

**SINTESIS DAN KARAKTERISASI MEMBRAN  
NANOFIBERS SELULOSA ASETAT-ZEOLIT  
UNTUK ADSORPSI LOGAM Pb (II)**

SKRIPSI

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



Oleh :

**INTAN DYAH FULANJARI**

NIM : 1808026012

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

**2022**

**SINTESIS DAN KARAKTERISASI MEMBRAN  
NANOFIBERS SELULOSA ASETAT-ZEOLIT  
UNTUK ADSORPSI LOGAM Pb (II)**

SKRIPSI



Oleh :

**INTAN DYAH FULANJARI**

NIM : 1808026012

**PROGRAM STUDI FISIKA  
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI  
UNIVERSI TAS ISLAM NEGERI WALISONGO  
SEMARANG**

**2022**

## PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Intan Dyah Fulanjari

NIM : 1808026012

Jurusan : Fisika

Menyatakan bahwa skripsi yang berjudul:

**SINTESIS DAN KARAKTERISASI MEMBRAN *NANOFIBERS*  
SELULOSA ASETAT-ZEOLIT UNTUK ADSORPSI LOGAM Pb  
(II)**

Secara keseluruhan adalah hasil penelitian/karya saya sendiri,  
kecuali bagian tertentu yang dirujuk sumbernya.

Semarang, 25 Juni 2022

Pembuat Pernyataan



**Intan Dyah Fulanjari**

**NIM : 1808026012**

# PENGESAHAN



KEMENTERIAN AGAMA REPUBLIK INDONESIA  
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI WALISONGO  
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI  
Jl. Prof. Dr. Hamka Ngaliyan Semarang  
Telp.024-7601295 Fax.7615387

## PENGESAHAN

Naskah skripsi berikut ini:

Judul : Sintesis dan Karakterisasi Membran  
*Nanofibers* Selulosa Asetat-Zeolit Untuk  
Adsorpsi Logam Pb (II)

Nama : Intan Dyah Fulanjari  
NIM : 1808026012

Jurusan : Fisika

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


Semarang, 28 Juni 2022

## DEWAN PENGUJI

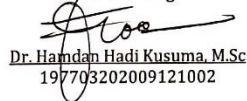
  
KESUA

Agus Sudarman, M.Si  
197708232009121001

Penguji I

  
Heni Sumarti, M.Si  
198710112019032009


Pembimbing I

  
Dr. Hamdan Hadi Kusuma, M.Sc  
197703202009121002


  
Sekretaris

Irman Said Prastyo, M.Sc  
199112282019031009

Penguji II

  
Alwiyah Nurbayati, M.Si  
198112112011012006

Pembimbing II

  
Dr. Ervin Tri Suryandari, M.Si  
197407162009122001

# NOTA PEMBIMBING

## NOTA PEMBIMBING

Semarang, 25 Juni 2022

Yth. Ketua Program Studi Fisika  
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: Sintesis Dan Karakterisasi Membran *Nanofibers* Selulosa Asetat-Zeolit Untuk Adsorpsi Logam Pb (II)

Nama : Intan Dyah Fulanjari

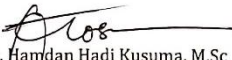
NIM : 1808026012

Jurusan: Fisika

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

*Wassalamu'alaikum. wr. wb.*

PEMBIMBING I

  
Dr. Hamdan Hadi Kusuma, M.Sc  
197703202009121002

# NOTA PEMBIMBING

## NOTA PEMBIMBING

Semarang, 25 Juni 2022

Yth. Ketua Program Studi Fisika  
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: Sintesis Dan Karakterisasi Membran *Nanofibers* Selulosa Asetat-Zeolit Untuk Adsorpsi Logam Pb (II)

