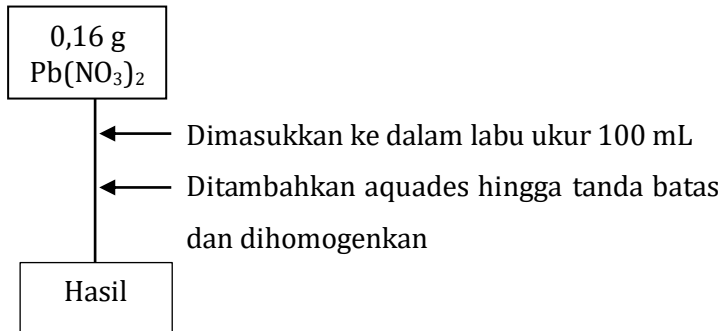
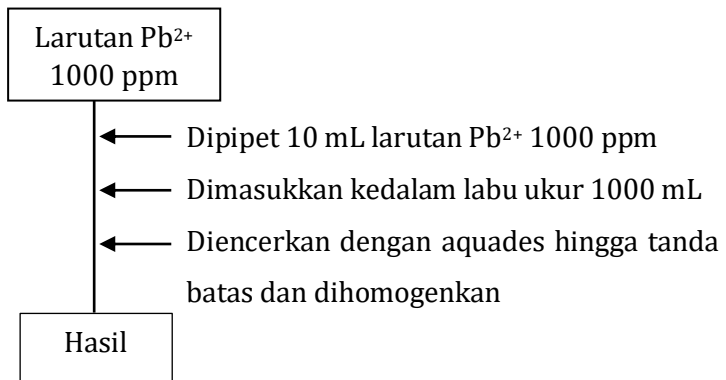
1. Pembuatan membran PVDF



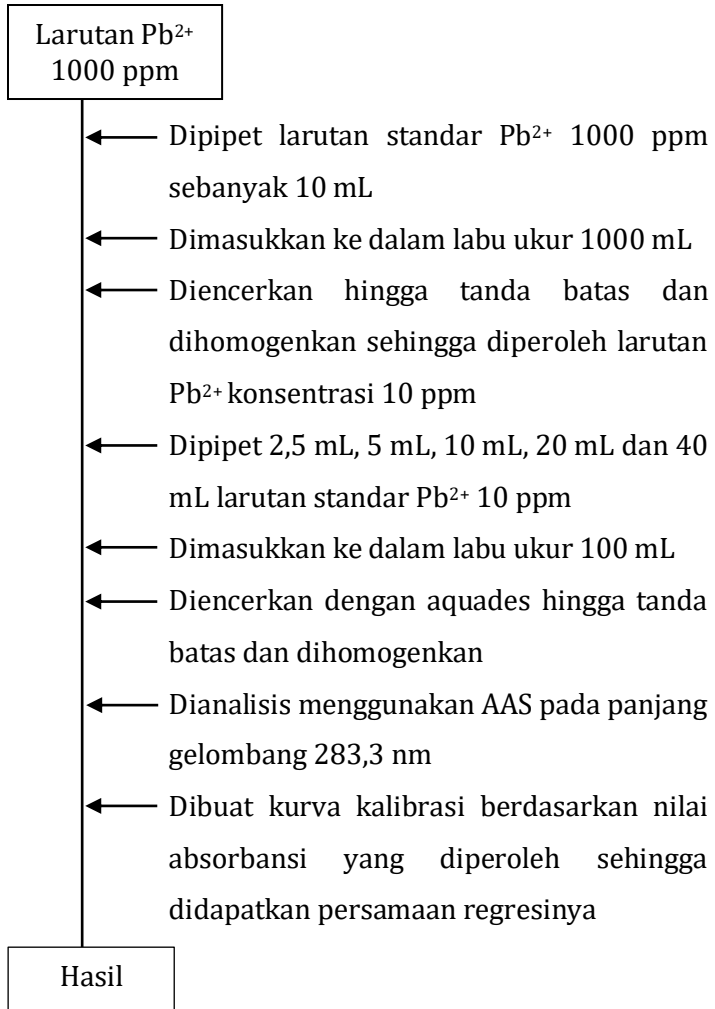
Lampiran 2 : Preparasi membran PVDF- Al_2O_3

