

**PREPARASI DAN KARAKTERISASI MEMBRAN PVDF-SiO₂
(Polyvinylidene Fluoride-Silica Dioxide) UNTUK
PENYARINGAN ION LOGAM Pb²⁺**

Skripsi

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



Oleh :

Yusrin Gandini Sugiharto

NIM 1808036001

**JURUSAN KIMIA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI WALISONGO
SEMARANG
2022**

PREPARASI DAN KARAKTERISASI MEMBRAN PVDF-SiO₂
***(Polyvinylidene Fluoride-Silica Dioxide)* UNTUK**
PENYARINGAN ION LOGAM Pb²⁺

Skripsi

Oleh

Yusrin Gandini Sugiharto

1808036001

Untuk Memenuhi Syarat Melaksanakan Skripsi

Strata Satu Program Studi Kimia

Fakultas Sains dan Teknologi

UIN Walisongo

Semarang

JURUSAN KIMIA

FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI

UNIVERSITAS ISLAM NEGERI WALISONGO

SEMARANG

2022

ii

PERNYATAAN KEASLIAN

Saya, yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Yusrin Gandini Sugiharto

NIM : 1808036001

menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa skripsi saya berjudul

PREPARASI DAN KARAKTERISASI MEMBRAN PVDF-SiO₂

(Polyvinylidene Fluoride-Silica Dioxide) UNTUK

PENYARINGAN ION LOGAM Pb²⁺

adalah hasil karya sendiri dan bukan jiplakan hasil karya orang lain.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenar-benarnya. Jika dikemudian hari terbukti bahwa skripsi saya merupakan hasil jiplakan maka saya bersedia menerima sanksi yang diberikan.

Semarang, 20 Oktober 2022

Pembuat Pernyataan



[Handwritten Signature]

Yusrin Gandini Sugiharto
NIM:1808036001

PENGESAHAN

Naskah skripsi berikut ini:

Judul : **Preparasi dan Karakterisasi Membran PVDF-SiO₂ (Polyvinylidene Fluoride-Silica Dioxide) untuk Penyaringan Ion Logam Pb²⁺**

Penulis : Yusrin Gandini Sugiharto

NIM : 1808036001

Jurusan : Kimia

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

Semarang, 21 Oktober 2022

DEWAN PENGUJI

Ketua Sidang

Dr. Ervin Tri Suryandari, S.Si, M.Si
NIP.19740716200912 2 001

Sekretaris Sidang

Ana Mardiyah, M.Si
NIP.19890525201903 2 019

Penguji I,

Dyah Fitasari, M.Si
NIP.19850102201903 2 017

Penguji II,

Ika Nur Fitriani, M.Sc
NIP.19930331201903 2 018

Pembimbing I,

Dr. Hj. Majikhatul Hidayah, S.T., M.Pd
NIP.19830415200912 2 006

Pembimbing II,

Dr. Ervin Tri Suryandari, S.Si, M.Si
NIP.19740716200912 2 001

NOTA DINAS

Semarang, Oktober 2022

Yth. Ketua Program 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 : **Preparasi dan Karakterisasi Membran PVDF-SiO₂
(Polyvinylidene Fluoride-Silica Dioxide) untuk
Penyaringan Ion Logam Pb²⁺**

Nama : Yusrin Gandini Sugiharto

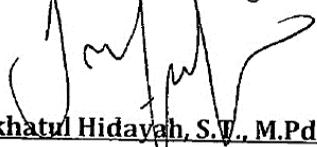
NIM : 1808036001

Jurusan: Kimia

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

Wassalamu'alaikum. wr. wb.

Dosen Pembimbing I



Dr. Hj. Malikhatul Hidayah, S.P., M.Pd
NIP. 19830415 200912 2000

NOTA DINAS

Semarang, Oktober 2022

Yth. Ketua Program 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 : Preparasi dan Karakterisasi Membran PVDF-SiO₂
(Polyvinylidene Fluoride-Silica Dioxide) untuk
Penyaringan Ion Logam Pb²⁺**

Nama : Yusrin Gandini Sugiharto

NIM : 1808036001

Jurusan: Kimia

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

Wassalamu'alaikum. wr. wb.

Dosen Pembimbing II



Dr. Ervin Tri Suryandari, S.Si, M. Si

NIP.19740716200912 2 001

ABSTRAK

Judul : **Preparasi dan Karakterisasi Membran PVDF-SiO₂ (Polyvinylidene Fluoride-Silica Dioxide) untuk Penyaringan Ion Logam Pb²⁺**

Nama : Yusrin Gandini Sugiharto

NIM :1808036001

Jurusan : Kimia

Membran PVDF dan PVDF-SiO₂ telah berhasil disintesis. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh penambahan SiO₂ pada karakterisasi membran dan kinerjanya. Membran yang sudah dibuat dikarakterisasi menggunakan kuat tarik (*tensile strength*), sudut kontak (*contact angel*), FTIR (*Fourier Transform Infrared*), dan SEM-EDX (*Scanning Electron Microscope-Energy Dispersive X-Ray*). Hasil kuat tarik membran PVDF paling baik adalah PVDF 18% dengan nilai *modulus young* sebesar 0,16 MPa. Penambahan SiO₂ pada membran PVDF mampu meningkatkan sifat hidrofilisitas membran dengan penurunan nilai sudut kontak 95,9° menjadi 67,2°, meningkatkan nilai fluks sebesar 41,886 L/m².jam, dan persen rejeksi sebesar 99,8%. Hasil karakterisasi FTIR membran PVDF dan PVDF-SiO₂ menunjukkan puncak Si-OH pada bilangan gelombang 3421.6417 cm⁻¹, Si-O-Si pada bilangan gelombang 1062.6865 cm⁻¹, SiO pada bilangan gelombang 923.1343 cm⁻¹ dan 497.8441 cm⁻¹. Hasil SEM-EDX membran PVDF memiliki pori seperti jari kecil yang memanjang serta struktur yang lebih rapat, sedangkan PVDF-SiO₂ memiliki pori seperti spons dan ukuran pori lebih besar. Nilai kadar ion logam Pb²⁺ berhasil diturunkan dengan nilai kadar 10 mg/L menjadi 0,09 mg/L dan 0,02 mg/L

Kata Kunci : Membran, PVDF-SiO₂, Silika, Pb²⁺

KATA PENGANTAR

Alhamdulillahirabbil 'Alamin segala puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat, taufiq, dan hidayah-Nya kepada penulis, sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir dengan sebaikbaiknya yang berjudul: Preparasi dan Karakterisasi Membran PVDF-SiO₂ (*Polyvinylidene Fluoride-Silica Dioxide*) untuk Penyaringan Ion Logam Pb²⁺. Tidak lupa penulis sampaikan sholawat serta salam kepada Nabi Muhammad SAW dengan harapan semoga mendapat syafaat kelak di hari kiamat.

Tugas akhir ini disusun guna memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar Sarjana Strata Satu Program Studi Kimia Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Walisongo Semarang.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini tidak akan tersusun dengan baik tanpa adanya bantuan dan bimbingan dari pihak-pihak terkait. Oleh karena itu, tidak lupa juga pada kesempatan ini penulis mengucapkan banyak-banyak terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu dalam penyelesaian skripsi ini. Ucapan terima kasih penulis sampaikan kepada:

1. Kedua orangtua penulis, Ayahanda Sugiharto dan Ibunda Sri Lestari yang senantiasa selalu memberikan curahan kasih sayang, mendidik dengan sabar, memberi dukungan dan do'a sehingga penulis dapat menyelesaikan studi di UIN Walisongo Semarang.
2. Dr. Hj. Malikhatul Hidayah, ST, M.Pd, Ketua Jurusan Kimia Universitas Islam Walisogo Semarang sekaligus Dosen Pembimbing 1 yang telah memberikan bimbingan dan arah selama penulis menyusun skripsi.
3. Dr. Ervin Tri Suryandari, M.Si., Dosen Pembimbing II yang telah memberikan bimbingan, kritik, saran serta motivasi kepada penulis dengan penuh pengertian dalam penyusunan skripsi.
4. Prof. Dr. Imam Taufiq, M.Ag., Rektor Universitas Islam Negeri Walisongo Semarang.
5. Dr. Ismail, M.Ag., Dekan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Walisongo Semarang.
6. Saudara kakak tercinta Nurul Fitri Sugiharto dan adik tercinta Nindya Anggraeni yang telah memberi dukungan, do'a dan semangat kepada penulis.
7. Keluarga Kimia 2018, segenap keluarga besar Himpunan Mahasiswa Jurusan (HMJ) kimia dan juga keluarga besar Ikatan Himpunan Mahasiswa Kimia Indonesia (IKAHIMKI) yang telah turut membentuk

- pribadi penulis dan memberikan informasi kepada penulis demi terlaksanya skripsi penulis.
8. Keluarga Himpunan Mahasiswa Kimia (HMK) terkhusus Windy Ellyana Putri dan Rini Sugiarti yang telah memberikan semangat serta saling mendukung satu sama lain untuk menyelesaikan skripsi.
 9. Teman-teman KKN-RDR kelompok 64 yang telah memberikan semangat kepada penulis.
 10. Nisa Istiani selaku partner penelitian yang telah memberikan semangat dan dorongan kepada penulis selama menyusun skripsi.
 11. Doh Kyungsoo, Oh Sehun, Kim Jongin, Park Chanyeol, Byun Baekhyun, Kim Jongdae, Kim Joonmyeon, Zhang Yixing, dan Kim Minseok sebagai member EXO yang telah memberikan motivasi, dukungan, semangat, dan energi positif kepada penulis hingga penulis dapat menyelesaikan skripsi.
 12. Moon taeil, Seo Johny, Lee Taeyong, Nakamoto Yuta, Qian Kun, Kim Doyoung, Li Yong Qin, Jeong Jaehyun, Dong Si Cheng, Kim Jungwoo, Wong Yu Khei, Mark Lee, Xiao Dejun, Huang Guanheng, Renjun, Lee Jeno, Haechan, Na Jaemin, Yang Yang, Shotaro, Jung Sungchan, Zong Chenle, Jisung sebagai member NCT yang telah memberikan energi positif berkat

kontennya sehingga penulis bisa terhibur selama menyusun skripsi.

13. Yoga Faturohman yang selalu memberi support dan makanan, serta sabar menunggu penulis hingga menyelesaikan studinya.
14. Semua pihak yang tidak bisa disebutkan satu per satu yang telah memberikan semangat demi terselesaikannya tugas akhir ini.

Penulis menyadari bahwa masih banyak kekurangan dan ketidaksempurnaan dalam penyusunan skripsi ini karena terbatasnya pengetahuan penulis. Penulis mohon maaf sebesar-besarnya apabila masih banyak kesalahan dalam penulisan skripsi ini. Semoga laporan ini dapat bermanfaat khususnya bagi penulis dan pembacanya.

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	ii
PERNYATAAN KEASLIAN	iii
PENGESAHAN	iv
NOTA DINAS	v
NOTA DINAS	vi
ABSTRAK	vii
KATA PENGANTAR	viii
DAFTAR ISI	xii
DAFTAR GAMBAR	xiv
DAFTAR TABEL	xv
DAFTAR LAMPIRAN	xvi
BAB I PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang	1
B. Rumusan Masalah.....	7
C. Tujuan Penelitian	7
D. Manfaat Penelitian.....	7
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	9
A. Membran	9
1. Pengertian Membran	9
2. Macam–Macam Membran.....	12
3. Metode Sintesis Membran	20
4. Metode Filtrasi Membran	23
5. Karakterisasi Membran	25
B. <i>Polyvinylidene Flouride</i> (PVDF)	32
D. N,N-Dimetilacetamida (DMAc).....	34
E. Silika Dioksida (SiO ₂).....	36
F. Timbal	37
G. Kajian Pustaka.....	40
H. Hipotesis Penelitian.....	42
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	43
A. Alat dan Bahan	43
B. Cara Kerja.....	44
1. Preparasi Membran.....	44
2. Karakterisasi Membran	45

3. Uji Filtrasi Membran	47
4. Pengukuran Kadar Pb ²⁺	49
BAB IV PEMBAHASAN	51
A. Pembuatan membran.....	51
B. Karakterisasi Membran.....	56
1. Karakterisasi membran menggunakan FTIR.....	56
2. Uji Kuat Tarik.....	61
3. Analisis Uji Sudut Kontak.....	66
4. Uji Fluks Membran PVDF dan PVDF-SiO ₂	69
5. Pengukuran Kadar Pb ²⁺	72
6. Karakterisasi membran menggunakan SEM-EDX	78
BAB V PENUTUP.....	86
A. Simpulan.....	86
B. Saran.....	87
DAFTAR PUSTAKA	88
LAMPIRAN.....	93
DAFTAR RIWAYAT HIDUP.....	112

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Proses Pemisahan pada Membran	10
Gambar 2.2	Skema pemisahan dengan membran.	12
Gambar 2.3	Membran berdasarkan struktur	18
Gambar 2.4	Pembuatan membran dengan <i>phase inversion</i> ..	23
Gambar 2.5	Perbandingan sistem operasi (a) <i>dead end</i> (b) <i>cross flow</i>	25
Gambar 2.6	Struktur N,N-Dimetilasetamida.....	35
Gambar 3.1	Alat Filtrasi.....	48
Gambar 4.1	Hasil Membran PVDF.....	53
Gambar 4.2	Hasil Membran PVDF-SiO ₂	55
Gambar 4.3	Spektrum FTIR bilangan gelombang 4000 - 2000 cm ⁻¹ Membran PVDF dan PVDF SiO ₂	57
Gambar 4.4	Spektrum FTIR bilangan gelombang 2000 - 400 cm ⁻¹ Membran PVDF dan PVDF SiO ₂	58
Gambar 4.5	Nilai <i>Modulus Young</i> Membran PVDF.....	63
Gambar 4.6	Pengaruh penambahan variasi SiO ₂ terhadap <i>Modulus Young</i> membran PVDF	65
Gambar 4.7	Sudut kontak membran PVDF dan PVDF-SiO ₂ ..	67
Gambar 4.8	Uji filtrasi membran PVDF dan PVDF-SiO ₂	71
Gambar 4.9	Kurva kalibrasi larutan standar	73
Gambar 4.10	Hasil rejeksi membran PVDF dan PVDF-SiO ₂ ..	77
Gambar 4.11	Citra SEM 2500X Membran PVDF dan PVDF- SiO ₂	79
Gambar 4.12	Citra SEM 5000X Membran PVDF dan PVDF- SiO ₂	80
Gambar 4.13	Grafik EDX membran PVDF dan PVDF-SiO ₂	83

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Panjang Gelombang pada radiasi inframerah.	30
Tabel 4.1 Analisis Spektrum PVDF dan PVDF-SiO ₂	59
Tabel 4.2 Nilai Kuat Tarik dan <i>Modulus Young</i> Membran PVDF	62
Tabel 4.3 Hasil Kuat Tarik dan <i>Modulus Young</i> Membran PVDF-SiO ₂	64
Tabel 4.4 Hasil Uji sudut kontak membran	67
Tabel 4.5 Hasil uji filtrasi membran PVDF dan PVDF-SiO ₂ ...	69
Tabel 4.6 Nilai Larutan Standar Timbal	72
Tabel 4.7 Kadar limbah sisa filtrasi Ion logam Pb ²⁺	74
Tabel 4.8 Hasil Rejeksi Membran PVDF dan PVDF-SiO ₂	76
Tabel 4.9 Komponen membran PVDF dan PVDF-SiO ₂	84

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Preparasi Membran PVDF	93
Lampiran 2 Preparasi Membran PVDF-SiO ₂	94
Lampiran 3 Pengukuran Kadar Ion Logam Pb ²⁺	95
Lampiran 4 Pengaplikasian membran dengan limbah.....	96
Lampiran 5 Hasil FTIR Membran PVDF dan PVDF-SiO ₂	97
Lampiran 6 Hasil FTIR Membran PVDF-SiO ₂	97
Lampiran 7 Hasil Kuat Tarik.....	98
Lampiran 8 Hasil Uji sudut kontak	100
Lampiran 9 Perhitungan Fluks Membran	100
Lampiran 10 Pembuatan Larutan Baku.....	102
Lampiran 11 Kurva Standar	103
Lampiran 12 Perhitungan Konsentrasi Ion Logam Pb ²⁺	103
Lampiran 13 Perhitungan Persen Rejeksi Membran	106
Lampiran 14 Pembuatan Membran	108
Lampiran 15 Proses Filtrasi	109
Lampiran 16 Membran PVDF	110
Lampiran 17 Membran PVDF-SiO ₂	110

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Limbah merupakan salah satu permasalahan yang sulit dihadapi dan makin bertambah seiring dengan berkembangnya zaman. Jika limbah dari hasil produksi dibuang tidak sesuai prosedur, maka akan menutup suplai oksigen dan mencemari mikroorganisme tanah, sehingga sumber air bersih yang didapatkan semakin sulit. Air limbah yang mengandung logam berat termasuk golongan limbah bahan berbahaya dan beracun (B3). Salah satu logam berat yang banyak dijumpai dalam air limbah adalah Timbal (Pb).

Al-quran juga telah menjelaskan tentang larangan merusak dan mengeksploitasi alam tanpa memperhatikan pemeliharannya, pada Q.S Ar-Rum ayat 41-42 yang berbunyi :

ظَهَرَ الْفَسَادُ فِي الْبَرِّ وَالْبَحْرِ بِمَا كَسَبَتْ أَيْدِي النَّاسِ لِيُذِيقَهُمْ بَعْضَ الَّذِي
عَمَلُوا لَعَلَّهُمْ يَرْجِعُونَ 41
قُلْ سِيرُوا فِي الْأَرْضِ فَانظُرُوا كَيْفَ كَانَ عَاقِبَةُ الَّذِينَ مِنْ قَبْلُ ۚ كَانِ
أَكْثَرُهُمْ مُشْرِكِينَ 42

"Telah nampak kerusakan di darat dan di laut disebabkan karena perbuatan tangan manusia, supaya

Allah merasakan kepada mereka sebahagian dari (akibat) perbuatan mereka, agar mereka kembali (ke jalan yang benar). Katakanlah: "Adakanlah perjalanan di muka bumi dan perhatikanlah bagaimana kesudahan orang-orang yang terdahulu. kebanyakan dari mereka itu adalah orang-orang yang mempersekutukan (Allah)." (QS. Ar Rum 41-42).

Air limbah yang mengandung logam berat dapat berakibat buruk bagi kehidupan, baik manusia atau makhluk hidup lainnya. Menghirup dan menelan air yang mengandung logam Pb berpengaruh pada kinerja otak, menyebabkan keracunan hingga kematian. Timbal juga dapat mempengaruhi saluran pencernaan, sistem saraf pusat, dan ginjal. Anak-anak yang terpapar Pb beresiko mengalami gangguan perkembangan, IQ lebih rendah, hiperaktif, dan terjadinya kemunduran pada mental (Jakfar, 2020).

Beberapa cara pengolahan limbah cair secara konvensional telah dikembangkan oleh para peneliti, antara lain klorinasi, ozonisasi, dan biodegradasi. Tetapi metode konvensional ini memiliki beberapa kekurangan, seperti biayanya yang relatif tinggi dan sulit diterapkan di Indonesia. Proses adsorpsi yang saat ini banyak digunakan juga kurang efektif, karena limbah organik

yang teradsorpsi masih terakumulasi di dalam adsorben yang pada suatu saat nanti akan menimbulkan masalah baru bagi lingkungan. Salah satu solusi yang dapat mengatasi masalah ini adalah menggunakan teknologi membran.