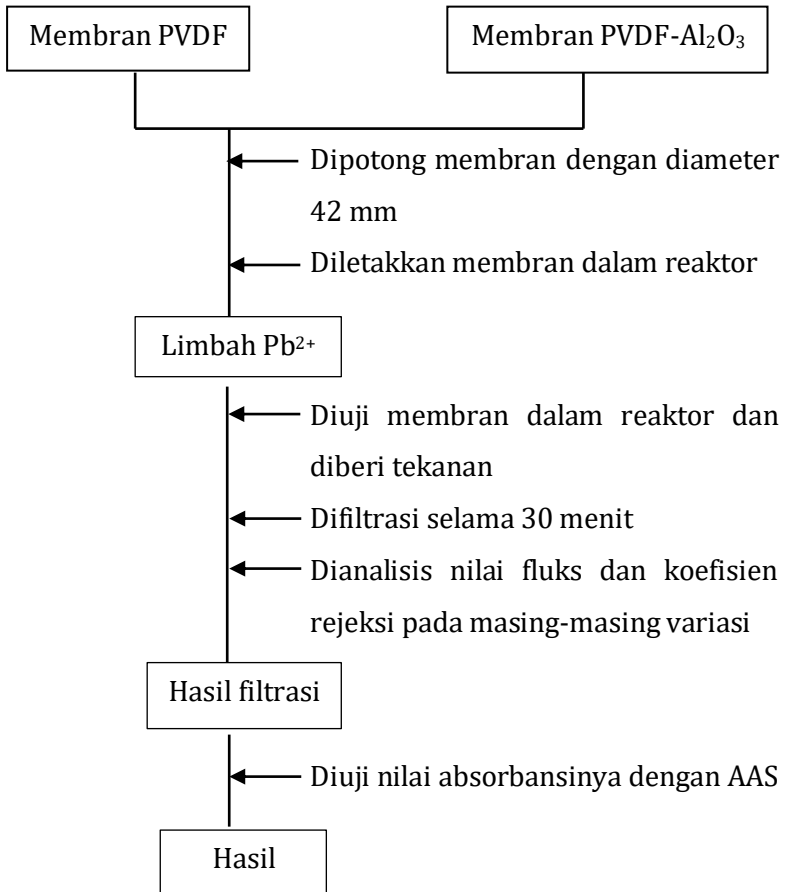
1. Pembuatan membran PVDF- Al_2O_3



Lampiran 3 : Pengukuran kadar ion logam Pb^{2+} 1. Pembuatan larutan baku Pb^{2+} 1000 ppm2. Pembuatan larutan Pb^{2+} 10 ppm

3. Pembuatan larutan standar



Lampiran 4 : Uji kinerja membran pada limbah

Lampiran 5 : Hasil uji kuat tarik

1. Membran PVDF

Membran PVDF (b/v)	Kuat tarik (MPa)	Elongasi (%)	Modulus Young (MPa)
16%	4,91	0,13	37,76
18%	3,58	0,40	8,95
20%	7,55	1,205	6,26
22%	6,27	0,033	190,00
24%	6,50	0,033	196,90

2. Membran PVDF-Al₂O₃

PVDF-Al₂O₃	Kuat Tarik (MPa)	Elongasi (%)	Modulus Young (MPa)
5%	2,77	0,184	15,05
10%	4,04	0,128	31,56
15%	7,85	0,068	115,44

Lampiran 6 : Hasil uji sudut kontak

1. Membran PVDF 20%

Run-No	CA(M)[°]	IFT[mN/m]	Err[μm]	Vol[μL]	Comment
1	105.98	0.00	5.58	0.14	PVDF 20%
2	106.85	0.00	5.52	0.15	
3	113.53	0.00	8.44	0.14	
4	113.95	0.00	8.66	0.14	
5	109.92	0.00	5.23	0.15	
6	109.94	0.00	5.43	0.15	
7	109.07	0.00	5.41	0.14	
8	0.00	0.00	0.00	0.00	