Teknologi membran memberikan solusi untuk mengatasi permasalahan pembuangan limbah. Teknologi membran sudah menjadi teknologi pemisahan yang signifikan selama beberapa tahun ini. Salah satu keunggulan dari teknologi membran adalah dapat bekerja tanpa penambahan bahan kimia, selain itu juga mudah ditangani, energinya yang lebih rendah, dan memiliki konduksi proses yang lebih baik. Membran memiliki manfaat sebagai pemisah material berdasarkan ukuran dan bentuk molekul. Selain itu membran juga dapat menahan komponen dari umpan yang mempunyai ukuran lebih besar dari pori-pori membran dan melewatkan komponen yang mempunyai ukuran yang lebih kecil.

Banyak peneliti yang telah melakukan penelitian menggunakan membran sebagai pengolahan untuk memenuhi standar lingkungan, tetapi masih ada kelemahan dalam proses pengolahan tersebut, salah satunya yaitu penyumbatan pada membran. Penyumbatan terjadi akibat terakumulasinya partikel dari larutan

umpan pada permukaan membran, sehingga diperlukan tingginya kecepatan pengaliran sampel yang akan dipisahkan untuk memisahkan partikel yang menyumbat tersebut dan tekanan yang rendah untuk menghindari pemadatan partikel di permukaan membran. Bahan membran yang pernah digunakan untuk proses pengolahan limbah industri adalah PSf (*polisulfon*), PES (*polietersulfon*), PVDF (*polyvinylidene flouride*), PAN (*poliakrilonitril*), selulosa asetat, poliamida, poli eter keton, dan sebagainya. PVDF merupakan material yang lebih disukai daripada polimer yang lain karena kemampuan pembentukan membrannya yang sangat baik, kekuatan mekanik dan ketahanan yang lebih baik.

PVDF merupakan *fluoropolimer* termoplastik murni yang memiliki keunggulan bersifat tidak reaktif, sehingga mampu meminimalisir terjadinya penyumbatan. PVDF adalah salah satu bahan paling banyak diterapkan di industri karena aktivitas antioksidan yang luar biasa, stabilitas termal dan hidrolitik yang kuat, serta sifat mekanik dan pembentuk membran yang baik. PVDF merupakan bahan yang sangat ideal untuk aplikasi di lingkungan yang agresif dan memiliki kelarutan yang baik dalam banyak pelarut organik yang umum seperti N,N-Dimetilasetamida (DMAc), *N,N-dimethylformamide*, *N*-

methyl pyrrolidone dan *dimethylsulfoxide* (Agustina *et al.*, 2019). Namun, PVDF juga memiliki kelemahan karena sifatnya yang *hydrophobic*, sehingga mengakibatkan pembusukan membran dan mudah terjadi *fouling*. Diperlukan upaya untuk meningkatkan kinerja membran PVDF.

Cara alternatif untuk meningkatkan kinerja membran yaitu dengan menggunakan nanokomposit. Membran komposit organik-anorganik telah menjadi salah satu teknologi untuk meningkatkan kinerja membran. Jenis nanopartikel yang telah digunakan untuk memodifikasi membran antara lain *titanium dioksida* (TiO_2), *alumunium karbonat* (Al_2O_3), *silica* (SiO_2), Fe_3O_4 dan sebagainya. Nanopartikel ini akan meningkatkan kinerja kimia dari membran tersebut. Diantara bahan anorganik yang digunakan tersebut, SiO_2 memiliki keunggulan karena pengoperasiannya mudah, mudah bereaksi dan memiliki stabilitas yang baik.

Penelitian sebelumnya telah dilakukan oleh Tan *et al.*, (2021) menggunakan membran PVDF dengan silika yang dicampur dengan silan untuk pemurnian asam dengan destilasi menghasilkan membran yang memiliki hidrofilitas yang lebih tinggi, tingkat pemurnian yang lebih baik, dan juga memiliki rejeksi yang lebih rendah

dibandingkan dengan membran lainnya yaitu sebesar 98,07%. Wahyusi *et al.*, (2021) menggunakan membran dengan komposisi kitosan, zeolit, dan PVA untuk proses filtrasi ion timbal (Pb) dalam limbah cair dan menghasilkan membran terbaik dengan nilai fluks sebesar 323,80 L/m².jam dan hasil kadar pada limbah sebelum dan sesudah diumpungkan dengan membran mengalami penurunan pada kadar ion logam Pb yaitu dari kadar Pb sebanyak 12239,7 mg/L menjadi 7520,4 mg/L. Yuliwati & Martini (2021) menggunakan teknologi membran untuk pengelolaan air limbah industri tekstil, dengan memodifikasi polimer PVDF dengan TiO₂, hasil dari penelitian ini didapatkan bahwa membran PVDF berongga yang diberi aditif TiO₂ dengan berbagai konsentrasi dapat meningkatkan laju fase inversi dan menyediakan membran asimetris berpori dengan struktur canggih untuk pengolahan air limbah tekstil *eco-print* serta menghasilkan nilai fluks yang lebih tinggi secara signifikan mencapai 142,92 L/ m².jam.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui bagaimana peran silika terhadap perubahan sifat dan *fouling* membran yang diaplikasikan penyaringan ion logam Pb²⁺. Diharapkan dengan adanya penambahan

silika ini dapat meningkatkan kinerja membran PVDF dan mengurangi terjadinya penyumbatan pada membran.

B. Rumusan Masalah

1. Bagaimana karakteristik membran PVDF dan membran PVDF-SiO₂?
2. Bagaimana pengaruh penambahan SiO₂ pada pembuatan membran PVDF?
3. Bagaimana kinerja membran PVDF dan PVDF-SiO₂ terhadap filtrasi ion logam Pb²⁺?

C. Tujuan Penelitian

1. Untuk mengetahui karakteristik membran PVDF dan PVDF-SiO₂
2. Untuk mengetahui pengaruh penambahan SiO₂ pada pembuatan membran PVDF
3. Untuk mengetahui kinerja membran PVDF dan PVDF-SiO₂ terhadap filtrasi ion logam Pb²⁺

D. Manfaat Penelitian

Penelitian ini dilakukan dengan harapan hasil modifikasi membran ini dapat dimanfaatkan oleh masyarakat maupun industri dalam mendorong pengembangan dan pemanfaatan material alternatif, serta

diharapkan mampu diterapkan untuk proses penyaringan ion logam Pb^{2+} yang lebih baik.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Membran

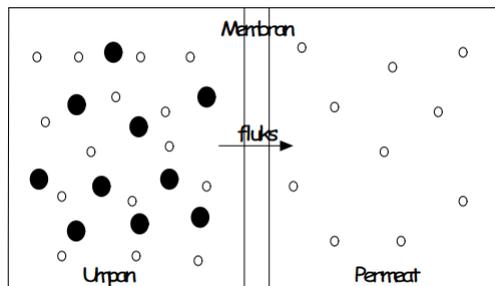
1. Pengertian Membran

Membran berasal dari bahasa latin "*membrana*" yang berarti kulit kertas. Saat ini kata membran banyak digunakan untuk menggambarkan suatu lembaran tipis yang fleksibel atau film, sifat membran yang semipermeabel mampu menjadikan membran sebagai pemisah yang selektif antara dua fase (Natalia, 2017).

Membran merupakan suatu lapisan tipis antara dua fasa fluida yaitu fasa umpan (*feed*) dan fasa permeat yang bersifat sebagai penghalang (*barrier*) terhadap suatu spesi tertentu, yang dapat memisahkan zat dengan ukuran yang berbeda serta membatasi transpor dari berbagai spesi berdasarkan sifat fisik dan kimianya. Membran bersifat semipermeabel, berarti membran dapat menahan spesi-spesi tertentu yang lebih besar dari ukuran pori membran dan melewatkan spesi-spesi lain dengan ukuran lebih kecil. Sifat selektif dari membran ini dapat digunakan dalam proses pemisahan. Proses

membran adalah proses penyaringan atau pemisahan suatu zat dengan memanfaatkan tekanan atau energi potensial (Muthia, 2017).

Proses pemisahan dengan membran mempunyai kemampuan memindahkan salah satu komponen berdasarkan sifat fisik dan kimia dari membran serta komponen yang dipisahkan (Muthia, 2017). Proses pemisahan dengan membran dapat terjadi karena adanya perbedaan ukuran pori, bentuk, serta struktur kimianya. Kekurangan teknologi membran antara lain : fluks (hasil akhir air bersih keluaran membran) dan selektifitas (kemampuan membran untuk menyaring) karena pada proses membran umumnya terjadi fenomena fluks berbanding terbalik dengan selektifitas. Semakin tinggi fluks seringkali berakibat menurunnya selektifitas dan sebaliknya (Asih, 2018).



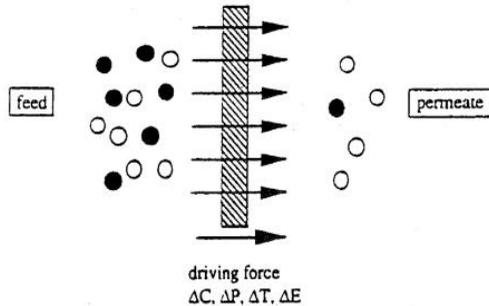
Gambar 2. 1 Proses Pemisahan pada Membran (Pinem & Angela, 2011).

Membran memiliki beberapa keunggulan dibandingkan dengan proses-proses pemisahan yang lain, diantaranya yaitu:

1. Pemisahan dapat dilakukan secara kontinu
2. Konsumsi energi relatif lebih rendah
3. Proses membran mudah digabungkan dengan proses pemisahan yang lainnya (*hybrid processing*)
4. Pemisahan pada membran dapat dilakukan dalam kondisi yang mudah diciptakan
5. Material membran bervariasi sehingga pada saat pemakaiannya mudah untuk diadaptasikan.

Proses membran merupakan suatu proses pemisahan tingkat molekuler atau partikel yang sangat kecil. Proses pemisahan dengan membran dilakukan karena membran mempunyai kemampuan untuk memindahkan suatu komponen lebih cepat dari pada komponen yang lain berdasarkan perbedaan sifat fisik dan kimia dari membran serta komponen yang akan dipisahkan. Perpindahan pada membran dapat terjadi karena adanya gaya dorong atau *driving force* dalam umpan yang dapat berupa beda tekanan (ΔP), beda konsentrasi (ΔC), beda potensial listrik (ΔE), dan beda temperatur (ΔT) serta selektifitas

membran yang dinyatakan dengan rejeksi (R). Hasil pemisahan berupa permeate (bagian dari suatu campuran yang akan melewati membran tersebut) (Mulder, 1996).



Gambar 2. 2 Skema pemisahan dengan membran (Mulder, 1996).

2. Macam – Macam Membran

a. Berdasarkan Bahan Yang Digunakan

Membran dapat diklasifikasikan ke dalam beberapa kelompok berdasarkan bahan yang digunakan, yaitu:

1) Membran Polimer

Membran polimer diklasifikasikan menjadi membran berpori dan membran tidak berpori. Membran berpori diaplikasikan pada mikrofiltrasi dan ultrafiltrasi, sedangkan membran nonpori diaplikasikan pada

pemisahan gas dan *pervaporation*. Faktor utama untuk penentuan pemisahan material pada membran berpori adalah ukuran pori dan distribusi ukuran pori serta stabilitas kimia dan termal pada membran. Sedangkan pada membran nonpori yang digunakan untuk pemisahan gas/pervaporasi ditentukan oleh performa membran yaitu pada selektifitas dan fluks. Pada umumnya menggunakan membran asimetrik.

2) Membran Anorganik

Membran anorganik memiliki stabilitas kimia dan termalnya berhubungan dengan material polimer. Pembagian tipe membran anorganik dibedakan menjadi 3, yaitu:

- a) Membran keramik : dibentuk dengan perpaduan sebuah logam dengan non logam sehingga membentuk oksida, nitrida, atau karbida.
- b) Membran gelas (silika, SiO_2) : dibentuk menggunakan teknik *demixed glasses*
- c) Membran metalik : ditentukan dengan sintering bubuk logam

3) Membran Biologi

Membran biologi atau membran sel mempunyai struktur yang sangat kompleks. Karakteristik beberapa membran sel mengandung struktur lipid bilayer (Muthia, 2017).

Membran mikrofiltrasi yaitu membran yang dapat dibedakan menjadi beberapa macam, antara lain :

a) Membran *reverse osmosis* (RO)

Reverse osmosis merupakan proses perpindahan pelarut dengan gaya dorong perbedaan tekanan, dimana beda tekanan yang digunakan harus lebih besar dari beda tekanan osmosis. Ukuran pori pada proses osmosa balik antara 1 sampai 20 dan berat molekul solut yang digunakan antara 100 sampai 1000. Adanya pengembangan membran asimetris proses osmosis balik menjadi sempurna, terutama digunakan untuk memproduksi air tawar dari air laut. Tekanan operasi pada osmosis balik akan sangat besar untuk menghasilkan fluks yang sama

dengan proses mikrofiltrasi dan ultrafiltrasi. Umumnya membran osmosis balik memiliki struktur asimetrik dengan lapisan atas yang tipis dan padat serta matriks penyokong dengan tebal 50 sampai 150 μm . Tahanan ditentukan oleh lapisan atas yang rapat

b) Ultrafiltrasi (UF)

Merupakan membran yang memiliki ukuran pori antara 0,01 μm sampai 0,1 nm. Ultrafiltrasi biasanya digunakan untuk memisahkan makropartikel dan koloid dari larutannya. Membran ultrafiltrasi dan makrofiltrasi merupakan membran berpori dimana rejeksi suatu zat pelarutnya dipengaruhi oleh ukuran dan besar zat terlarut relatif terhadap ukuran pori membran.

c) Nanofiltrasi

Merupakan suatu membran yang akan digunakan jika membran ultrafiltrasi dan mikrofiltrasi tidak dapat memisahkan air secara sempurna sesuai apa yang diharapkan. Nanofiltrasi dapat

menghasilkan proses pemisahan yang sangat terjangkau dan ekonomis, tetapi membran ini belum dapat mengolah mineral terlarut warna dan salinan air. Selain itu, nano filtrasi dapat memisahkan ion dwi-valensi (Mg^{2+} dan Ca^{2+}), penghilangan kesadahan tipikal rejeksi (5 bar, 200 ppm): 60 % NaCl, 80 %, $Ca(CO_3)_2$, 98 % $MgSO_4$, Glukosa, Sukrosa. Biasanya nanofiltrasi digunakan untuk memisahkan gula (sumber C-eksternal), eliminasi warna, TOC, TDS, dan kesadahan, logam berat (Mulder, 1996).

b. Berdasarkan Strukturnya

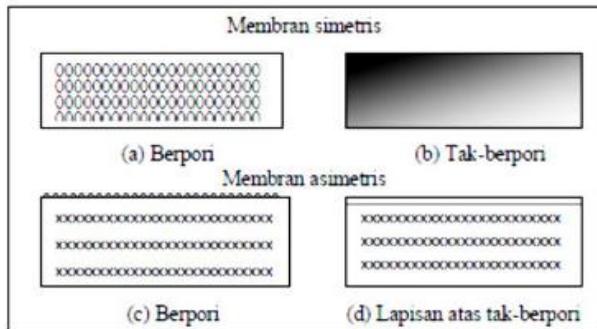
- 1) Membran simetrik yaitu membran yang mempunyai ketebalan pori 10 sampai 200 μm . Membran ini memiliki struktur pori yang homogen diseluruh bagian membran. Jenis membran ini kurang efektif karena membran ini memungkinkan dapat lebih cepat terjadinya penyumbatan pori dan mengakibatkan *fouling* atau penyumbatan pori pada membran (Mulder, 1996).

2) Membran asimetrik yaitu membran yang terdiri dari dua lapisan antara lain: kulit yang tipis dan rapat dengan ketebalan 0,1 - 0,5 μm dan lapisan pendukung berpori besar dengan ketebalan 50 - 150 μm . Membran asimetrik menghasilkan selektivitas yang lebih tinggi disebabkan oleh rapatnya lapisan atas membran dan mempunyai kecepatan permeat yang tinggi karena tipisnya membran.

c. Berdasarkan Pemisahannya

- 1) Membran berpori yaitu membran yang memiliki pori-pori dengan prinsip pemisahan yang didasarkan pada perbedaan ukuran partikel dengan ukuran pori membran. Selektivitas pemisahan ditentukan oleh ukuran pori dan hubungannya dengan partikel yang akan dipisahkan.
- 2) Membran nonpori yaitu membran memisahkan molekul-molekul yang tidak dapat dipisahkan dengan membran berpori. Prinsip pemisahannya berdasarkan perbedaan kelarutan dan atau kemampuan berdifusi.
- 3) Membran cair yaitu membran yang pemisahannya tidak ditentukan oleh

membrannya ataupun bahan pembentuk membran tersebut, tetapi oleh sifat molekul pembawa yang spesifik. Media pembawa merupakan cairan yang terdapat dalam pori-pori membran berpori (Amiyati *et al.*, 2017).



Gambar 2. 3 Membran berdasarkan struktur dan prinsipnya (Mulder, 1996).

d. Berdasarkan Kerapatan Pori

- 1) Makropori merupakan membran yang memiliki ukuran pori > 50 nm,
- 2) Mesopori merupakan membran yang memiliki ukuran pori antara 2 sampai 50 nm,
- 3) Mikropori merupakan membran yang memiliki ukuran pori < 2 nm,
- 4) Membran non pori merupakan membran yang digunakan untuk memisahkan molekul dengan

ukuran yang sama baik, baik gas maupun cairan (Mulder, 1996).

e. Berdasarkan Bentuknya

- 1) Membran datar yaitu Membran yang mempunyai penampang lintas besar dan lebar. Pada operasi membran datar terbagi atas:
 - a) Membran datar yang terdiri dari satu lembar saja
 - b) Membran datar bersusun yang terdiri dari beberapa lembar tersusun bertingkat dengan menempatkan pemisah antara membran yang berdekatan.
- 2) Membran spiral yaitu membran datar yang tersusun bertingkat kemudian digulung dengan pipa sentral menyerupai spiral.
- 3) Membran tubular adalah membran yang membentuk pipa memanjang. Membran tubular terbagi menjadi tiga kelompok, antara lain :
 - a) Membran serat berongga ($d < 0,5 \text{ mm}$)
 - b) Membran kapiler ($d \text{ } 0,5 - 5,0 \text{ mm}$)
 - c) Membran tubular ($d > 5,0 \text{ mm}$) (Natalia, 2017).

3. Metode Sintesis Membran

a. Sintering

Sintering adalah teknik yang sangat sederhana yang dapat dilakukan pada bahan organik dan anorganik. Berbentuk bubuk dan memiliki ukuran tertentu yang dikompresi dan disinter pada suhu tinggi. Pada *sintering* biasanya menghasilkan membran yang memiliki ukuran pori antara 0,1 sampai 10 μm (Pinem & Angela, 2011).

b. Stretching

Stretching adalah proses produksi membran di mana film yang diekstrusi atau film yang terbuat dari bahan polimer kristal sebagian diregangkan ke arah proses ekstrusi sehingga molekul kristal sejajar satu sama lain. Saat terkena tekanan mekanis, ia pecah dan membentuk struktur pori dengan ukuran 0,1 sampai 0,3 μm . Porositas membran yang dihasilkan melalui teknik diatas 90 %. (Pinem & Angela, 2011).

c. Track-Etching

Track-Etching merupakan proses di mana film atau lembaran dipancarkan oleh partikel radiasi dengan energi tinggi tegak lurus terhadap

arah film. Partikel akan membentuk jalur dan merusak matriks polimer. Film kemudian ditempatkan dalam penangas asam atau basa dan matriks polimer digores sepanjang jalan untuk terus membentuk pori-pori silinder yang sama dengan distribusi pori yang sempit (Pinem & Angela, 2011).

d. *Template-Leaching*

Template-Leaching yaitu metode lain untuk menghasilkan membran berpori dengan menghilangkan/meleburkan salah satu komponennya (*leaching*). Pada proses ini akan terbentuk 2 fase, fase yang pertama lebih didominasi oleh SiO_2 yang tidak larut dan fase yang selanjutnya adalah fase yang larut oleh asam atau basa dan akan dihasilkan membran yang memiliki ukuran pori 0,005 (μm) atau 5 (nm). Dengan cara ini, membran kaca berpori dapat diproduksi (Pinem & Angela, 2011).

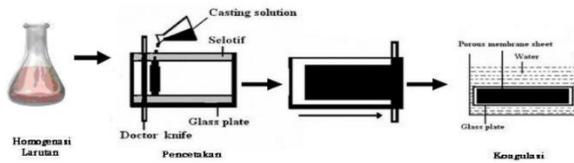
e. *Coating*

Coating merupakan teknik pembuatan membran komposit sederhana untuk memperoleh lapisan atas padat yang sangat tipis. Proses pembuatannya adalah dengan mencelupkan

membran asimetrik ke dalam larutan pelapis yang mengandung polimer, pre-polimer atau monomer dengan konsentrasi padatan dalam larutan rendah (kurang dari 1%). Membran asimetrik dipisahkan dari bak yang mengandung material pelapis dan pelarut, selanjutnya diperoleh lapisan tipis dari larutan yang menempel pada bak. Setelah itu, film dimasukkan ke dalam oven sehingga pelarut akan menguap dan terjadi *cross linking* (berikatan silang) (Anggara, 2016).

f. Phase Inversion

Phase Inversion atau Inversi fasa merupakan proses di mana bentuk polimer berubah dari fasa cair menjadi fasa padat dalam kondisi terkendali. Proses solidifikasi ini dimulai dengan transisi dari fase cair ke fase dua-cair (*liquid-liquid separation*). Pada titik tertentu selama proses pemisahan, salah satu fase cair (fase polimer sangat pekat) memadat, sehingga terbentuk matriks padat (Pinem & Angela, 2011).



Gambar 2. 4 Pembuatan membran dengan metode *phase inversion* (Anggara, 2016)

Pengendalian tahap awal transisi fase akan menentukan morfologi membran yang dihasilkan. Konsep fase inversi mencakup berbagai teknik antara lain penguapan pelarut, *precipitation* (pengendapan) dengan penguapan terkendali, *precipitation* termal, *precipitation* fase uap, dan *precipitation immerse*. *Precipitation immerse* merupakan proses pencetakan film tipis di permukaan kaca gelas datar, selanjutnya campuran casting di koagulasi untuk membentuk membran. Proses pengkoagulasian *casting* dapat dilakukan dengan 2 cara, yaitu evaporasi langsung dan perendaman dalam non-pelarut (Anggara, 2016).

4. Metode Filtrasi Membran

Metode filtrasi membran terbagi dalam 2 macam, yaitu :

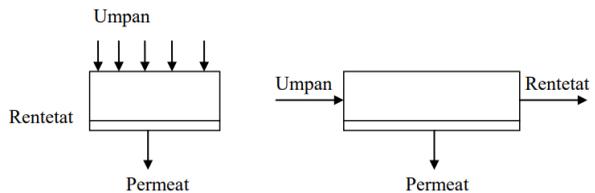
a. *Dead-end*

Pola aliran *dead end* adalah tegak lurus terhadap membran (Noven, 2016). Pada sistem *dead end*, larutan diberi gaya dorong tekanan untuk melewati membrane dengan arah aliran tegak lurus terhadap membran. namun kelemahan pada proses ini adalah cenderung mengakibatkan *fouling* sehingga mengakibatkan kualitas permeat semakin menurun karena terbentuk lapisan partikel di permukaan membran (Jayanti, 2021),

b. *Cross flow*

Pola aliran *cross flow* sejajar dengan membran. Aliran yang digunakan pada proses ini yaitu umpan dialirkan melalui suatu membran dengan arah sejajar dengan hanya sebagian saja yang melewati pori membran untuk menghasilkan permeat, sedangkan aliran pelarut akan melewati permukaan membran sehingga larutan, koloid dan padatan yang tersuspensi yang tertahan oleh membran akan terus terbawa menjadi aliran balik (Anggara, 2016). Penurunan fluks dapat dikontrol

dan disesuaikan dengan pengaturan kecepatan dari aliran *cross flow*. Sistem *cross flow* sendiri merupakan jenis aliran yang sering digunakan dan diaplikasikan di industri daripada *dead end* karena memiliki kecenderungan *fouling* yang relatif rendah (Jayanti, 2021)



Gambar 2. 5 Perbandingan sistem operasi (a) *dead end* (b) *cross flow* (Riani, 2014).

5. Karakterisasi Membran

Beberapa metode yang digunakan untuk karakterisasi membran antara lain:

a. Permeabilitas

Membran yang bagus adalah membran yang mempunyai permeabilitas dan selektifitas yang tinggi. Permeabilitas membran diukur dengan menentukan koefisien rejeksinya, yaitu kemampuan membran untuk menahan partikel terlarut, sedangkan pelarutnya melewati membran. Karakterisasi ini diperlukan untuk mengetahui kekuatan membran terhadap gaya

luar yang dapat merusak membran (Muthia, 2017).

Permeabilitas suatu membran merupakan ukuran kecepatan dari suatu spesi atau konstituen menembus membran. Secara kuantitas, permeabilitas membran sering dinyatakan sebagai fluks atau koefisien permeabilitas. Definisi dari fluks adalah jumlah volum permeat yang melewati satuan luas membran dalam waktu tertentu dengan adanya gayadorong, dalam hal ini berupa tekanan. Secara sistimatis fluks dirumuskan sebagai berikut:

$$J = \frac{V}{A \cdot t} \dots\dots\dots (II.1)$$

J adalah Fluks ($L/m^2 \cdot jam$), V adalah volume permeat (mL), A adalah Luas permukaan membran (m^2), t adalah waktu (jam).

Suatu membran dikatakan efektif dan efisien jika membran tersebut mempunyai nilai fluks yang tinggi. Masalah yang timbul ketika membran digunakan adalah adanya penurunan nilai fluks terhadap waktu (Natalia, 2017).

$$R (\%) = \left(1 - \frac{C_p}{C_f} \right) \times 100 \dots\dots\dots (II.2)$$

R adalah Nilai Rejeksi (%), C_p adalah Konsentrasi zat terlarut dalam permeat, dan C_f adalah Konsentrasi zat terlarut dalam umpan.

b. *Tensile strength* (Kuat Tarik)

Tensile strength (kuat tarik) adalah kemampuan material dalam menahan beban tarikan maksimum yang diberikan terhadap material hingga material dapat bertahan sebelum putus atau sobek. Dengan menarik suatu bahan kita akan mengetahui bagaimana bahan tersebut bereaksi terhadap tenaga tarikan dan mengetahui sejauh mana material itu bertambah panjang (Dewi, T. K., Riza, R. F., & Oktari, 2017).

Modulus young adalah angka yang digunakan untuk mengukur objek atau ketahanan bahan untuk mengalami deformasi elastis ketika gaya diterapkan pada benda tersebut (Lestari *et al.*, 2018). Pada pengukuran kuat tarik akan mendapatkan hasil tegangan (*stress*), regangan (*strain*) dan *modulus young* dari membran.

c. *Contact Angle* (Sudut Kontak)

Contact Angle atau Sudut kontak merupakan sudut yang dibentuk antara permukaan bahan uji dengan air yang diteteskan ke permukaan bahan

uji. Pengukuran sudut kontak pada suatu bahan isolasi dilakukan untuk mengetahui sifat permukaan bahan, hidrofobik atau hidrofilik. Sifat hidrofobik merupakan suatu karakteristik bahan isolasi, dalam keadaan terpolusi, bahan masih mampu bersifat menolak air yang jatuh di permukaannya. Sifat hidrofobik berguna untuk isolasi pasangan luar karena dalam keadaan basah atau lembab tidak akan terbentuk lapisan air yang kontinu pada permukaan isolator, sehingga permukaan isolator tetap memiliki konduktivitas yang rendah, akibatnya arus bocor sangat kecil (Prasetyo, 2013).

Hidrofilisitas membran dapat ditentukan dengan mengukur sudut kontak air pada membran. Sudut kontak air menunjukkan derajat kebasahan pada permukaan membran. Suatu membran dinyatakan sebagai membran hidrofobik yaitu bila membran mempunyai sudut kontak air diatas 90° yang artinya tetesan air tidak mampu menyebar diatas permukaan membran. Sedangkan membran dinyatakan sebagai membran hidrofilik, yaitu membran yang memiliki sudut kontak air di bawah 90° , artinya membran

tersebut mampu menyerap tetesan air yang ada di permukaan membran (Fathanah & Meilina, 2021).

d. *Fourier Transform Infrared (FTIR)*

Fourier Transform Infrared (FTIR) atau spektroskopi inframerah adalah salah satu teknik spektroskopi optik yang secara efektif dapat memberikan informasi tentang komposisi kimia pada tingkat molekuler FTIR digunakan untuk menentukan gugus fungsi kimia dari senyawa organik dan anorganik dengan memanfaatkan radiasi *infrared* (infra merah) (Mumtahana, 2019).

Fourier Transform Infrared (FTIR) atau spektroskopi inframerah adalah metode analisis komposisi kimia senyawa organik, coating, polimer, senyawa anorganik, sampel biologis, dan mineral dengan menggunakan radiasi elektromagnetik pada rentang panjang gelombang 0,75 hingga 1000 μm atau bilangan gelombang $13000\text{--}10^3\text{cm}^{-1}$. Alat ini digunakan untuk mengidentifikasi gugus fungsi senyawa, mengetahui kemurnian, menentukan struktur molekul, dan mempelajari reaksi yang sedang berlangsung. (V *et al.*, 2011).

Radiasi inframerah memiliki rentang panjang gelombang antar 0,78 – 1000 μm yang dibagi menjadi tiga bagian daerah panjang gelombang seperti Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Pembagian Panjang Gelombang pada radiasi inframerah (Mumtahana, 2019).

Daerah	Penjang Gelombang (μm)	Bilangan Gelombang (cm^{-1})
Inframerah dekat (<i>Near IR</i>)	0,78 – 2,5	12800 - 4000
Inframerah tengah (<i>Middle IR</i>)	2,5 – 50	4000 – 200
Inframerah jauh (<i>Far IR</i>)	50 - 1000	200 - 10

Spekrofotometer FTIR banyak digunakan untuk mempelajari suatu material senyawa khususnya senyawa organik melalui analisa struktur ataupun gugus fungsinya. Suatu radiasi inframerah yang melewati suatu molekul, maka molekul tersebut akan menyerap sejumlah energi yang dipancarkan sehingga menyebabkan ikatan pada suatu molekul mengalami vibrasi atau getaran. Berbeda dengan serapan ultraviolet dengan energinya yang mampu mengeksitasi sebuah elektron menuju orbital dengan tingkat energi yang lebih tinggi, radiasi inframerah tidak

memiliki cukup energi untuk membuat elektron tereksitasi. Dengan demikian, serapan inframerah dengan energinya hanya mampu menyebabkan bergetarnya atom-atom yang saling berikatan dalam suatu molekul, dimana suatu tipe ikatan atau gugus fungsi tertentu akan mengadsorp radiasi inframerah pada panjang gelombang yang khas atau spesifik (Sari, 2010).

e. *Scanning Electron Microscope (SEM)*

Scanning Electron Microscope atau SEM adalah mikroskop elektron yang “memotret” material berdasarkan interaksi elektron dengan permukaan material. SEM (*Scanning Electron Microscope*) adalah salah satu jenis mikroskop elektron yang menggunakan berkas elektron untuk menggambar profil permukaan benda (Askeland, 2010).

SEM merupakan salah satu alat yang dapat digunakan untuk karakterisasi membran yang berfungsi untuk mengamati struktur pori. SEM dapat mengamati semua bentuk struktur membran, diantaranya struktur permukaan membran, dan penampang lintang membran.

Prinsip kerja SEM dimulai dengan berkas elektron primer dengan energi kinetik 1 sampai 25 kV mengenai sampel membran. Setelah mengenai membran elektron tersebut direfleksikan atau dipancarkan. Elektron yang direfleksikan ini disebut dengan elektron sekunder yang akan muncul dan menentukan image yang teramati pada layar micrograph pada alat SEM (Mulder, 1996).

Prinsip kerja SEM adalah menembakkan permukaan benda dengan berkas elektron berenergi tinggi, dari interaksi tersebut dapat ditentukan diameter partikel penyusun suatu benda. Kelebihan SEM yaitu menghasilkan bayangan dengan resolusi tinggi, sedangkan kekurangannya yaitu SEM tidak sanggup mengamati ukuran partikel dalam orde beberapa nanometer (Saptono, 2004).

B. *Polyvinylidene Flouride (PVDF)*

Polyvinylidene Flouride (PVDF) adalah salah satu polimer sintesis yang dibuat dari proses polimerisasi monomer dan ko-polimerisasi dari 2 monomer. PVDF adalah bahan yang biasanya digunakan untuk fabrikasi membran karena memiliki sifat yang cemerlang. PVDF

juga cukup menarik dalam pembuatan ultrafiltrasi karena ketahanannya terhadap bahan kimia. PVDF tahan terhadap sebagian besar senyawa anorganik dan asam organik, serta dapat digunakan di berbagai rentang pH.

PVDF merupakan suatu senyawa yang tidak larut dalam air, berbentuk semi crystal, tahan terhadap asam dan salah satu senyawa kimia yang bersifat *inert*. *Polivinylidene fluoride* (PVDF) merupakan fluoropolimer termoplastik yang sangat tidak reaktif diproduksi dengan cara polimerisasi dari *vinylidene difluoride*. PVDF masuk dalam kategori *polimer semicrystalline* dengan rumus molekul $(C_2H_2F_2)_n$. Membran PVDF secara luas digunakan untuk proses pemisahan dapat digunakan pada berbagai proses pemisahan seperti mikrofiltrasi, ultrafiltrasi, nanofiltrasi, destilasi membran dan pemisahan gas (Suhartono *et al.*, 2018).

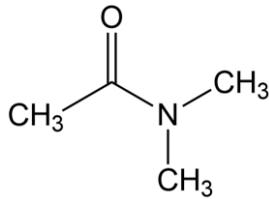
PVDF adalah *semicrystalline* dengan suhu yang sangat rendah ($-40^{\circ}C$), hal ini membuat PVDF cocok untuk diaplikasikan pada suhu berkisah antara -50 dan $140^{\circ}C$. Meskipun stabil di sebagian besar pelarut organik, PVDF larut dalam *dimetil formamida*, *N,N-Dimetilasetamida* (DMAc), *N-metil pirolidon* (NMP) dan *dimetilsulfoksida*. Seperti *polisulfon*, PVDF sangat hidrofobik dan banyak cara untuk membuat PVDF lebih hidrofilik telah diuraikan

di dalam literatur. Salah satu prosedurnya adalah ditreatmen dengan menggunakan larutan basa kuat atau dengan inisiator polimer dan monomer seperti asam akrilik (Muthia, 2017).

PVDF telah digunakan pada banyak aplikasi yang menggunakan bahan kimia kuat (*harsh chemical*) sejak tahun 1964 karena sifat kimia polimer PVDF yang *inert* (sangat stabil), sehingga sulit terjadi reaksi kimia. Kesulitan terjadinya reaksi kimia menggunakan polimer PVDF inilah yang mampu menambah *life time* membran dengan material asal PVDF ini lebih lama dibandingkan beberapa material polimer lainnya. PVDF dapat digunakan untuk aplikasi yang membutuhkan kemurnian, kekuatan, daya tahan terhadap pelarut, asam, dan panas.

C. **N,N-Dimetilacetamida (DMAc)**

N,N-Dimetilasetamida (DMAc) merupakan pelarut organik dengan rumus kimia $\text{CH}_3\text{C}(\text{O})\text{N}(\text{CH}_3)_2$. DMAc adalah pelarut yang tidak mudah menguap dan mempunyai titik didih 166°C , bersifat racun dan dapat menimbulkan iritasi pada kulit dan mata. Pelarut memiliki massa jenis $0,94 \text{ gr/cm}^3$ dan merupakan pelarut yang baik untuk polimer polisulfon (Riani, 2014)



Gambar 2. 6 Struktur N,N-Dimetilasetamida

Pelarut yang mempunyai sifat pelarut yang tinggi dan sering digunakan untuk melarutkan polimer dalam pembuatan membran adalah larutan N,N-Dimetilasetamida (DMAc). DMAc bersifat higroskopis yang harus disimpan dalam ruang *inert*. DMAc memiliki titik leleh -20°C , larut dalam air dan memiliki parameter kelarutan $10,8(\text{cal}/\text{cm}^3)^{0,5}$ (Jayanti, 2021).

Berbagai teknik pembuatan membran DMAc banyak di pilih sebagai media pelarutnya karena nilai kelarutanya yang tinggi yaitu 22.1 (Mpa^{1/2}). Jenis polimer yang digunakan dalam pembuatan membran seperti PVDF, sangat sulit untuk menjadi larutan homogen jika dicampur dengan bahan aditif lainnya, oleh sebab itu DMAc dipilih sebagai jenis pelarut yang dapat membuat campuran antara polimer PVDF dan bahan aditif menjadi larutan yang homogen. Karena dilihat dari nilai kelarutanya yang di miliki DMAc yang tinggi.

D. Silika Dioksida (SiO_2)

Silika dalam ilmu kimia adalah suatu senyawa yang mengandung satu anion dengan satu atau lebih atom silikon pusat yang dikelilingi oleh ligan elektronegatif. . Silika dengan rumus molekul SiO_4 memiliki titik didih 2320°C dan titik leleh 1610°C , tidak larut dalam air dan alkohol tetapi terlarut dalam HF. Silika berbentuk tetrahedron dimana satu ion silikon berikatan dengan empat ion oksigen (Noven, 2016).

Jenis silikat yang sering ditemukan umumnya terdiri dari silikon dengan oksigen sebagai ligannya. Anion silikat, dengan muatan listrik negatif, harus mendapatkan pasangan kation lain untuk membentuk senyawa bermuatan netral. Silika, atau silikon dioksida, SiO_2 , sering dianggap sebagai silikat, walaupun senyawa ini tidak bermuatan negatif dan tidak memerlukan ion pasangan (Im *et al.*, 2011).

Silika adalah suatu padatan yang memiliki struktur berpori, dengan adanya struktur berpori dalam silika ini berhubungan dengan luas permukaan. Semakin besar luas permukaan maka semakin kecil iuluran pori-pori yang dimiliki oleh suatu silika sehingga kemampuan adsorpsi silika tersebut bertambah. Silika bersifat non konduktor,

memiliki ketahanan yang baik terhadap oksidasi dan degresi termal (Rahayu *et al.*, 2021).

Silika ditemukan di alam dalam bentuk mineral kuarsa. Silika atau dikenal dengan silikon dioksida (SiO_2) merupakan senyawa yang banyak ditemui dalam bahan galian yang disebut pasir kuarsa, terdiri atas kristal-kristal silika (SiO_2) dan mengandung senyawa pengotor yang terbawa selama proses pengendapan. Silika biasanya dimanfaatkan untuk berbagai keperluan dengan berbagai ukuran tergantung aplikasi yang dibutuhkan seperti dalam industri ban, karet, gelas, semen, beton, keramik, tekstil, kertas, kosmetik, elektronik, cat, film, pasta gigi, dan lain-lain. Saat ini aplikasi penggunaan silika pada industri semakin meningkat terutama dalam penggunaan silika pada ukuran partikel yang kecil sampai skala mikron atau bahkan nanosilika. Kondisi ukuran partikel bahan baku yang diperkecil membuat produk memiliki sifat yang berbeda yang dapat meningkatkan kualitas (Im *et al.*, 2011).