2. Membran PVDF-Al₂O₃ 5%

Run-No	CA(M)[°]	IFT[mN/m]	Err[μm]	Vol[μL]	Comment
1	97.96	0.00	3.98	0.14	PVDF Al2O3 5%
2	94.20	0.00	5.32	0.13	
3	93.23	0.00	4.90	0.13	
4	95.99	0.00	4.82	0.14	
5	93.26	0.00	4.86	0.14	
6	92.53	0.00	4.77	0.13	
7	93.30	0.00	4.78	0.14	
8	0.00	0.00	0.00	0.00	

3. Membran PVDF-Al₂O₃ 10%

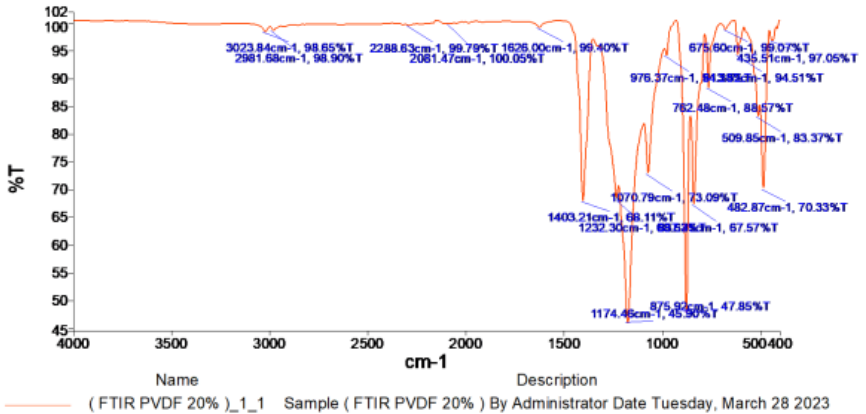
Run-No	CA(M)[°]	IFT[mN/m]	Err[μm]	Vol[μL]	Comment
1	86.37	0.00	1.10	0.15	PVDF Al2O3 10%
2	87.15	0.00	1.20	0.15	
3	85.56	0.00	2.00	0.17	
4	86.30	0.00	1.89	0.18	
5	84.04	0.00	2.05	0.15	
6	84.96	0.00	2.17	0.15	
7	0.00	0.00	0.00	0.00	

4. Membran PVDF-Al₂O₃ 15%

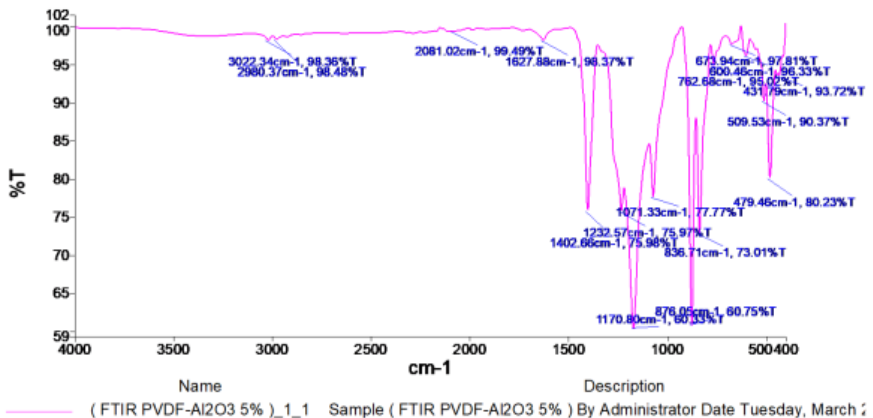
Run-No	CA(M)[°]	IFT[mN/m]	Err[μm]	Vol[μL]	Comment	
7	85.44	0.00	3.37	0.14	PVDF Al2O3 15%	
8	84.64	0.00	3.24	0.13		
9	83.64	0.00	2.18	0.14		
10	83.30	0.00	1.91	0.13		
11	84.63	0.00	2.01	0.14		
12	85.78	0.00	2.05	0.14		
13	85.13	0.00	1.90	0.14		
14	0.00	0.00	0.00	0.00		