E. Timbal

Timbal adalah suatu unsur kimia dalam tabel periodik yang memiliki lambang Pb dengan nomor atom 82. Lambangnya diambil dari bahasa Latin *Plumbum*. Timbal (Pb) adalah logam berat yang terdapat secara

alami di dalam kerak bumi. Keberadaan timbal bisa juga berasal dari hasil aktivitas manusia, yang mana jumlahnya 300 kali lebih banyak dibandingkan Pb alami yang terdapat pada kerak bumi. Penggunaan Pb terbesar dalam industri adalah baterai kendaraan bermotor seperti timbal metalik dan komponen-komponennya. Air limbah yang tidak diolah dengan baik masih mengandung berbagai polutan dapat mengontaminasi sistem ekologi termasuk sumber air terbuka seperti laut, sungai dan danau, termasuk sistem ekologi di wilayah udara dan tanah. Limbah sebagai hasil akhir sampingan dari proses pengolahan bahan dan produksi manufaktur tersebut dapat berwujud limbah cair, padat maupun gas. Air limbah atau limbah cair memiliki kuantitas yang lebih besar dibandingkan limbah jenis lainnya dan memiliki tipikal kandungan polutan yang lebih beragam, antara lain; minyak, alkohol, fenol, pewarna sintetis, dan logam berat (Martini *et al.*, 2020).

Komposisi air limbah tergantung dari sumbernya tetapi sebagian besar air limbah memiliki komposisi : Air (99,9%) dan Bahan Padat (0,1%) yang meliputi senyawa organik {protein (65%), Karbohidrat (25%), lemak} dan senyawa anorganik (butiran, garam, metal) (Saragih, 2020).

Timbal digunakan pada bensin untuk kendaraan, cat dan pestisida. Pencemaran Pb dapat terjadi di udara, air, maupun tanah. Pencemaran Pb merupakan masalah utama, tanah dan debu sekitar jalan raya pada umumnya telah tercemar bensin bertimbal selama bertahun-tahun (Wahyusi *et al.*, 2021).

Timbal (Pb) merupakan ion logam beracun yang paling umum pada limbah. Plumbum mempunyai efek kronis dan akut pada manusia. Keracunan timbal dapat menyebabkan anemia, sakit kepala, menggigil, diare dan pengurangan pembentukan hemoglobin. Masalah kesehatan yang paling penting karena keracunan timbal dapat menyebabkan kerusakan pada sistem saraf, sistem reproduksi, hati dan otak. Timbal juga dapat menyebabkan kelainan pada fungsi tiroid dengan mencegah masuknya iodine (Susilowati *et al.*, 2018).

Logam timbal (Pb) banyak dijumpai di dalam air limbah industri. Industri yang berpotensi sebagai sumber pencemaran Pb adalah semua industri yang memakai Pb sebagai bahan baku maupun bahan penolong (Saragih, 2020). Penghilangan logam timbal dapat dilakukan dengan beberapa macam proses, salah satunya adsorpsi dengan karbon aktif, tetapi proses ini kurang efektif untuk konsentrasi Pb yang tinggi. Proses adsorpsi dengan

karbon aktif biasanya dilakukan untuk proses polishing dengan konsentrasi Pb yang rendah atau untuk menghilangkan Pb dalam bentuk senyawa organik kompleks (Said, 2018).

F. Kajian Pustaka

Penelitian ini mengacu pada penelitian sebelumnya yang pernah dilakukan. Diantaranya *Hydrophobic Polyvinylidene Fluoride Membrane Modified with Silica Nanoparticles and Silane for Succinic Acid Purification Using Osmotic Distillation Process* (Tan *et al.*, 2021) sintesis membran kitosan untuk pemisahan ion Pb dalam limbah cair (Wahyusi *et al.*, 2021), dan Teknologi Membran Ultrafiltrasi Untuk Pengelolaan Air Limbah Pencucian Industri Tekstil *Eco-Print* (Erna Yuliwati, Sri Martini, 2021). Perbedaan dari penelitian ini dibandingkan dengan penelitian sebelumnya yaitu dilakukan preparasi dan karakterisasi dari membran PVDF dengan SiO₂ untuk pengolahan limbah Pb(NO₃)₂.

Tan, *et al.*, (2021) melakukan penelitian dengan menggunakan polimer PVDF yang dimodifikasi dengan silika dan silan dengan tujuan untuk mengetahui pemurnian asam suksinat menggunakan proses destilasi osmosis. Hasil penelitian didapatkan bahwa modifikasi membran PVDF dengan silika telah berhasil disintesis dan

mampu mengurangi nilai sudut kontak pada membran, namun jika ditambahkan dengan silan sudut kontak kembali meningkat. Hasil pemurnian asam untuk modifikasi membran PVDF dengan silika dan silan mencapai fluks sebesar 0,6019 kg/m²·jam dan menunjukkan bahwa pemurnian telah berhasil dilakukan.

Wahyusi, *et al.*, (2021) melakukan penelitian dengan membuat membran kitosan dan silika dari sekam padi (biosilika) dengan tujuan untuk mengetahui pengaruh PVA terhadap morfologi dan kinerja membran. Hasil penelitian didapatkan bahwa membran dengan komposisi kitosan: zeolite (2:1,5) dengan penambahan PVA memiliki nilai fluks terkecil yaitu sebesar 323,809 L/m²·jam. Membran yang memiliki nilai fluks terbesar adalah membran terbaik yang memiliki pori terkecil. Namun hasil penelitian didapatkan bahwa kandungan ion Pb tidak sepenuhnya terfiltrasi karena pori membran lebih besar dari jari – jari ion Pb, sehingga Sebagian ion Pb masih dapat tertahan di permukaan membran yang menyebabkan kandungan ion Pb dalam limbah sintesis PbNO₃ menurun.

Yuliwati, *et al.*, (2021) melakukan penelitian dengan memodifikasi membran dari polimer dengan TiO₂ untuk memfiltrasi limbah limbah cair industri tekstil *eco-print*.

Hasil penelitian di dapatkan bahwa nano partikel TiO_2 sangat mempengaruhi kinerja membran PVDF berongga. Hal ini dibuktikan dari hasil penambahan 10 wt.% berat TiO_2 menghasilkan membran yang memiliki hidrofilisitas yang lebih tinggi, ukuran pori yang kecil, dan porositas yang tinggi dengan hasil rejeksi sebesar 93,2%.

G. Hipotesis Penelitian

Penambahan silika (SiO_2) pada membran PVDF diharapkan mampu menurunkan sifat hidrofobik dari PVDF menjadi lebih hidrofilik, memperbesar pori pada membran, meningkatkan nilai fluks dan rejeksi pada membran sehingga mampu menurunkan kadar ion logam Pb^{2+} pada limbah $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$.

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

A. Alat dan Bahan

1. Alat

Alat yang dibutuhkan pada penelitian ini antara lain : batang pengaduk, gelas ukur, gelas beaker, pipet, pipet volume, bak koagulan, neraca analitik, spatula, *magnetic stirer*, plat kaca, lakban, *aluminium foil*, satu set alat uji filtrasi, alat uji kuat tarik (*Brookfield CT 3 4500*), alat uji sudut kontak (*contact angel*), *Atomic Absorption Spektrofotometer (AAS) (Thermo Scientific iCE 3000 AA05194702)*, instrumen *Fourier Transform Infra-red (FTIR) (Bruker)*, dan instrumen SEM (*Jeol JED-2300 Series*).

2. Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian antara lain : *Polyvinylidene Flouride (PVDF)*, *N,N-Dimetilasetamida (DMAc) for syntesis Merck*, silika dioksida (SiO_2), aseton, serbuk $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ Merck, dan aquades.

B. Cara Kerja

1. Preparasi Membran

a. Membran PVDF

Membran dibuat dengan metode inversi fasa. Pembuatan membran dimulai dengan menyiapkan PVDF yang dilarutkan pada DMAc dengan variasi konsentrasi 16%, 18%, 20%, 22%, dan 24% (b/v). Larutan diaduk sampai homogen dan berbentuk gel. Kemudian larutan dicetak di plat kaca, didiamkan 5 menit kemudian dimasukkan kedalam bak koagulan yang berisi aquades sampai membran terlepas dari cetakkannya kemudian dikeringkan.

b. Membran PVDF-SiO₂

Membran PVDF-SiO₂ disiapkan dengan cara melarutkan PVDF dalam DMAc dengan konsentrasi optimum, dan menambahkan SiO₂ dengan variasi (5%, 10% dan 15%) (b/b). Campuran diaduk sampai homogen dan berbentuk gel untuk menghilangkan gelembung, kemudian larutan dicetak pada plat kaca dan dimasukkan kedalam bak koagulan yang berisi aquades dan dikeringkan.

2. Karakterisasi Membran

a. Karakterisasi Membran PVDF dan Membran PVDF-SiO₂ dengan FTIR (*Fourier Transform Infra Red*)

Karakterisasi FTIR digunakan untuk menentukan gugus fungsi dari hasil membran PVDF dan membran PVDF-SiO₂. Sampel PVDF dan PVDF-SiO₂ dipotong dengan ukuran 1x1cm. Sampel direkam dengan resolusi 1cm⁻¹ dengan rentang bilangan dari 400 hingga 4000 cm⁻¹ (Mumtahana, 2019).

b. Uji Kuat Tarik

Uji kuat Tarik dilakukan untuk mengetahui besar tegangan dan tegangan pada membran. Dipotong membran dengan ukuran 5 x 0,5 cm. Membran PVDF dan membran PVDF-SiO₂ dijepit pada alat autograp, ditarik dengan alat hingga sampel terputus. Saat sampel tepat putus, monitor uji tarik akan menampilkan perubahan panjang dan nilai besarnya beban yang dibutuhkan untuk memutus membran. Untuk menghitung nilai tegangan menggunakan rumus :

$$\sigma = \frac{F}{A} \dots\dots\dots (III.1)$$

σ adalah tegangan (N/m^2), F adalah gaya (N), dan A adalah luas penampang (m^2). Sedangkan untuk menghitung regangan, digunakan rumus :

$$\varepsilon = \frac{\Delta L}{l_0} \dots\dots\dots (III.2)$$

ε adalah regangan, ΔL adalah perubahan panjang (m), dan l_0 adalah panjang awal (m).

Untuk menghitung *modulus Young* digunakan rumus :

$$E = \frac{\sigma}{\varepsilon} \dots\dots\dots (III.3)$$

E adalah nilai *Modulus Young* (MPa), ε adalah regangan dan σ adalah tegangan.

c. Uji Sudut Kontak

Uji sudut kontak dilakukan untuk mengetahui sifat permukaan bahan hidrofobik atau hidrofilik. Sebelum melakukan uji sudut kontak, sampel PVDF dan PVDF-SiO₂ dipotong dengan ukuran 2x2 cm, kemudian ditetaskan air, diambil gambar menggunakan alat sudut kontak. Hasil pengujian sudut kontak didapatkan berupa data besaran sudut dari setiap masing-masing sampel (Prasetyo, 2013).

d. Karakterisasi Membran PVDF dan Membran PVDF-SiO₂ dengan SEM-EDX (*Scanning Electron Microscope-Energy Dispersive X-Ray*)

SEM digunakan untuk menentukan penampang lintang pada membran yang dianalisis menggunakan *mikroskop elektron scanning*. Sebelum melakukan uji SEM, sampel membran yang sudah kering direndam dengan nitrogen cair selama beberapa detik hingga mengeras. Sampel yang sudah mengeras kemudian dipatahkan menggunakan pinset pada kedua sisinya dan dilapisi dengan platina murni (*sputtering*) yang berfungsi sebagai konduktor. Sampel diamati di bawah SEM dengan perbesaran tertentu (Kusworo dkk, 2019).

3. Uji Filtrasi Membran

a. Analisis Permeabilitas dan Rejeksi

Membran PVDF dan membran PVDF-SiO₂ dipotong sesuai ukuran sel filtrasi membran dan kertas saring, kemudian kertas saring dan membran dimasukkan kedalam alat filtrasi, dimasukkan limbah sintetik Pb(NO₃)₂ pada bak sampel limbah dan ditutup rapat, Alat filtrasi dapat dilihat pada Gambar 3.1



Gambar 3. 1 Alat Filtrasi

Membran kemudian diiberi tekanan sampai larutan menembus selama 30 menit. Diukur nilai fluks membran dan koefisien rejeksi dengan mengukur konsentrasi limbah sebelum dan setelah melewati membran. Untuk mendapatkan nilai fluks menggunakan persamaan

$$J = \frac{V}{A \cdot t} \dots\dots\dots (III.5)$$

J adalah Fluks ($L/m^2 \cdot jam$), V adalah volume permeat (mL), A adalah luas permukaan membran (m^2), dan t adalah waktu (jam). Sedangkan untuk menentukan koefisien rejeksi menggunakan persamaan :

$$R (\%) = \left(1 - \frac{C_p}{C_f} \right) \times 100 \dots\dots\dots (III.6)$$

R adalah nilai rejeksi (%), C_p adalah konsentrasi zat terlarut dalam permeat, dan C_f adalah konsentrasi zat terlarut dalam umpan.

4. Pengukuran Kadar Pb^{2+}

a. Pembuatan Larutan Baku Pb^{2+} 1000 ppm

Ditimbang 0,16 gram $Pb(NO_3)_2$ dimasukkan ke dalam labu ukur 100 mL, kemudian ditambahkan dengan aquades hingga tanda batas dan dihomogenkan.

b. Pembuatan Larutan 10 ppm

Dipipet 10 mL larutan baku timbal (Pb^{2+}) 1000 ppm dimasukkan dalam labu ukur 1000 mL, kemudian diencerkan dengan akuades sampai tanda batas (Saragih, 2020).

c. Pembuatan Kurva Kalibrasi

Sebanyak 50 mL larutan seri standar Pb 0,00 0,25; 0,50; 1,00; 2,00 dan 4,00 mg/L diukur absorbansinya dengan alat AAS. Kemudian dibuat kurva kalibrasi absorbansi dan konsentrasi sehingga diperoleh persamaan garis lurus $y=ax+b$ (Saragih, 2020).

d. Pengukuran timbal Pb^{2+}

Sampel limbah yang difiltrasi kemudian diuji AAS. Dihitung absorbansi yang dihasilkan menggunakan persamaan garis lurus $y=ax+b$ sehingga didapatkan kadar ion logam Pb^{2+} .

BAB IV

PEMBAHASAN

Bab ini akan dibahas mengenai pembuatan dan karakterisasi membran PVDF dan PVDF-SiO₂. Membran yang telah dibuat kemudian dikarakterisasi kuat tarik (*tensile strength*), sudut kontak (*contact angel*), fluks dan persen rejeksinya. FTIR (*Fourier Transform Infrared*), untuk mengetahui gugus fungsi pada membran dan SEM-EDX (*Scanning Electron Microscope-Energy Dispersive X-Ray*) untuk mengetahui penampang lintang (*Cross section*) dan komponen unsur apa saja yang terdapat pada membran.

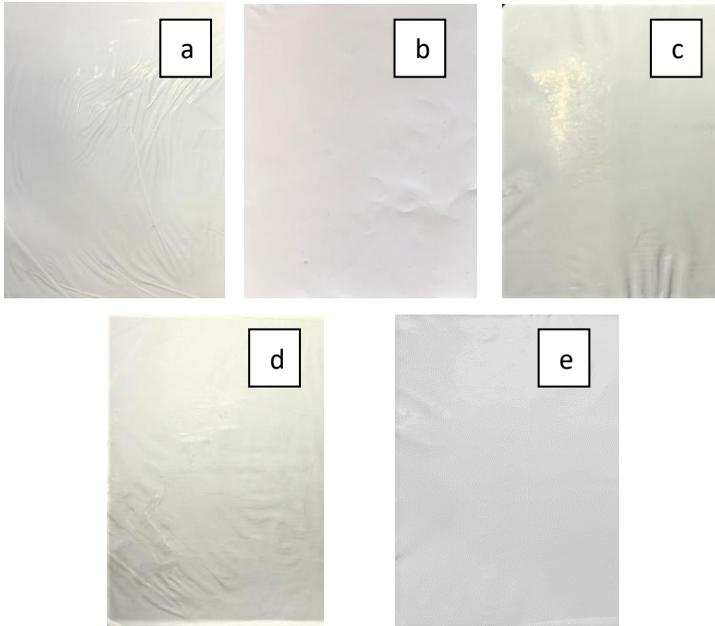
A. Pembuatan membran

Membran merupakan salah satu alternatif yang paling mudah digunakan untuk pengolahan limbah . Membran PVDF merupakan salah satu bahan yang paling banyak diterapkan untuk pengolahan limbah karena memiliki stabilitas termal dan hidrolitik yang kuat, serta memiliki sifat mekanik yang baik. Pada penelitian ini, dilakukan penelitian pembuatan membran PVDF menggunakan polimer *Polyvinylidene Flouride* (PVDF) serbuk sebagai bahan utama yang dilarutkan dengan pelarut Dimetilasetamida (DMAc). Penelitian dilakukan di Laboratorium Kimia Dasar UIN Walisongo Semarang.

Pada tahap pembuatan membran dilakukan secara dua tahap, yaitu pembuatan membran. PVDF dan PVDF-SiO₂.

1. Membran PVDF

Proses pembuatan membran PVDF diawali dengan membuat variasi konsentrasi 16%, 18%, 20%, 22%, dan 24% dengan polimer PVDF sebagai bahan utama dan larutan DMAc sebagai pelarut. Kemudian larutan diaduk menggunakan *magnetic stirrer* hingga larutan homogen. Larutan yang sudah homogen didiamkan hingga gelembung pada larutan menghilang. Sebelum larutan dicetak, plat kaca dibersihkan menggunakan aseton. Hal ini dilakukan untuk mempercepat proses reaksi pada membran. Membran dicetak menggunakan metode inversi fasa (*wet phase inversion*). Metode ini dilakukan dengan cara mencetak membran pada plat kaca kemudian diratakan dengan batang pengaduk. Membran yang sudah dicetak pada plat kaca dimasukkan kedalam bak koagulasi sampai membran lepas dari plat kaca. Setelah membran lepas dari plat kaca, diangkat membran hingga membran mengering.



Gambar 4. 1 (a) PVDF 16%, (b) PVDF 18% (c) PVDF 20%
(d) PVDF 22% (e) PVDF 24%

Gambar 4.1 dapat dilihat variasi membran PVDF dengan konsentrasi 16%, 18%, 20%, 22%, dan 24%. Membran PVDF 16% memiliki tekstur yang lebih tipis dan masih terlihat banyak kerutan dibandingkan dengan konsentrasi yang lain, hal ini dikarenakan semakin tinggi konsentasi maka hasil membran juga semakin tebal. Pada membran PVDF 18% sedikit lebih tebal dan tingkat kerutan semakin berkurang dibandingkan dengan PVDF 16%. Membran PVDF 20% menghasilkan membran yang cukup baik,

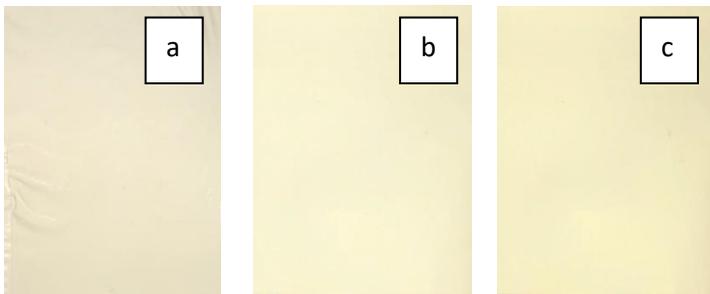
karena jumlah gelembung semakin berkurang, dibandingkan dengan konsentrasi sebelumnya, namun masih terlihat beberapa kerutan pada membran. Pada membran PVDF 22% juga gelembung semakin berkurang dan tingkat kerutan semakin berkurang dibandingkan dengan konsentrasi sebelumnya. Pada membran PVDF 24% jika dilihat adalah membran yang paling baik karena membran yang dihasilkan lebih tebal, tingkat kerutan berkurang, dan gelembung mulai menghilang. Namun untuk membuktikan membran yang paling baik dilakukan uji kuat tarik. Uji kuat tarik pada membran PVDF dilakukan untuk mengetahui sifat mekanik pada membran. Hasil uji kuat tarik membran PVDF didapatkan bahwa membran PVDF 18% memiliki sifat mekanik yang paling baik. Setelah didapatkan membran PVDF yang paling baik, dilakukan langkah selanjutnya dengan mencampurkan membran PVDF dengan silika.

2. Membran PVDF-SiO₂

Setelah didapatkan membran PVDF yang paling baik dengan melakukan uji kuat tarik, langkah selanjutnya yaitu mencampurkan membran PVDF dengan silika. Hal ini dilakukan karena PVDF memiliki kelemahan yang bersifat hidrofobik,

sehingga mengakibatkan pembusukan membran dan mudah terjadi *fouling*. Maka dari itu dilakukan pengujian dengan mencampurkan PVDF dengan silika untuk meningkatkan kinerja pada membran.

Langkah yang sama juga dilakukan untuk pembuatan membran PVDF-SiO₂. Membran PVDF-SiO₂ dibuat dengan variasi 5%, 10%, 15% (b/b). Setelah didapatkan membran dengan variasi yang berbeda, dilakukan uji kuat tarik untuk mengetahui membran mana yang sifat mekaniknya paling baik. Untuk hasil membran PVDF-SiO₂ dapat dilihat pada Gambar 4.2.



Gambar 4. 2 Membran (a) PVDF-SiO₂ 5% (b) PVDF-SiO₂ 10% (c) PVDF-SiO₂ 15%

Membran PVDF-SiO₂ memiliki warna yang lebih kuning dibandingkan dengan membran PVDF. Terjadinya perubahan warna karena adanya campuran dari nanopartikel silika. Ketiga variasi tersebut

menunjukkan bahwa semakin bertambah konsentrasi maka warna yang dihasilkan membran juga semakin kuning dan tingkat kerutan pada membran PVDF-SiO₂ lebih sedikit dibandingkan dengan membran PVDF. Langkah selanjutnya yaitu perlu dilakukannya uji kuat tarik untuk mengetahui membran yang memiliki sifat mekanik terbaik.

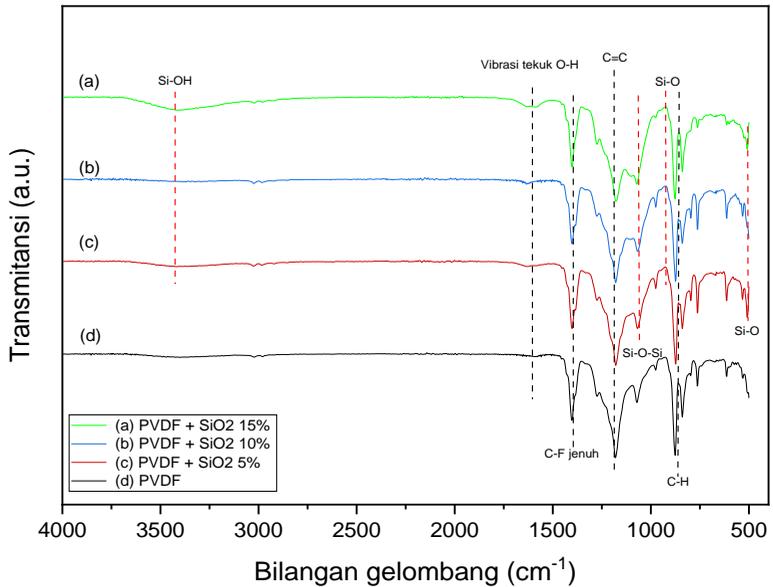
B. Karakterisasi Membran

Penelitian ini dilakukan karakterisasi pada membran yang meliputi, uji kuat tarik untuk mengetahui kekuatan mekanik membran, uji sudut kontak untuk mengetahui sifat membran hidrofobik atau hidrofilik, mengetahui gugus fungsi yang terdapat pada membran dengan FTIR, mengetahui nilai fluks dan rejeksi dengan uji filtrasi, dan mengetahui permukaan membran dan komponen unsur dengan SEM-EDX.

1. Karakterisasi gugus fungsi membran menggunakan FTIR

Analisis menggunakan FTIR digunakan untuk memberikan informasi berupa gugus fungsi yang terdapat pada membran PVDF dan PVDF-SiO₂. Karakterisasi FTIR menggunakan *instrumen Fourier Transform Infra-red (FTIR) (Bruker)* yang dilakukan di Laboratorium Fisika UIN Walisongo Semarang.

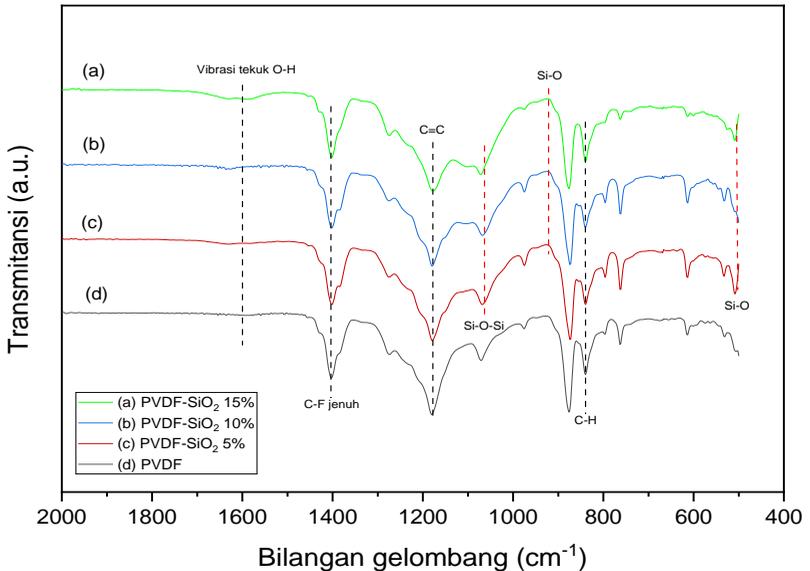
Langkah pertama yang dilakukan yaitu dipotong sampel dengan ukuran 1 cm x 1 cm, kemudian sampel dimasukkan kedalam alat FTIR dan dilakukan pengujian. Hasil yang didapatkan kemudian akan dibaca di dalam komputer.



Gambar 4. 3 Spektrum FTIR bilangan gelombang 4000 - 400 cm^{-1} membran (a) PVDF SiO₂ 15%, (b) PVDF SiO₂ 10%, (c) PVDF SiO₂ 5%, (d) PVDF

Hasil karakterisasi membran PVDF dan PVDF-SiO₂ menggunakan FTIR dapat dilihat pada gambar 4.3. Spektrum dicatat dari bilangan gelombang 4000 - 400 cm^{-1} .

Data hasil pengujian FTIR gabungan membran yang ditunjukkan pada Gambar 4.3 dapat diketahui bahwa penambahan silika pada membran PVDF sudah berhasil.



Gambar 4. 4 Spektrum FTIR bilangan gelombang 2000 - 400 cm^{-1} membran (a) PVDF SiO₂ 15%, (b) PVDF SiO₂ 10%, (c) PVDF SiO₂ 5%, (d) PVDF

Gambar 4.4 dengan bilangan gelombang 2000 - 400 cm^{-1} dapat dilihat bahwa jenis serapan dari silika sudah terbentuk pada membran PVDF-SiO₂. Hal ini dapat disimpulkan bahwa penambahan silika telah berhasil tercampur pada membran PVDF-SiO₂.

Hasil analisis jenis serapan yang lebih rinci dapat dilihat pada Tabel 4.1

Tabel 4. 1 Analisis Spektrum membran PVDF dan PVDF-SiO₂.

Jenis Serapan	Bilangan gelombang membran (cm ⁻¹)			
	PVDF	PVDF-SiO ₂		
		5%	10%	15%
Si-O	-	496.5174	497.8441	497.1807
C-H	844.029	855.9701	855.9701	855.2238
Si-O	-	917.16417	923.13432	923.13432
Si-O-Si	-	1062.6865	1062.6865	1062.6865
C=C	1185.8209	1185.8209	1187.3134	1186.5671
C-F jenuh	1392.5373	1394.0298	1394.0298	1394.0298
Vibrasi tekuk O-H	1600.7462	1600	1600	1608.9552
Si-OH	-	3422.3880	3421.6417	3421.6417

Tabel 4.1 menunjukkan adanya serapan C-H pada bilangan gelombang 844.029 cm⁻¹, 855.9701 cm⁻¹, 855.2238 cm⁻¹. Serapan C=C pada bilangan gelombang 1185.8209 cm⁻¹, 1185.8209 cm⁻¹, 1187.3134 cm⁻¹, 1186.5671. Serapan C-F jenuh pada bilangan gelombang 1392.5373 cm⁻¹, 1394.0298 cm⁻¹.

Serapan Vibrasi tekuk O-H pada bilangan gelombang 1600.7462 cm^{-1} , 1600 cm^{-1} , 1608.9552 cm^{-1} . Jenis serapan tersebut menunjukkan bahwa PVDF telah berhasil di karakterisasi.

Penambahan silika telah berhasil dilakukan pada membran PVDF. Hal ini dapat dilihat adanya serapan Si-OH, Si-O-Si, dan Si. Bilangan gelombang 3422.3880 cm^{-1} , 3421.6417 cm^{-1} pada gugus fungsi Si-OH menunjukkan adanya vibrasi ulur gugus hidroksil (O-H) yang berikat dengan Si membentuk ikatan silanol (Si-OH). Munculnya gugus Si-OH membuktikan bahwa adanya serapan pada membran. Hal ini juga dapat dilihat dengan munculnya puncak serapan pada bilangan gelombang 1600.7462 cm^{-1} , 1600 cm^{-1} , dan 1608.9552 cm^{-1} yang menunjukkan vibrasi tekuk O-H.

Bilangan gelombang 1062.6865 cm^{-1} mengidentifikasi bahwa munculnya puncak serapan dari vibrasi ulur gugus siloksan (Si-O-Si). Hal ini juga diperkuat dengan adanya puncak serapan pada bilangan gelombang 917.16417 cm^{-1} , 923.13432 cm^{-1} yang menunjukkan adanya vibrasi ulur siloksi (Si-O) dan pada bilangan gelombang 496.5174 cm^{-1} ,

497.8441 cm^{-1} , 497.1807 cm^{-1} yang menunjukkan vibrasi tekuk siloksi (Si-O) (Ardaniswari, *et al.*, 2020).

2. Uji Kuat Tarik

Uji kuat tarik dilakukan untuk mengetahui elastisitas dan ketahanan tarik dari membran PVDF dan PVDF-SiO₂. Uji kuat tarik dilakukan untuk mengetahui besar tegangan dan regangan hingga mencapai tarikan maksimum pada membran PVDF dan PVDF-SiO₂.

Pengukuran sifat mekanik dilakukan untuk mengetahui kekuatan membran. Uji kuat tarik bertujuan untuk mengukur gaya yang dibutuhkan untuk membuat membran PVDF dan PVDF-SiO₂ terputus. Uji kuat tarik perlu dilakukan untuk mengetahui bagaimana kekuatan dari membran terhadap gaya yang berasal dari luar yang dapat merusak membran, semakin rapat struktur membran maka jarak antar molekul membran semakin rapat sehingga menghasilkan membran yang memiliki kekuatan tarik yang kuat.

Sifat kekuatan mekanik pada membran dapat diketahui dengan menggunakan perhitungan *modulus young*, yaitu dengan menghitung perbandingan tegangan terhadap regangan dengan persamaan III.3.

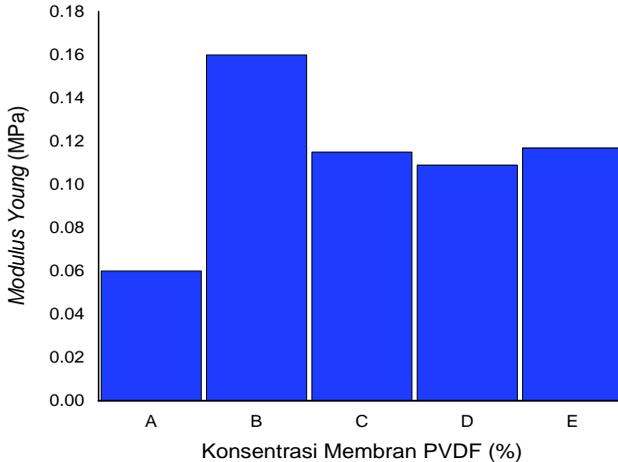
Data hasil uji kuat tarik, elongasi, dan *modulus young* pada membran PVDF dapat dilihat pada tabel 4.2.

Tabel 4. 2 Nilai Kuat Tarik, Elongasi, dan *Modulus Young* Membran PVDF

No	Nama Sampel	Kuat Tarik (MPa)	Elongasi (%)	<i>Modulus Young</i> (MPa)
1.	PVDF 16%	1,76	26,7	0,06
2.	PVDF 18%	3,85	24,7	0,16
3.	PVDF 20%	3,93	34,0	0,115
4.	PVDF 22%	4,18	38,3	0,109
5.	PVDF 24%	5,29	45,0	0,117

Tabel 4.2 menunjukkan bahwa semakin banyak penambahan komposisi PVDF maka semakin besar nilai kuat tariknya. Berdasarkan tabel tersebut, hasil kuat tarik yang besar terdapat pada membran PVDF dengan konsentrasi 24%. Dari data yang didapatkan, nilai *modulus young* terbaik terdapat pada PVDF 18%. Hal ini sesuai dengan penelitian Suryandari (2019) bahwa semakin besar nilai *modulus young*, maka semakin baik sifat mekanik pada membran. Hasil analisis sifat mekanik pada membran PVDF dapat dilihat pada Gambar 4.5. dengan A adalah PVDF 16%,

B adalah PVDF 18%, B adalah PVDF 20%, D adalah PVDF 22%, dan E adalah PVDF 24%.



Gambar 4. 5 Nilai *Modulus Young* Membran PVDF pada berbagai konsentrasi

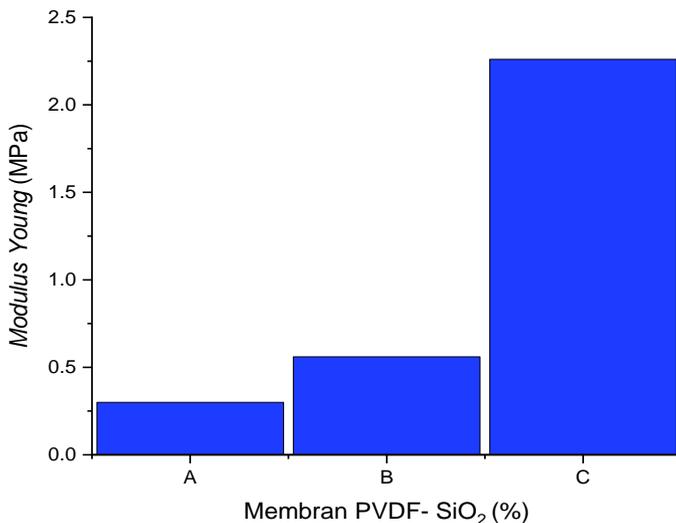
Gambar 4.5 menunjukkan bahwa nilai *modulus young* PVDF paling baik terdapat pada membran PVDF dengan konsentrasi 18%. Setelah didapatkan nilai *modulus young* PVDF yang terbaik, dilakukan pembuatan membran PVDF-SiO₂ dengan variasi penambahan SiO₂ 5%, 10%, dan 15% (b/b). Untuk mendapatkan hasil membran yang terbaik dilakukan uji kuat tarik pada membran PVDF-SiO₂. Hasil analisis

kuat tarik membran PVDF-SiO₂ dapat dilihat pada Tabel 4.3.

Tabel 4.3 Hasil Kuat Tarik, Elongasi, *Modulus Young* Membran PVDF-SiO₂

No	Nama Sampel	Kuat Tarik (MPa)	Elongasi (%)	Modulus Young (MPa)
1.	PVDF-SiO ₂ 5%	3,52	11,7	0,30
2.	PVDF-SiO ₂ 10%	2,45	4,3	0,56
3.	PVDF-SiO ₂ 15%	4,53	2.0	2,26

Tabel 4.3 menunjukkan bahwa nilai kuat tarik paling besar terdapat pada membran PVDF-SiO₂ dengan konsentrasi 15%. Hal ini dapat disimpulkan bahwa semakin banyak penambahan silika maka nilai kuat tariknya semakin besar. Untuk menentukan sifat mekanik pada membran dapat dinyatakan dalam *modulus young* dengan menggunakan persamaan III.3. Dari data yang didapatkan, nilai *modulus young* terbaik terdapat pada membran PVDF-SiO₂ 15%. Hasil analisis nilai *modulus young* dapat dilihat pada Gambar 4.6 dengan A adalah PVDF-SiO₂ 5%, B adalah PVDF-SiO₂ 10%, dan C adalah PVDF-SiO₂ 15%



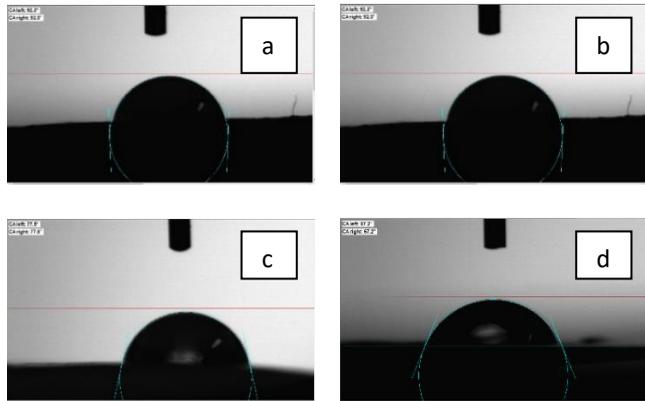
Gambar 4. 6 Pengaruh penambahan variasi SiO₂ terhadap *modulus young* membran PVDF

Gambar 4.6 menunjukkan bahwa semakin tinggi konsentrasi penambahan SiO₂ maka semakin besar nilai kuat tariknya. Selain nilai kuat tarik, nilai elongasi yang lebih kecil juga mempengaruhi sifat mekanik pada membran, sehingga nilai *modulus young* juga semakin besar. Hal ini terjadi karena rantai polimer telah berhasil mengikat senyawa organik dari silika, sehingga gaya antar molekul semakin besar. Hal ini sesuai dengan teori bahwa untuk menentukan sifat mekanik membran yang baik yaitu membran yang

memiliki kuat tarik yang besar, dan nilai elongasi yang kecil (Rohmah, 2021).