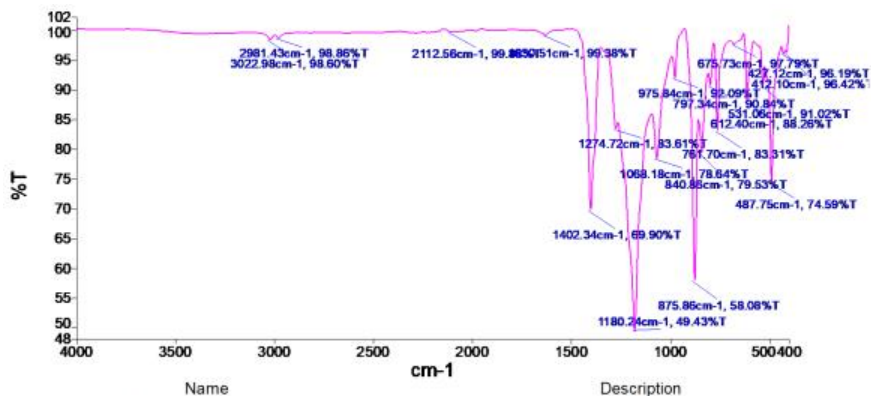
Lampiran 7 : Hasil uji FTIR

1. Membran PVDF

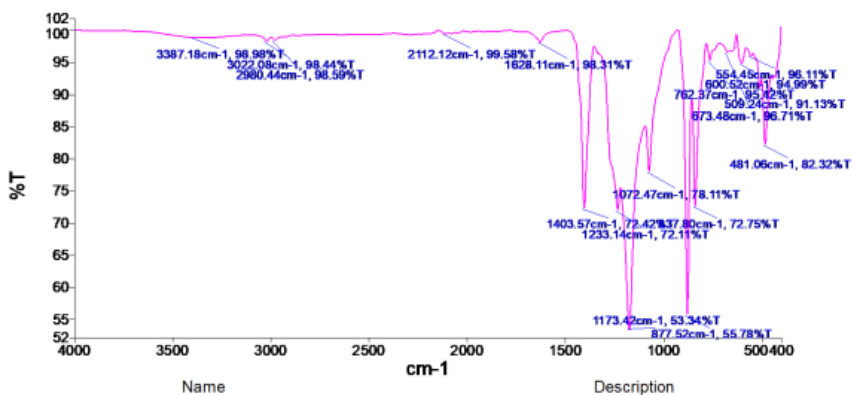


2. Membran PVDF-Al₂O₃ 5%



3. Membran PVDF-Al₂O₃ 10%

(FTIR PVDF-Al2O3 10%)_1_1 Sample (FTIR PVDF-Al2O3 10%) By Administrator Date Tuesday, Marc

4. Membran PVDF-Al₂O₃ 15%

(FTIR PVDF-Al2O3 15%)_1_1 Sample (FTIR PVDF-Al2O3 15%) By Administrator Date Tuesday, Marc

Lampiran 8 : Perhitungan fluks membran

Perhitungan fluks menggunakan rumus

$$J = \frac{V}{A \times t}$$

Dengan : J = nilai fluks (L/m².jam)

A = Luas Permukaan (m²)

V = Volume Permeat (L)

t = Waktu (Jam)

Diketahui :

t = 30 menit = 0,5 jam

Diameter membran (d) = 4,2 cm = 0,042 mm

Jari-jari membran (r) = 0,021 mm

$$\begin{aligned} A &= \pi r^2 \\ &= 3,14 \times (0,021)^2 \\ &= 0,0013847 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

- Membran PVDF

Volume permeat = 8,5 mL = 0,0085 L

$$\begin{aligned} J &= \frac{0,0085}{0,0013847 \times 0,5} \\ &= 12,277 \text{ L/m}^2.\text{jam} \end{aligned}$$

- Membran PVDF-Al₂O₃ 5%

Volume permeat = 17 mL = 0,017 L

$$J = \frac{0,017}{0,0013847 \times 0,5}$$

$$= 24,554 \text{ L/m}^2.\text{jam}$$

- Membran PVDF-Al₂O₃ 10%

Volume permeat = 21 mL = 0,021 L

$$J = \frac{0,021}{0,0013847 \times 0,5}$$

$$= 30,331 \text{ L/m}^2.\text{jam}$$

- Membran PVDF-Al₂O₃ 15%

Volume permeat = 27 mL = 0,027 L

$$J = \frac{0,027}{0,0013847 \times 0,5}$$

$$= 38,997 \text{ L/m}^2.\text{jam}$$

Membran	Volume permeat (L)	Luas permukaan (m ²)	Waktu (Jam)	Fluks (L/m ² .jam)
PVDF	0,0085	0,0013847	0,5	12,277
PVDF-Al ₂ O ₃ 5%	0,017	0,0013847	0,5	24,554
PVDF-Al ₂ O ₃ 10%	0,021	0,0013847	0,5	30,331
PVDF-Al ₂ O ₃ 15%	0,027	0,0013847	0,5	38,997

Lampiran 9 : Perhitungan pembuatan larutan Pb^{2+}

1. Pembuatan Larutan baku Pb^{2+} 1000 ppm

$$\text{Mr Pb(NO}_3)_2 = 331,2 \text{ g/mol}$$

$$\text{Ar Pb} = 207 \text{ g/mol}$$

$$\begin{aligned} \text{Massa Pb(NO}_3)_2 &= \frac{\text{Mr Pb(NO}_3)_2}{\text{Ar Pb}} \times \frac{1000 \text{ mg}}{1000 \text{ mL}} \times \frac{100 \text{ mL}}{1000 \text{ mL}} \\ &= \frac{331,2 \text{ g/mol}}{207 \text{ g/mol}} \times \frac{1000 \text{ mg}}{1000 \text{ mL}} \times \frac{100 \text{ mL}}{1000 \text{ mL}} \\ &= 160 \text{ mg} \\ &= 0,16 \text{ g} \end{aligned}$$

2. Pembuatan Larutan Standar

- 10 ppm

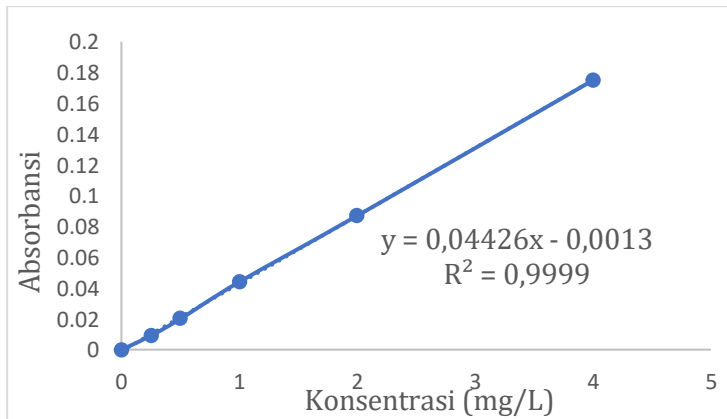
$$M_1 \cdot V_1 = M_2 \cdot V_2$$

$$1000 \text{ ppm} \cdot V_1 = 10 \text{ ppm} \cdot 1000 \text{ mL}$$

$$V_1 = 10 \text{ mL}$$

Lampiran 10 : Kurva standar

Konsentrasi (mg/L)	Absorbansi
0	0
0,25	0,009
0,50	0,020
1,00	0,044
2,00	0,087
4,00	0,175



Lampiran 11 : Perhitungan ion logam Pb^{2+} hasil filtrasi

Membran	Absorbansi
PVDF	0,129
PVDF- Al_2O_3 5%	0,103
PVDF- Al_2O_3 10%	0,046
PVDF- Al_2O_3 15%	0,010