3. Analisis Uji Sudut Kontak

Uji sudut kontak merupakan salah satu karakterisasi untuk mengetahui sifat hidrofobik atau hidrofilik pada membran dengan mengukur sudut kontak yang terbentuk dari air saat berinteraksi pada permukaan membran. Pengujian sudut kontak (*Contact Angle*) air dilakukan untuk mengetahui sifat keterbasahan permukaan membran. Langkah yang dilakukan pada pengujian ini adalah dengan meneteskan air bervolume ke atas permukaan membran. Tetesan air yang mengenai permukaan membran difoto dengan menggunakan kamera atau direkam dalam bentuk video. Foto ini kemudian dianalisis dan diukur sudut kontak airnya. Sudut kontak merupakan sudut yang dibentuk antara bidang permukaan membran dan bidang droplet air. Dari sudut ini dapat ditentukan sifat keterbasahan suatu membran. Analisis sifat keterbasahan membran dilakukan pada membran PVDF, PVDF-SiO₂ 5%, PVDF-SiO₂ 10%, dan PVDF-SiO₂ 15%. Hasil analisis sudut kontak dapat dilihat pada Gambar 4.7.



Gambar 4. 7 Gambar sudut kontak membran (a) PVDF, (b) PVDF-SiO₂ 5%, (c) PVDF-SiO₂ 10%, (d) PVDF-SiO₂ 15%.

Gambar 4.7 dapat dilihat bahwa penambahan silika berpengaruh pada sifat hidrofilisitasnya. Hal ini dapat dibuktikan bahwa derajat setiap membran semakin lama semakin menurun. Untuk hasil analisis sudut kontak membran PVDF dan PVDF-SiO₂ yang lebih jelas dapat dilihat pada Tabel 4.4.

Tabel 4. 4 Hasil Uji sudut kontak membran

Membran	Sudut Kontak (°)
PVDF	95,9
PVDF-SiO ₂ 5%	92,3
PVDF-SiO ₂ 10%	77,5
PVDF-SiO ₂ 15%	67,2

Tabel 4.4 menunjukkan terjadinya penurunan nilai sudut kontak seiring dengan bertambahnya silika yang ditambahkan pada membran. Hal ini dapat disimpulkan bahwa semakin banyak penambahan silika maka semakin besar pori-pori permukaan pada membran, sehingga sudut kontak yang dihasilkan akan semakin rendah karena daya serap yang semakin tinggi. Berdasarkan Tabel 4.4 dapat dilihat bahwa penelitian yang dilakukan sesuai dengan teori yaitu, jika sudut kontak kecil ($<90^\circ$) menunjukkan tingginya keterbasahan (membran bersifat hidrofilik), sedangkan sudut kontak besar ($>90^\circ$) menunjukkan tingkat keterbasahan yang rendah (bersifat hidrofobik) (Suryandari, 2020).

Berdasarkan penjelasan Agustina, etc (2019) bahwa PVDF merupakan salah satu polimer yang digunakan sebagai bahan dasar pembuatan membran. Namun PVDF bersifat hidrofobik, sehingga menyebabkan penurunan permeabilitas karena terjadi pengendapan partikel pada permukaan membran yang mengakibatkan terjadinya *fouling*, sehingga membran menjadi mudah rusak. Maka dari itu perlu adanya penambahan nano partikel pada membran, salah satunya yaitu silika yang bertujuan

untuk meningkatkan atau memodifikasi sifat – sifat mekanik serta memperbaiki karakteristik membran yang semula bersifat hidrofobik menjadi hidrofilik.

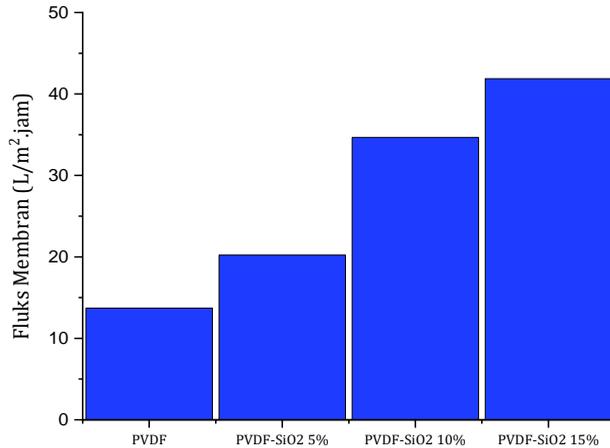
4. Uji Fluks Membran PVDF dan PVDF-SiO₂

Salah satu cara untuk mengetahui kinerja pemisahan membran adalah dengan melakukan uji fluks pada membran. Menurut Azzahra (2021), fluks adalah ukuran kecepatan suatu spesi melewati membran persatuan luas dan waktu dengan gradien tekanan sebagai gaya pendorong. Langkah yang dilakukan pada uji fluks ini yaitu membran dipotong sesuai ukuran sel filtrasi. Kemudian larutan umpan dialirkan ke filtrasi membran pada tekanan tertentu. Uji fluks dilakukan secara *cross flow filtration* selama 30 menit. Nilai fluks dihitung dengan menggunakan persamaan III.5. Hasil perhitungan nilai fluks dapat dilihat pada Tabel 4.5.

Tabel 4. 5 Hasil uji filtrasi membran PVDF dan PVDF SiO₂

Membran	Volume Sampel (L)	Fluks membran (L/m².jam)
PVDF	0,0095	13,721
PVDF-SiO ₂ 5%	0,014	20,220
PVDF-SiO ₂ 10%	0,024	34,664
PVDF-SiO ₂ 15%	0,029	41,886

Tabel 4.5 hasil uji filtrasi dengan membran PVDF dan PVDF-SiO₂ dapat dilihat bahwa hasil fluks pada membran PVDF sebesar 13,721 L/m².jam, membran PVDF-SiO₂ 5% sebesar 20,220 L/m².jam, membran PVDF-SiO₂ 10% 34,664 L/m².jam dan membran PVDF-SiO₂ 15% memiliki nilai fluks paling besar dengan hasil 41,886 L/m².jam. Hasil fluks pada Tabel 4.5 dapat digambarkan pada grafik yang tertera pada Gambar 4.9.



Gambar 4. 8 Hasil uji filtrasi membran PVDF dan PVDF-SiO₂

Tabel 4.5 dan Gambar 4.8 menjelaskan bahwa semakin banyak penambahan silika pada membran, maka semakin tinggi juga nilai fluksnya. Dapat disimpulkan juga bahwa nilai fluks membran PVDF-SiO₂ lebih tinggi daripada membran PVDF. Hal ini disebabkan karena dengan penambahan silika dapat meningkatkan sifat hidrofilisitas pada membran, sehingga pori-pori pada membran juga semakin besar. Semakin tinggi nilai fluks membran maka semakin banyak juga volume permeat yang dapat melewati membran. Faktor yang mempengaruhi nilai fluks yang lebih tinggi juga dilihat dari jumlah dan

ukuran pori, interaksi antara membran dan larutan membran, viskositas larutan dan tekanan dari luar.

Menurut Rohmah (2021), dari data nilai fluks yang diperoleh dapat diketahui bahwa membran PVDF dan PVDF-SiO₂ tergolong dalam membran ultrafiltrasi yang memiliki kisaran fluks antara 10 - 50 L/m².jam.

5. Pengukuran Kadar Pb²⁺

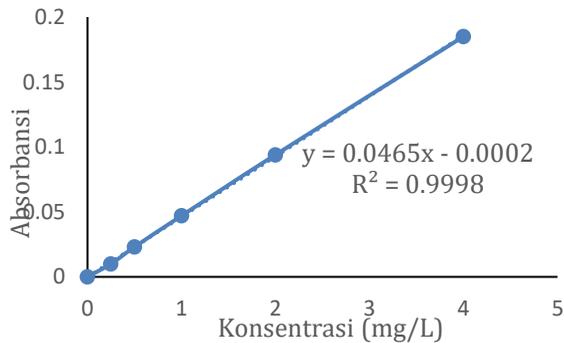
a. Penentuan Kurva Standar

Pembuatan standar timbal dibuat dari larutan induk Pb(NO₃)₂ dengan variasi konsentrasi larutan timbal sebesar 0,0 mg/L; 0,25 mg/L; 0,50 mg/L; 1 mg/L; 2 mg/L; dan 4 mg/L. Larutan induk Pb(NO₃)₂ kemudian digunakan untuk analisis kadar ion logam Pb²⁺ menggunakan alat uji *Atomic Absorption Spektrofotometer* (AAS) (*Thermo Scientific iCE 3000 AA05194702*) di Laboratorium Riset UIN Walisongo Semarang. Hasil absorbansi uji AAS larutan standar dapat dilihat pada tabel 4.6

Tabel 4. 6 Nilai Larutan Standar Timbal

Konsentrasi Standar (mg/L)	Adsorbansi
0	0
0,25	0,010
0,50	0,023
1,00	0,047
2,00	0,094
4,00	0,185

Tabel 4.6 didapatkan hasil analisis grafik yang tertera pada Gambar 4.10



Gambar 4. 9 Kurva kalibrasi larutan standar

Gambar 4.9 didapatkan bahwa nilai $y = 0,0465x - 0,0002$ dan nilai R^2 sebesar 0,9998. Jika nilai korelasi mendekati 1, maka dapat dikatakan

bahwa hasil dari larutan standar telah memenuhi syarat sehingga dapat digunakan sebagai acuan penentuan konsentrasi kadar timbal yang akan di analisis.

Dilakukan uji filtrasi menggunakan sampel limbah sintetik $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ dengan kadar sebesar 10 mg/L untuk mengetahui apakah membran PVDF- SiO_2 dapat mengurangi kadar dari limbah tersebut.

Proses filtrasi limbah $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ dilakukan dengan alat filtrasi dengan cara mengalirkan limbah $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ melewati membran yang telah dipotong sesuai alat set filtrasi menggunakan metode *cross flow filtration*. Sampel limbah $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ yang sudah berhasil melewati membran kemudian di tampung pada gelas kimia. Sampel limbah $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ setelah filtrasi kemudian dilakukan uji AAS untuk mengetahui kadar limbah $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$. Untuk hasil kadar limbah $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ setelah proses filtrasi dapat dilihat pada Tabel 4.7

Tabel 4. 7 Kadar limbah sisa filtrasi ion logam Pb^{2+}

Membran	Absorbansi	Konsentrasi akhir (mg/L)
PVDF	0,025	0,54
PVDF-SiO ₂ 5%	0,011	0,24
PVDF-SiO ₂ 10%	0,004	0,09
PVDF-SiO ₂ 15%	0,001	0,02

Tabel 4.7 dapat dilihat bahwa kadar limbah sisa filtrasi ion logam Pb^{2+} semakin menurun dengan bertambahnya konsentrasi pada membran PVDF-SiO₂. Hal ini dapat terjadi karena penambahan silika pada membran PVDF-SiO₂ dapat menahan ion logam Pb^{2+} di permukaan membran, sehingga permeat hasil filtrasi kadarnya semakin berkurang. Berdasarkan Tabel 4.7 juga dapat dilihat bahwa proses filtrasi menggunakan membran PVDF-SiO₂ 10% dan PVDF-SiO₂ 15% menghasilkan kadar sebesar 0,09 mg/L dan 0,02 mg/L.

b. Persen Rejeksi Membran

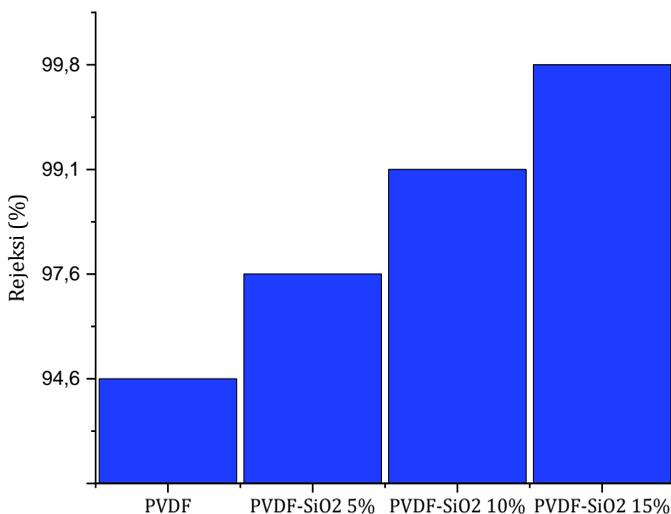
Untuk mengetahui kinerja membran juga dapat dilihat pada nilai rejeksi membran. Nilai rejeksi membran dapat diukur dengan melakukan

proses filtrasi. Perhitungan rejeksi dapat dilihat dari konsentrasi sampel setelah filtrasi dan konsentrasi sebelum filtrasi menggunakan persamaan III.6. Pengukuran rejeksi dari masing-masing membran dapat dilihat pada Tabel 4.8.

Tabel 4. 8 Hasil Rejeksi Membran PVDF dan PVDF-SiO₂

Membran	Konsentrasi awal (mg/L)	Konsentrasi Akhir (mg/L)	Rejeksi (%)
PVDF	10	0,54	94,6
PVDF-SiO ₂ 5%	10	0,24	97,6
PVDF-SiO ₂ 10%	10	0,09	99,1
PVDF-SiO ₂ 15%	10	0,02	99,8

Tabel 4.8 dapat dilihat bahwa pada membran PVDF-SiO₂ diperoleh nilai dengan hasil rejeksi 99,8%. Hal ini menunjukkan bahwa dengan adanya penambahan silika pada membran PVDF-SiO₂ sangat mempengaruhi nilai rejeksi. semakin banyak penambahan silika maka semakin selektif pula membran yang dihasilkan. Hal ini dapat dilihat adanya peningkatan rejeksi yang signifikan dari membran PVDF dengan hasil 94,6% dan PVDF-SiO₂ 15% dengan hasil rejeksi 99,8%.



Gambar 4. 10 Hasil rejeksi membran PVDF dan PVDF-SiO₂

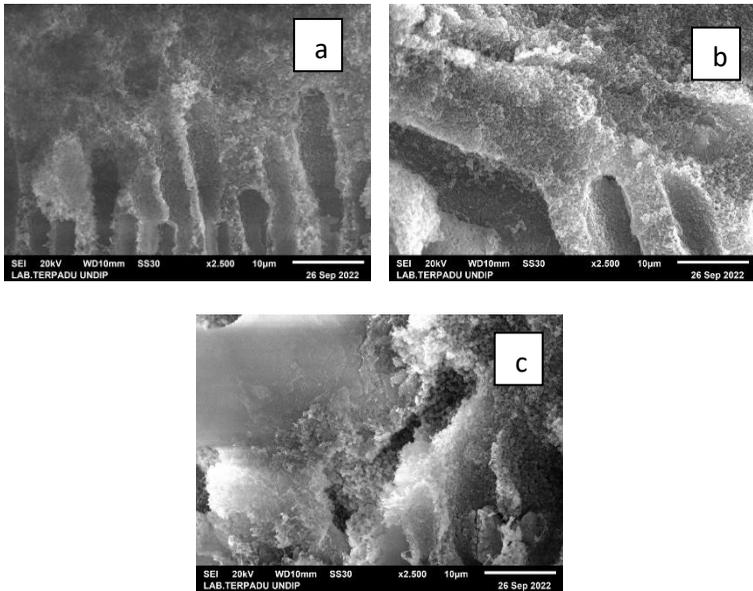
Gambar 4.10 dapat dilihat nilai persen rejeksi semakin meningkat. Hal ini menunjukkan bahwa semakin tinggi konsentrasi PVDF-SiO₂ maka semakin banyak ion logam Pb²⁺ yang tertahan pada membran karena pori-pori pada permukaan membran semakin besar, sehingga semakin banyak zat ion logam Pb²⁺ yang tertahan pada membran menutupi pori membran yang menyebabkan koefisien rejeksinya semakin tinggi. Semakin besar nilai koefisien rejeksi makan

semakin besar pula kemampuan membran untuk menyisihkan ion logam Pb^{2+} .

6. Karakterisasi Penampang Lintang (*Cross Section*) membran menggunakan SEM-EDX

Salah satu cara untuk mengetahui struktur membran adalah dengan karakterisasi membran menggunakan SEM. Pada penelitian ini, dilakukan analisis menggunakan *Scanning Electron Microscope-Energy Dispersive X-Ray* (SEM-EDX). Analisis SEM EDX bertujuan untuk mengetahui bagaimana struktur pori, geometri pori, dan positas permukaan yang terdapat pada membran, sedangkan EDX bertujuan untuk mengetahui komponen atom unsur apa saja yang terdapat pada membran.

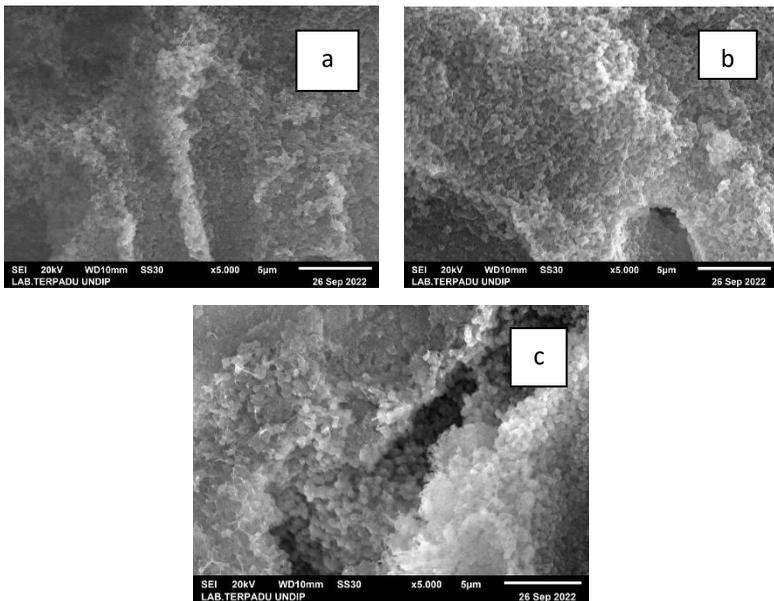
Penelitian ini dilakukan analisis SEM-EDX pada penampang lintang (*cross section*) dari membran PVDF dan PVDF-SiO₂. Analisis SEM dilakukan pada membran PVDF, PVDF-SiO₂ 5%, dan PVDF-SiO₂ 15%. Hasil karakterisasi SEM membran PVDF dan PVDF-SiO₂ dapat dilihat pada Gambar 4.11



Gambar 4. 11 Citra SEM 2500X pembesaran (a) PVDF, (b) PVDF-SiO₂ 5%, (c) PVDF-SiO₂ 15%

Gambar 4.11 dapat dilihat penampang lintang pada membran dengan pembesaran 2500X. Berdasarkan Gambar 4.11 dapat dilihat bahwa setiap membran baik PVDF maupun PVDF-SiO₂ sudah memiliki pori walaupun memiliki ukuran pori yang berbeda. Adanya perbedaan pori pada setiap membran karena pengaruh penambahan silika. Membran PVDF memiliki pori yang berbentuk seperti jari yang memanjang dan pori yang dihasilkan lebih rapat sehingga air yang menembus membran semakin sulit. Sedangkan membran PVDF-SiO₂ memiliki

struktur pori yang lebih besar daripada membran PVDF. Bentuk pori yang dihasilkan membran PVDF-SiO₂ juga berbeda daripada membran PVDF. Membran PVDF-SiO₂ memiliki bentuk pori seperti spons. Untuk hasil pori yang lebih jelas pada setiap membran dapat dilihat pada Gambar 4.12



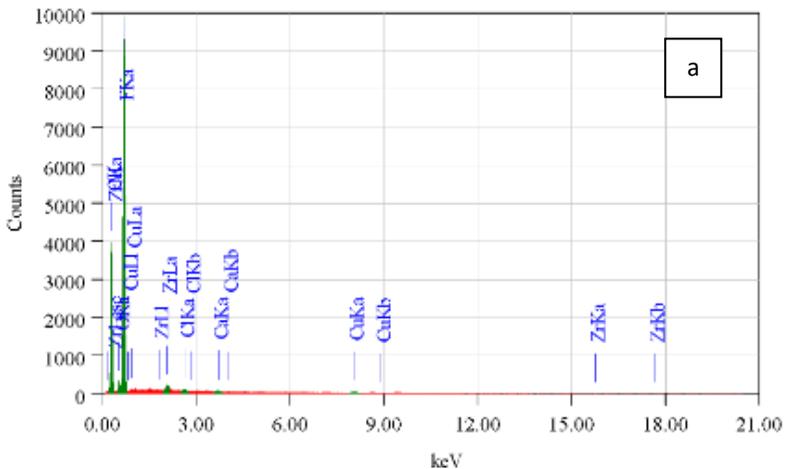
Gambar 4. 12 Citra SEM 5000X Pembesaran (a) PVDF, (b) PVDF-SiO₂ 5%, (c) PVDF-SiO₂ 15%

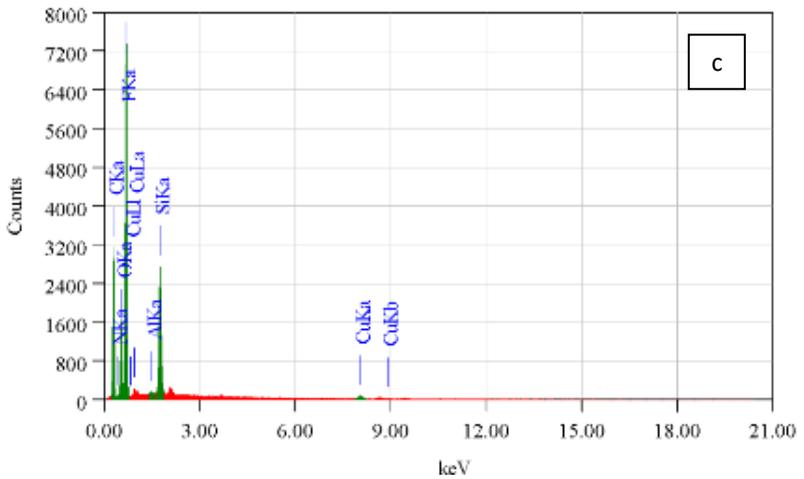
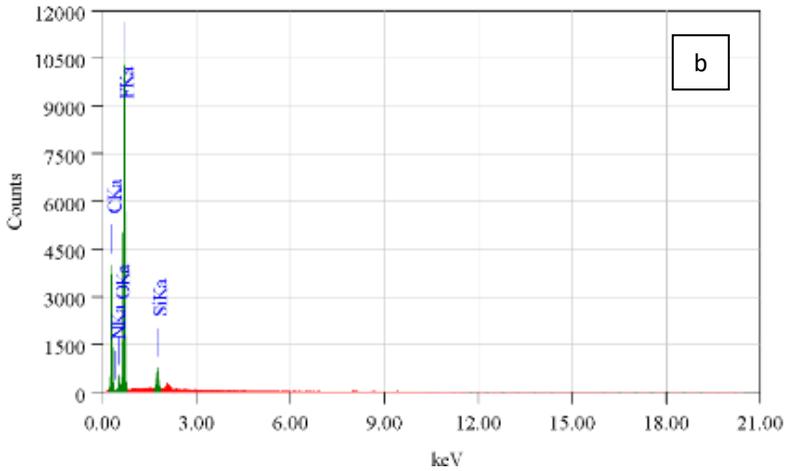
Gambar 4.12 dapat dilihat penampang lintang pada membran dengan pembesaran 5000X. Berdasarkan Gambar 4.12 dapat dilihat bahwa setiap membran baik PVDF maupun PVDF-SiO₂ memiliki pori

yang berbeda. Membran PVDF memiliki pori yang sangat rapat sehingga pada proses filtrasi menggunakan membran PVDF sangat sulit air untuk menembus membran. Membran PVDF-SiO₂ memiliki pori yang lebih besar daripada membran PVDF, namun membran PVDF-SiO₂ 15% memiliki pori paling besar, sehingga partikel yang melewati membran dapat tertahan pada pori membran. Hal ini sesuai dengan penelitian Agustina, et al (2019) yang menjelaskan bahwa penambahan nanopartikel pada membran berpengaruh pada struktur pori dari struktur seperti jari memanjang menjadi struktur seperti spons. Pada membran membran PVDF-SiO₂, pori yang dihasilkan PVDF-SiO₂ 15% lebih besar daripada membran PVDF-SiO₂ 5% .

Struktur pori yang lebih besar akan lebih baik untuk karakteristik hidrofilitas membran karena memiliki kemampuan untuk menahan partikel di dalam rongga porinya dan mencegah air menembus pori-pori membran dengan mudah. Penambahan silika sangat berpengaruh pada pori membran, semakin banyak silika yang ditambahkan maka semakin besar pori yang dihasilkan. Hal ini karena adanya interaksi antara silika dan polimer sehingga

membentuk pori. Untuk menentukan bahwa silika sudah tercampur dengan PVDF dapat dianalisis menggunakan EDX. Analisis EDX dilakukan untuk mengetahui komponen apakah unsur silika sudah tercampur dalam membran. Pada penelitian ini dilakukan karakterisasi menggunakan SEM-EDX untuk mengetahui komponen unsur pada membran PVDF dan PVDF-SiO₂ yang dapat dilihat pada Gambar 4.13.





Gambar 4. 13 Grafik EDX membran (a) PVDF, (b) PVDF-SiO₂ 5%, (c) PVDF-SiO₂ 15%

Gambar 4.13 menunjukkan bahwa penambahan silika telah berhasil dilakukan. Hal ini dapat dilihat pada grafik EDX membran PVDF-SiO₂ 5% dan 15%

bahwa unsur Si sudah terdeteksi. Pada grafik tersebut juga menunjukkan peningkatan unsur Si seiring dengan meningkatnya konsentrasi silika yang ditambahkan ke dalam membran. Untuk hasil analisis komponen unsur yang terdapat pada membran lebih jelasnya dapat dilihat pada Tabel 4.9.

Tabel 4. 9 Komponen unsur membran PVDF dan PVDF-SiO₂

Komponen unsur	PVDF		PVDF-SiO ₂ 5%		PVDF-SiO ₂ 15%	
	Massa (%)	Atom (%)	Massa (%)	Atom (%)	Massa (%)	Atom (%)
C	47,9	59,19	45,13	56,31	40,26	51,29
O	2,50	2,33	4,41	4,13	13,89	13,29
F	48,53	38,16	49,50	39,05	41,13	33,13
Si	-	-	0,95	0,51	3,74	2,04
Cl	0,10	0,04	-	-	-	-
Ca	0,07	0,03	-	-	-	-
Cu	0,60	0,14	-	-	-	-
Zr	0,61	0,10	-	-	-	-

Gambar 4.12 dan Tabel 4.9 dapat dilihat bahwa penambahan silika telah berhasil tercampur kedalam membran.. Pada membran PVDF-SiO₂ 5% terdapat unsur Si dengan massa 0,95% dan atom 0,51%, sedangkan pada membran PVDF-SiO₂ 15% memiliki unsur Si dengan massa 3,74% dan atom 2,04%. . Hal

ini dapat disimpulkan bahwa semakin banyak penambahan silika pada membran PVDF-SiO₂, maka semakin meningkat unsur Si dan O pada membran.

BAB V

PENUTUP

A. Simpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa :

1. Hasil karakterisasi FTIR membran PVDF dan PVDF-SiO₂ menunjukkan adanya puncak Si-OH pada bilangan gelombang 3421.6417 cm⁻¹, Si-O-Si pada bilangan gelombang 1062.6865 cm⁻¹, SiO pada bilangan gelombang 923.13432 cm⁻¹ dan 497.8441 cm⁻¹. Data SEM-EDX menunjukkan bahwa membran PVDF memiliki pori seperti jari kecil yang memanjang serta struktur yang lebih rapat, sedangkan PVDF-SiO₂ memiliki pori seperti spons dan ukuran pori lebih besar.
2. Membran PVDF dan PVDF-SiO₂ telah berhasil disintesis. Penambahan silika pada membran PVDF mampu meningkatkan sifat hidrofilisitas dari 95,9° menjadi 67,2°, meningkatkan nilai fluks sebesar 41,886 L/m².jam, dan persen rejeksi sebesar 99,8% pada membran.
3. Membran PVDF dengan penambahan silika mampu memfiltrasi ion logam Pb²⁺ dan mengurangi hasil kadar timbal dari 10 mg/L menjadi 0.09 mg/L pada

membran PVDF-SiO₂ 10% dan 0,02 mg/L pada membran PVDF-SiO₂ 15%.

B. Saran

1. Disarankan untuk penelitian selanjutnya melakukan lebih banyak variasi pada penambahan silika sehingga bisa mengetahui perbedaan yang signifikan.
2. Disarankan untuk penelitian selanjutnya melakukan karakterisasi yang lain untuk mengetahui perbedaan antara membran PVDF dan PVDF-SiO₂.

DAFTAR PUSTAKA

- Agustina, Yuliwati, E., & Mardwita, M. (2019). *Membran Komposit Polyvinylidene Fluoride/ Titanium Dioksida Untuk Pengolahan Limbah Cair Industri Kelapa Sawit. Jurnal Inovator*, 2(2), 1–6. <https://doi.org/10.37338/ji.v2i2.86>
- Amiyati, D. R., Indarti, D., & Muflihah, Y. M. (2017). *Pengaruh Variasi Waktu Penguapan Terhadap Kinerja Membran Selulosa Asetat pada Proses Ultrafiltrasi. Berkala Sainstek*, 5(1), 7. <https://doi.org/10.19184/bst.v5i1.5368>
- Anggara, T. S. B. (2016). *Pengaruh Media Gelatinasi (Perendaman) Air Terhadap Nilai Permeabilitas Polyethersulfone (Pes) Dengan Berat Molekul 5900. Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.*
- Ardaniswari, D. W., Josalina, J., Haritsah, H., & Sembiring, S. (2020). *Karakteristik Termal dan Fungsionalitas Komposit Silika Sekam Padi dengan Aspal. Jurnal Teori Dan Aplikasi Fisika*, 8(1), 101–110. <https://doi.org/10.23960/jtaf.v8i1.2450>
- Asih, R. (2018). *Pembuatan Membran Hibrid Dari Tanah Liat Dan TiO₂ Dengan Polimer Polivinil Alkohol Untuk Ultrafiltrasi Skripsi. Universitas Muhammadiyah Purwokerto.*
- Dewi, T. K., Riza, R. F., & Oktari, A. D. (2017). *Pembuatan Film Plastik Biodegradabel Dari Pati Umbi Keladi Liar. 10.*
- Erna Yuliwati, Sri Martini, A. M. (2021). *Teknologi Membran Ultrafiltrasi Untuk Pengelolaan Air Limbah Pencucian Industri Tekstil Eco-Print. 4(1), 35–42.*

- 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>
- Im, M., Clay, S., Aplikasi, U., Methanol, D., & Cell, F. (2011). *Membran Peek Silika / Clay Untuk Aplikasi Program Pascasarjana Universitas Diponegoro*. In Tesis.
- Indarti, D., & Sulisty, Y. A. (2017). *Pemisahan Pb (II) Menggunakan Supported Liquid Membrane (SLM) dengan Variasi Jumlah Senyawa Pembawa dan Konsentrasi Larutan Umpan*. *Jurnal ILMU DASAR*, 18(2), 139-144.
- Jakfar. (2020). *Adsorpsi Ion Logam Berat: Pb 2+ , Cu 2+ , Dan Cd 2+ Menggunakan Bentonit Aceh Modifikasi Polikation Al Dari Alcl 3 Sebagai Agen Pemilar*.
- Jayanti, D. D. (2021). *Karakterisasi Membran Berbasis Polisulfon dengan Berbagai Keasaman Non-Pelarut*. *Digital Repository Universitas Jember, September 2019*, 2019-2022.
- 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, I., Sabda, D., Prasetya, B., & Pangga, D. (2018). *Uji Mekanik Membran Kitosan Berbahan Dasar Cangkang Kepiting*. *Lensa : Jurnal Kependidikan Fisika*, 6(1), 23-28.
- Martini, S., Yuliwati, E., & Kharismadewi, D. (2020).

- Pembuatan Teknologi Pengolahan Limbah Cair Industri.* 5(2), 26–33.
- Mulder, M. (1996). *Basic principles of membrane technology.* https://doi.org/10.1524/zpch.1998.203.part_1_2.263
- Mumtahana, L. (2019). *Karakterisasi FTIR dan Membran Hibrid Nilon/TiO₂.* *Skripsi*, 1–29.
- Muthia, E. (2017). *Proses Pemisahan Menggunakan Teknologi Membran.* In *Journal of Chemical Information and Modeling* (Vol. 53, Issue 9).
- Natalia, R. (2017). *No Ti Pembuatan dan Karakterisasi Nano Hybrid Membran Polyethersulfone (PES-ZNO Untuk Pengolahan Produced Water Menjadi Air Bersih).* Universitas Diponegoro Semarang.
- Noven, P. (2016). *Pemanfaatan Zeolit Dan Silika Sebagai Membran Filtrasi Untuk Menurunkan TSS , Utilization of Zeolite and Silica As Membrane Filtration To Reduce Tss , Cod and Colour in Batik Wastewater.*
- Pinem, A. J., & Angela, R. (2011). *Sintesis Dan Karakterisasi Membran Hibrid PMMA / TEOT: Pengaruh Konsentrasi Polimer.* *Prosiding Seminar Nasional Teknik Kimia “Kejuangan” Pengembangan Teknologi Kimia Untuk Pengolahan Sumber Daya Alam Indonesia*, 1–7.
- Prasetyo, M. T. (2013). *Efektifitas Penambahan Filler Pasir Berkalsium Pada Bahan Isolasi Resin Epoksi Dengan Pengujian Degradasi Permukaan.* 6(1), 35–46.
- Rahayu, A., Fadhillah Hanum, F., Aldilla Fajri, J., Dwi Anggraini, W., & Khasanah, U. (2021). *Pengolahan Limbah cair Industri dengan Menggunakan Silika: A Review:*

Industrial Liquid Waste Treatment Using Silica.
Opscitech.Com, 02(01), 2776–169.
<https://www.opscitech.com/journal/article/view/38>

- Riani, P. (2014). *Preparasi dan Karakterisasi Membran Polisulfon Dengan Pengisi Mikrobentonit Sebagai Penyaring Air Gambut*. In *Universitas Sumatera Utara* (Vol. 1, Issue 3).
- Rohmah, M. (2021). *Sintesis dan karakterisasi membran silika abu sekam padi untuk filtrasi fosfat pada limbah deterjen*.
- 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>
- Saragih, B. W. (2020). *Penentuan Kadar Logam Besi(Fe) Dan Timbal(Pb) Pada Air Limbah Di Laboratorium Air Dinas Lingkungan Hidup Medan Dengan Metode Spektrofotometri Serapan Atom*. In *Jurnal Kimia* (Vol. 1, Issue 3).
- Suhartono, J., Putra, M. T. R., D, A. N., Pertiwi, D. S., & Noersalim, C. (2018). *Penyisihan Logam Fe Menggunakan Membran Polyvinylidene Fluoride / Carbon Nanotube (PVDF / CNT)*. *Itenas*, 27–34.
- Suryandari, E. T. (2020). *Sintesis Membran Komposit PVDF-Zeolit untuk Penghilangan Metilen Biru*. *Al-Kimiya*, 6(2), 58–66. <https://doi.org/10.15575/ak.v6i2.6491>
- Susilowati, E., Mahatmanti, F. W., & Haryani, S. (2018). *Sintesis Kitosan-Silika Bead sebagai Pengadsorpsi Ion Logam Pb (II) pada Limbah Cair Batik*. *Indonesian Journal of Chemical Science*, 7(2), 123–131.

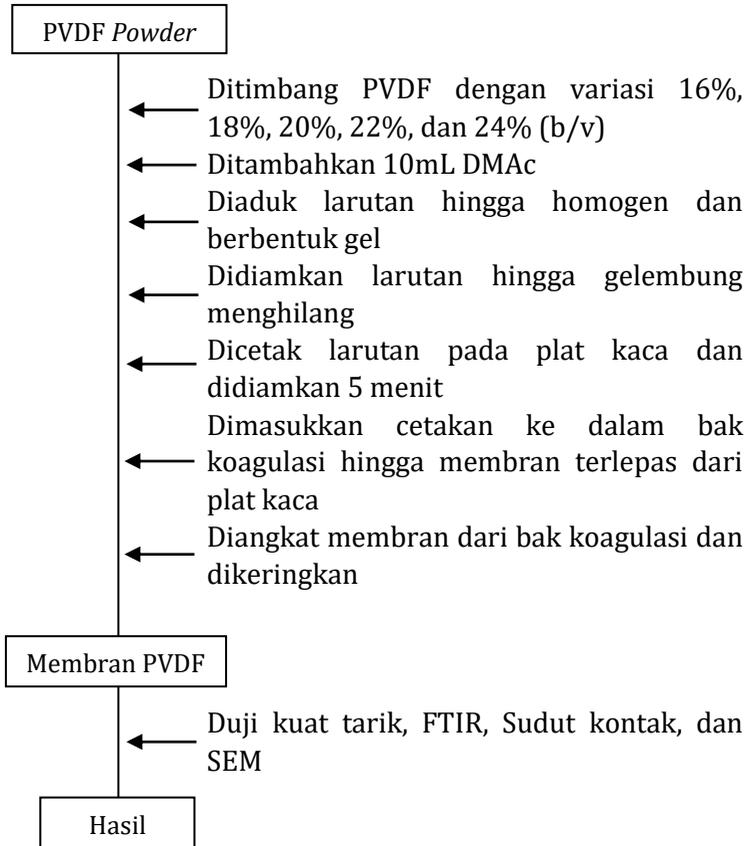
Tan, J. Y., Lun Ang, W., & Wahab Mohammad, A. (2021). *Hydrophobic Polyvinylidene Fluoride Membrane Modified with Silica Nanoparticles and Silane for Succinic Acid Purification Using Osmotic Distillation Process*. *Jurnal Kejuruteraan*, 33(1), 89–101. <https://doi.org/10.17576/jkukm-2020-33>

Wahyusi, K. N., Nikmah, S., Anggraini, G. R., & universitas pembangunan Nasional. (2021). *Chitosan Membrane Synthesis For Pb Ion Separation In Wastewater*. *Teknik Kimia*, 16(1), 10–15.