- Membran PVDF

Absorbansi : 0,129

$$y = 0,04426x + 0,0013$$

$$0,129 = 0,04426x + 0,0013$$

$$0,1303 = 0,04426x$$

$$X = \frac{0,1303}{0,04426}$$

$$X = 2,9439 \text{ mg/L}$$

Konsentrasi akhir : 2,9439 mg/L

- Membran PVDF- Al_2O_3 5%

Absorbansi : 0,103

$$y = 0,04426x + 0,0013$$

$$0,103 = 0,04426x + 0,0013$$

$$0,1043 = 0,04426x$$

$$X = \frac{0,1043}{0,04426}$$

$$X = 2,3565 \text{ mg/L}$$

Konsentrasi akhir : 2,3565 mg/L

- Membran PVDF-Al₂O₃ 10%

Absorbansi : 0,046

$$y = 0,04426x + 0,0013$$

$$0,129 = 0,04426x + 0,0013$$

$$0,0473 = 0,04426x$$

$$X = \frac{0,0473}{0,04426}$$

$$X = 1,0686 \text{ mg/L}$$

Konsentrasi akhir : 1,0686 mg/L

- Membran PVDF-Al₂O₃ 15%

Absorbansi : 0,010

$$y = 0,04426x + 0,0013$$

$$0,129 = 0,04426x + 0,0013$$

$$0,0023 = 0,04426x$$

$$X = \frac{0,0023}{0,04426}$$

$$X = 0,2553 \text{ mg/L}$$

Konsentrasi akhir : 0,2553 mg/L

Lampiran 12 : Perhitungan persen rejeksi membran

Perhitungan persen rejeksi membran menggunakan rumus

$$\% R = \left(1 - \frac{C_p}{C_f} \right) \times 100\%$$

Dengan

R = Koefisien Rejeksi (%)

C_p = Konsentrasi zat terlarut dalam permeat

C_f = Konsentrasi zat terlarut dalam umpan

- Membran PVDF

$$\begin{aligned} \% R &= \left(1 - \frac{C_p}{C_f} \right) \times 100\% \\ &= \left(1 - \frac{2,9439}{4,665} \right) \times 100\% \\ &= (1 - 0,6311) \times 100\% \\ &= 36,89 \% \end{aligned}$$

- Membran PVDF-Al₂O₃ 5%

$$\begin{aligned} \% R &= \left(1 - \frac{C_p}{C_f} \right) \times 100\% \\ &= \left(1 - \frac{2,3565}{4,665} \right) \times 100\% \\ &= (1 - 0,5051) \times 100\% \\ &= 49,49 \% \end{aligned}$$

- Membran PVDF-Al₂O₃ 10%

$$\begin{aligned} \% R &= \left(1 - \frac{c_p}{c_f} \right) \times 100\% \\ &= \left(1 - \frac{1,0686}{4,665} \right) \times 100\% \\ &= (1 - 0,2291) \times 100\% \\ &= 77,09 \% \end{aligned}$$

- Membran PVDF-Al₂O₃ 15%

$$\begin{aligned} \% R &= \left(1 - \frac{c_p}{c_f} \right) \times 100\% \\ &= \left(1 - \frac{0,2553}{4,665} \right) \times 100\% \\ &= (1 - 0,0547) \times 100\% \\ &= 94,53 \% \end{aligned}$$

Membran	Konsentrasi	Konsentrasi	Rejeksi (%)
	awal (mg/L)	akhir (mg/L)	
PVDF	4,665	2,9439	36,89
PVDF-Al ₂ O ₃ 5%	4,665	2,3565	49,49
PVDF-Al ₂ O ₃ 10%	4,665	1,0686	77,09
PVDF-Al ₂ O ₃ 15%	4,665	0,2553	94,53

Lampiran 13 : Dokumentasi pembuatan membran

Penimbangan PVDF

Stirrer PVDF + Al_2O_3 

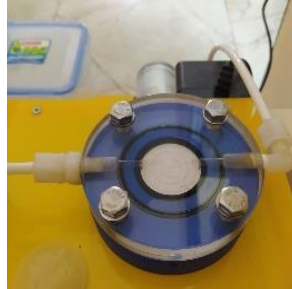
Pencetakan Membran

Membran pada
Bak Koagulasi

Lampiran 14 : Dokumentasi proses filtrasi membran



Alat Filtrasi



Membran dalam alat filtrasi



Proses Filtrasi



Limbah hasil filtrasi

DAFTAR RIWAYAT HIDUP

Identitas Diri

Nama Lengkap : Wardatul Bahiyah
Tempat, Tgl Lahir : Semarang, 19 Desember 2000
Jenis Kelamin : Perempuan
Agama : Islam
Pekerjaan : Mahasiswi UIN Walisongo Semarang
Alamat : Gang Santri IV Mangunharjo RT 05
RW 04 Kec. Tugu Kota Semarang
Telepon : 082224169368
Email : wardhatulb@gmail.com

Riwayat Pendidikan Formal

1. MI IANATUSSHIBYAN (2007-2013)
2. MTs NU NURUL HUDA (2013-2016)
3. MA NU NURUL HUDA (2016-2019)
4. UIN WALISONGO SEMARANG (2019-2023)