LAMPIRAN

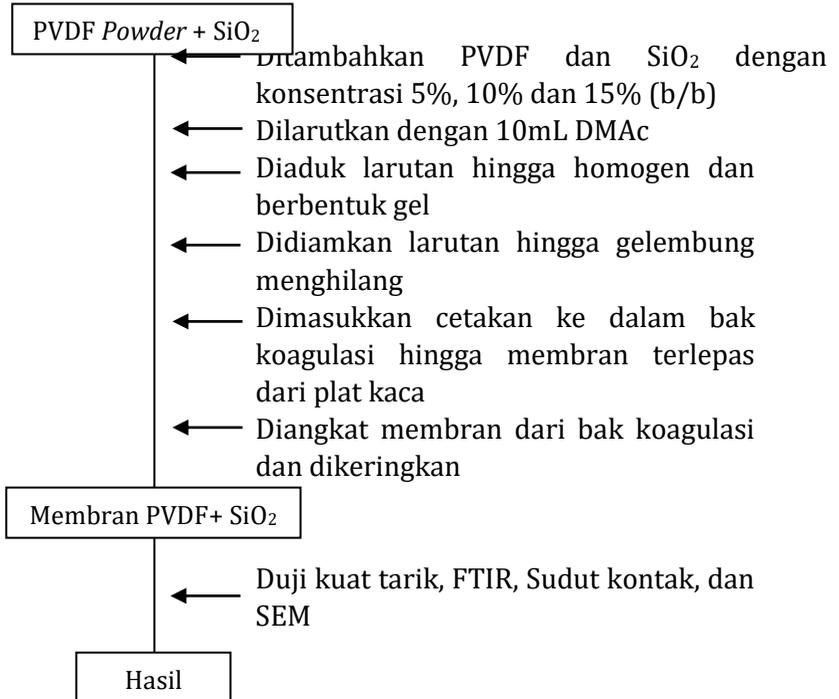
Lampiran 1 : Preparasi Membran PVDF

a. Pembuatan Membran PVDF



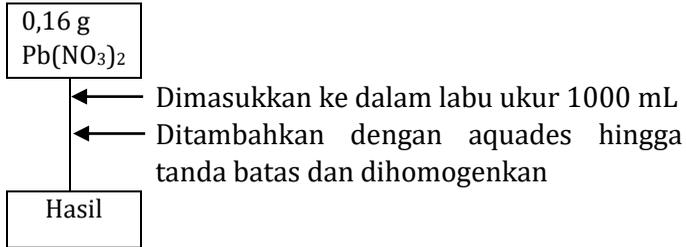
Lampiran 2 : Preparasi Membran PVDF-SiO₂

b. Pembuatan Membran PVDF-SiO₂

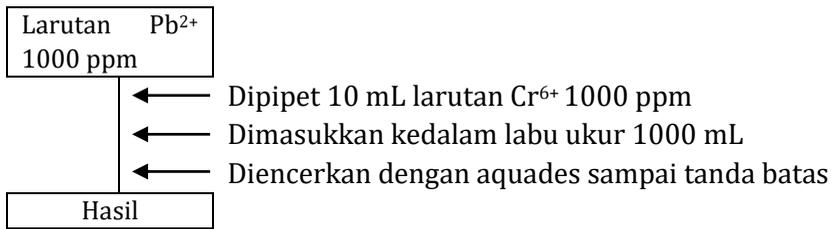


csq **Lampiran 3 : Pengukuran Kadar Ion Logam Pb²⁺**

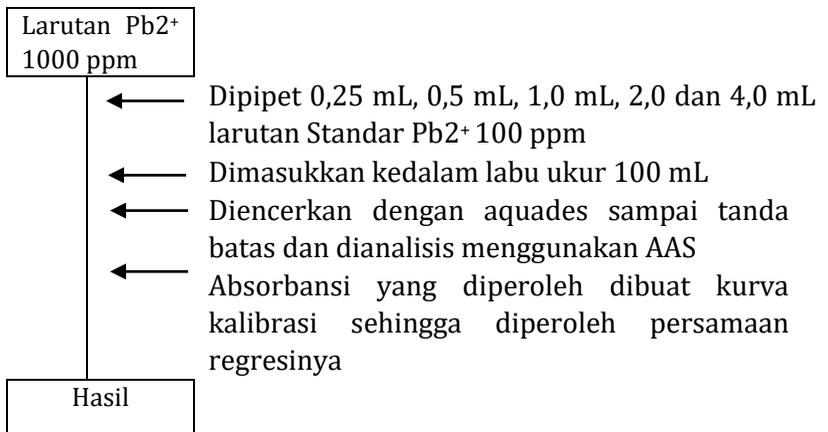
1. Pembuatan Larutan Baku Pb²⁺ 1000 ppm



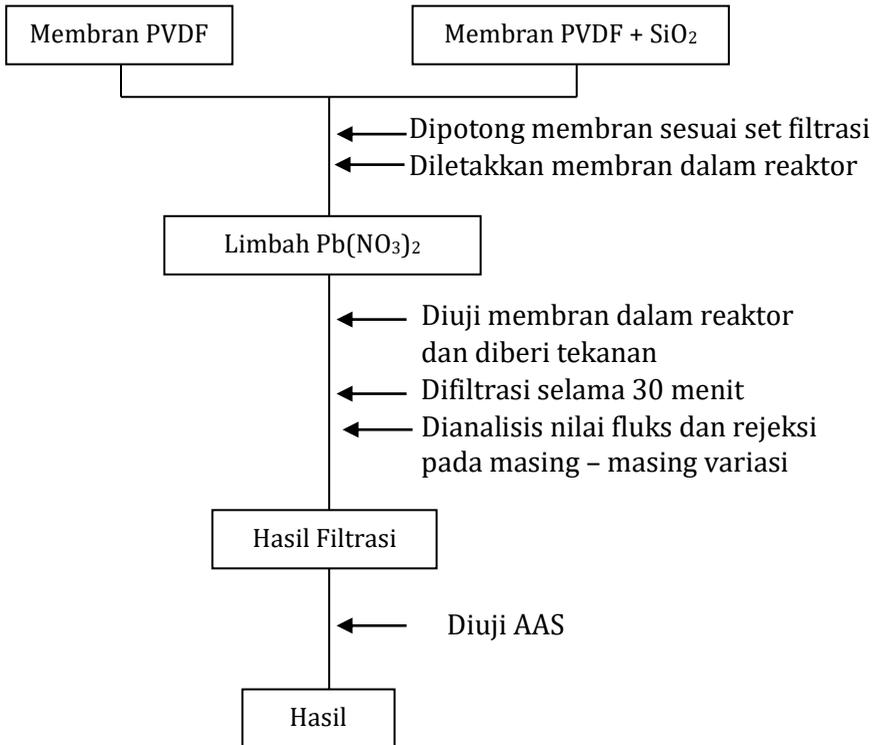
2. Pembuatan Larutan Pb²⁺ 10 ppm



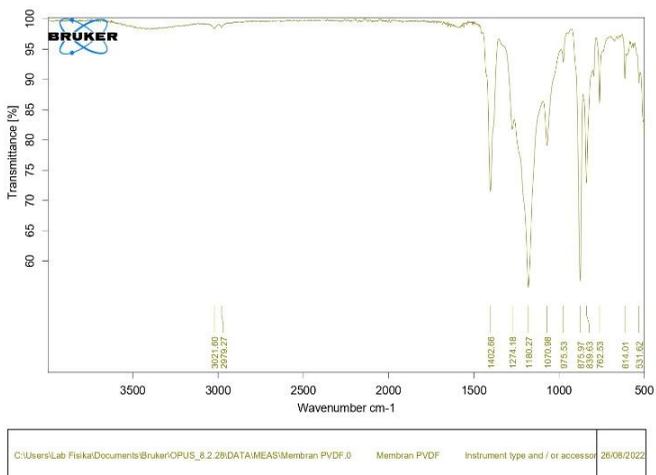
3. Pembuatan Larutan Standar



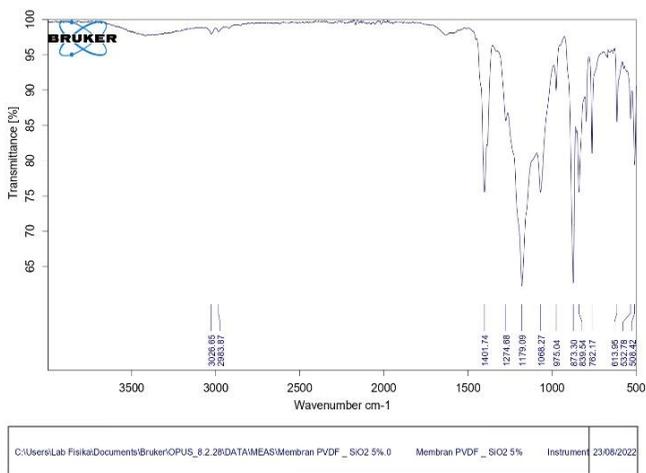
Lampiran 4 : Pengaplikasian membran dengan limbah



Lampiran 5 : Hasil FTIR Membran PVDF dan Membran PVDF-SiO₂

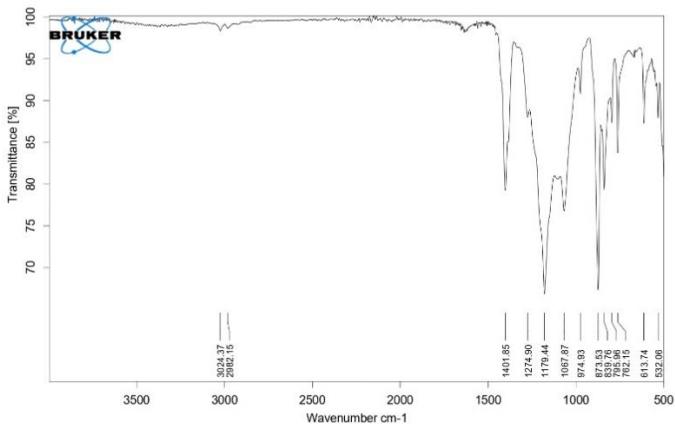


Page 1/1



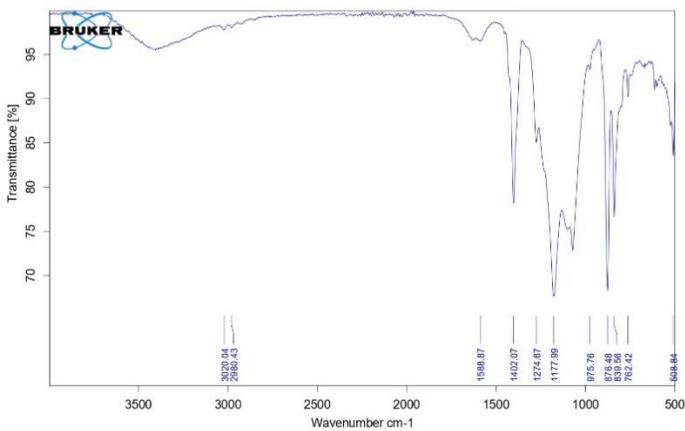
Page 1/1

Lampiran 6 : Hasil FTIR Membran PVDF-SiO₂



C:\Users\Lab Fisika\Documents\Bruker\OPUS_8.2\DATA\MEAS\Membran PVDF_SiO2 10%.0 Membran PVDF_SiO2 10% Instrum 23/08/2022

Page 1/1



C:\Users\Lab Fisika\Documents\Bruker\OPUS_8.2\DATA\MEAS\Membran PVDF_SiO2 15%.0 Membran PVDF_SiO2 15% Instrum 23/08/2022

Page 1/1

Lampiran 7 : Hasil Kuat Tarik

a. Membran PVDF

No	Nama Sampel	Kuat Tarik (MPa)	Elongasi (%)	Modulus Young (MPa)
1.	PVDF 16%	1,76	26,7	0,06
2.	PVDF 18%	3,85	24,7	0,16
3.	PVDF 20%	3,93	34,0	0,115
4.	PVDF 22%	4,18	38,3	0,109
5.	PVDF 24%	5,29	45,0	0,117

b. Membran PVDF-SiO₂

No	Nama Sampel	Kuat Tarik (MPa)	Elongasi (%)	Modulus Young (MPa)
1.	PVDF-SiO ₂ 5%	3,52	11,7	0,30
2.	PVDF-SiO ₂ 10%	2,45	4,3	0,56
3.	PVDF-SiO ₂ 15%	4,53	2,0	2,26

Lampiran 8 : Hasil Uji sudut kontak

Run-No	CA(M)[°]	Comment
1	98.05	PVDF
2	95.89	PVDF
3	97.03	PVDF

Run-No	CA(M)[°]	Comment
1	95.77	PVDF + SiO2 5%
2	90.98	PVDF + SiO2 5%
3	92.29	PVDF + SiO2 5%
4	80.82	PVDF + SiO2 10%
5	76.32	PVDF + SiO2 10%
6	77.53	PVDF + SiO2 10%
7	63.86	PVDF + SiO2 15%
8	66.01	PVDF + SiO2 15%
9	67.16	PVDF + SiO2 15%
10	0.00	

Lampiran 9 : Perhitungan Fluks Membran

Perhitungan nilai 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 :

$$t = 30 \text{ menit} = 0,5 \text{ jam}$$

diameter membran : 4,2cm

$$d = 4,2 \text{ cm} = 0,042 \text{ m}$$

maka, $r = 0,021 \text{ m}$

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

- Membran PVDF

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

$$J = \frac{0,00095}{0,0013847 \times 0,5}$$

$$= 13,721 \text{ L/m}^2.\text{Jam}$$

- Membran PVDF-SiO₂ 5%

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

$$J = \frac{0,014}{0,0013847 \times 0,5}$$

$$= 20,220 \text{ L/m}^2.\text{Jam}$$

- Membran PVDF-SiO₂ 10%

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

$$J = \frac{0,024}{0,0013847 \times 0,5}$$

$$= 34,664 \text{ L/m}^2.\text{Jam}$$

- Membran PVDF-SiO₂ 15%

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

$$J = \frac{0,029}{0,0013847 \times 0,5}$$

$$= 41,886 \text{ L/m}^2.\text{Jam}$$

No	Membran	Volume permeat (L)	Luas permukaan membran (m ²)	Waktu (jam)	Fluks (L/m ² .jam)
1	PVDF	0,0095	1,3847 x 10 ⁻³	0,5	13,721
2	PVDF-SiO ₂ 5%	0,014	1,3847 x 10 ⁻³	0,5	20,220
3	PVDF-SiO ₂ 10%	0,024	1,3847 x 10 ⁻³	0,5	34,664
4.	PVDF-SiO ₂ 15%	0,029	1,3847 x 10 ⁻³	0,5	41,886

Lampiran 10 : Pembuatan Larutan Baku

a) Perhitungan Larutan baku Pb²⁺ 1000 ppm

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

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

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

$$= 160 \text{ mg}$$

$$= 0,16 \text{ g}$$

b) Pembuatan Larutan Standar

- 10 ppm

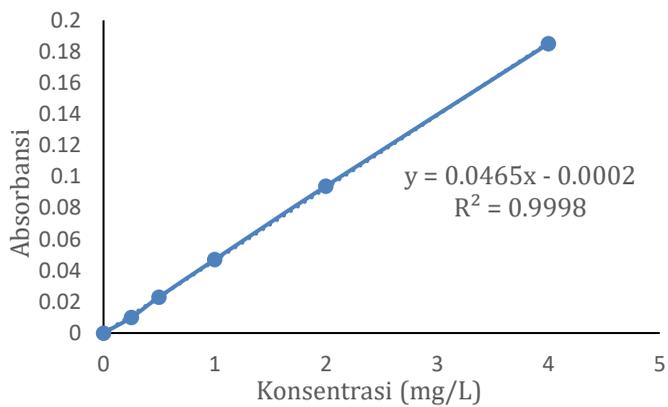
$$M_1 \cdot V_1 = M_2 \cdot V_2$$

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

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

Lampiran 11 : Kurva Standar

Konsentrasi Standar (mg/L)	Adsorbansi
0	0
0,25	0,010
0,50	0,023
1,00	0,047
2,00	0,094
4,00	0,185



Lampiran 12 : Perhitungan Konsentrasi Akhir Ion Logam

Pb²⁺

Membran	Absorbansi
PVDF	0,025
PVDF-SiO ₂ 5%	0,011
PVDF-SiO ₂ 10%	0,004
PVDF-SiO ₂ 15%	0,001

- PVDF

Absorbansi : 0,025

$$y = 0,0465x - 0,002$$

$$0,025 = 0,0465x - 0,002$$

$$X = \frac{0,0025}{0,0465}$$

$$X = 0,54 \text{ mg/L}$$

Konsentrasi akhir : 0,54 mg/L

- PVDF-SiO₂ 5%

Absorbansi : 0,011

$$y = 0,0465x - 0,002$$

$$0,011 = 0,0465x + 0,002$$

$$X = \frac{0,0112}{0,0465}$$

$$X = 0,24 \text{ mg/L}$$

Konsentrasi akhir : 0,24 mg/L

- PVDF-SiO₂ 10%

Absorbansi : 0,004

$$y = 0,0465x - 0,002$$

$$0,004 = 0,0465x + 0,002$$

$$X = \frac{0,042}{0,0465}$$

$$X = 0,09 \text{ mg/L}$$

Konsentrasi akhir : 0,09 mg/L

- PVDF-SiO₂ 15%

Absorbansi : 0,001

$$y = 0,0465x - 0,002$$

$$0,001 = 0,0465x + 0,002$$

$$X = \frac{0,0012}{0,0465}$$

$$X = 0,02 \text{ mg/L}$$

Konsentrasi akhir : 0,02 mg/L

Lampiran 13 : 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 sampel setelah filtrasi
- C_f = Konsentrasi sampel sebelum filtrasi

Membran	Konsentrasi	Konsentrasi	Rejeksi (%)
	awal (mg/L)	akhir (mg/L)	
PVDF	10	0,54	94,6%
PVDF-SiO ₂ 5%	10	0,24	97,6%
PVDF-SiO ₂ 10%	10	0,09	99,1%
PVDF-SiO ₂ 15%	10	0,02	99,8%

- Membran PVDF

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

$$\begin{aligned}\%R &= \left(1 - \frac{0,54}{10}\right) \times 100\% \\ &= 94,6\%\end{aligned}$$

- Membran PVDF-SiO₂ 5%

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

$$\begin{aligned}\%R &= \left(1 - \frac{0,24}{10}\right) \times 100\% \\ &= 97,6\%\end{aligned}$$

- Membran PVDF-SiO₂ 10%

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

$$\begin{aligned}\%R &= \left(1 - \frac{0,09}{10}\right) \times 100\% \\ &= 99,1\%\end{aligned}$$

- Membran PVDF-SiO₂ 15%

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

$$\begin{aligned}\%R &= \left(1 - \frac{0,02}{10}\right) \times 100\% \\ &= 99,8\%\end{aligned}$$

Lampiran 14 : Pembuatan Membran



Penimbangan PVDF



PVDF+DMAc



Pencetakan membran



Membran dalam bak
koagulasi

Lampiran 15 : Proses Filtrasi



Alat filtrasi



Membran dalam alat filtrasi



Proses filtrasi



Hasil filtrasi

Lampiran 16 : Membran PVDF pada berbagai konsentrasi



PVDF 16%



PVDF 18%



PVDF 20%



PVDF 22%

Lampiran 17: Membran PVDF-SiO₂ pada berbagai konsentrasi



PVDF 24%



PVDF-SiO₂ 5%



PVDF-SiO₂ 10%



PVDF-SiO₂ 15%

DAFTAR RIWAYAT HIDUP

Identitas Diri

Nama Lengkap : Yusrin Gandini Sugiharto
Tempat, Tgl Lahir : Tangerang, 26 Juni 2000
NIM : 1808036001
Jenis Kelamin : Perempuan
Agama : Islam
Pekerjaan : Mahasiswa UIN Walisongo Semarang
Alamat : Jalan Apel 1 Blok AJI F6 No.4. Perum
Tigaraksa, Desa Margasari Kec.
Tigaraksa, Kab.Tangerang, Banten
Telepon : 083898149946
Email : ygandinisugiharto@gmail.com

Riwayat Pendidikan Formal

1. SD N NAGRAK (2006-2012)
2. SMP N 1 TIGARAKSA (2012-2015)
3. SMA N KAB.TANGERANG (2015-2018)
4. UIN WALISONGO SEMARANG (2018-2022)