Nama : Intan Dyah Fulanjari

NIM : 1808026012

Jurusan: Fisika

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

*Wassalamu'alaikum. wr. wb.*

**PEMBIMBING II**



Dr. Ervin Tri Suryandari, M.Si  
197407162009122001

## ABSTRAK

Limbah industri berupa logam berat berdampak buruk pada manusia. Logam berat dalam perairan dapat diturunkan kadarnya melalui proses adsorpsi menggunakan membran. Pada penelitian ini, membran *nanofibers* selulosa asetat (CA) difabrikasi menggunakan metode *electrospinning*. Membran *nanofibers* CA dengan kondisi paling optimum didapatkan ketika konsentrasi 14%, tegangan 10,5 kV, laju alir 0,02 mL/H dan jarak 10 cm. Pada Spektrum FTIR muncul puncak baru pada rentang bilangan gelombang 400-610  $\text{cm}^{-1}$  yang mengindikasikan adanya ikatan O-Si-O sebagai gugus fungsi zeolit. Morfologi serat membran *nanofibers* halus dan tidak terdapat *beads* namun ukuran seratnya tidak seragam. Penambahan zeolit 6% mampu menurunkan rata-rata diameter serat membran dari 662,4 nm menjadi 353,1 nm. Hasil EDX menunjukkan adanya unsur Si dan Al dalam membran *nanofibers* CA. Nilai sudut kontak menurun akibat penambahan zeolit sebanyak 6% yaitu dari 125,49° menjadi 111,66°, sehingga sifat hidrofobisitas membran semakin menurun. Penambahan zeolit mampu meningkatkan konsentrasi terserap dari logam Pb (II). Pada penelitian ini, membran *nanofibers* paling efektif digunakan dalam adsorpsi logam Pb (II) adalah sampel CA-Zeolit 6% dengan konsentrasi penurunan sebesar 1,594 ppm.

*Keyword : Membran nanofibers, Selulosa asetat, Electrospinning*

## KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat, hidayah serta inayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Sintesis dan Karakterisasi Membran *Nanofibers* Selulosa Asetat-Zeolit untuk Adsorpsi Logam Pb (II)”. Rangkaian salawat teriring salam semoga senantiasa tercurahkan kepada Nabi Muhammad SAW, dengan mengharapkan syafaat di hari kiamat nanti dan tergolong sebagai umatnya.

Penyusunan skripsi ini digunakan untuk memenuhi tugas dan menjadi salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana Fisika Fakultas Sains dan Teknologi UIN Walisongo Semarang. Dalam penyusunan skripsi ini, tentu saja tidak terlepas dari dukungan, bimbingan, motivasi, do'a beserta saran-saran dari berbagai pihak. Oleh karena itu penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Prof. Dr. Imam Taufiq, M.Ag selaku rektor UIN Walisongo Semarang.
2. Dr. H. Ismail, M.Ag selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi UIN Walisongo Semarang.
3. Agus Sudarmanto, M.Si selaku Ketua Program Studi Fisika UIN Walisongo Semarang
4. Arsini, M.Sc selaku Wali dosen yang selalu mengarahkan dan membimbing saya dalam proses belajar.



5. Dr. Hamdan Hadi Kusuma, S.Pd, M.Sc, selaku dosen pembimbing I dan Dr. Ervin Tri Suryandari, M.Si selaku pembimbing II yang telah meluangkan waktu, tenaga dan pikiran serta sabar memberikan bimbingan dan pengarahan dalam penyusunan skripsi ini.
6. Widiyastuti, S.Pd selaku PLP Laboratorium Fisika dan Anita Kurnia Z., S.Si selaku PLP Laboratorium Kimia yang telah mengizinkan untuk melakukan riset di laboratorium fisika dan kimia UIN Walisongo Semarang.
7. Segenap dosen, pegawai, dan civitas akademika di lingkungan Fakultas Sains dan Teknologi UIN Walisongo Semarang.
8. Bapak Saman Armanto dan Ibu Tri Mariana yang telah mendidik dan membesarkan penulis dengan penuh kasih sayang, ketulusan, keikhlasan dan senantiasa memberikan semangat, materi dan do'a sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini.
9. Kakak dan adikku tersayang, Antin Febriana dan Makrus Iksan Maskuri Huda.
10. Teman-teman Fisika 2018, teman seperjuangan dan sepenelitian Maratus Sholikha.
11. Keluarga besar Pondok Pesantren Daarun Najaah, terkhusus kompleks utara dan sahabatku Anizul Firdanisa, Afifah Azmi, Siska Fitriyani, Fariz Umami,

Sannyah, Khoirunnisa Al Mutmainnah yang selalu memberikan dukungan dan motivasi.

12. Teman-teman kamar Daarul Firdaus, Mbak Rindang, Mbak Fidah, Afifah, Azizah, Khoirul, Syarifah dan Indana.
13. Byun Baekhyun, Kim Junmyeon, Oh Sehun, Park Chanyeol, Kim Jongdae, Kim Minseok, Zhang Yixing, Kim Jongin, Do Kyungsoo dan teman-teman EXO-L terkhusus Arifatul Maulidiyah yang telah memberikan semangat dan motivasi untuk segera menyelesaikan skripsi ini.
14. Semua pihak yang telah membantu penulis dalam menyelesaikan skripsi ini yang tidak dapat penulis sebut satu persatu.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih banyak kekurangannya dan jauh dari kata sempurna. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik maupun saran yang membangun demi penyusunan karya yang lebih baik. Akhir kata penulis berharap semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi penulis khususnya dan bagi pembaca pada umumnya

Semarang, Juni 2022

Intan Dyah Fulanjari  
NIM. 1808026012

## TRANSLITERASI ARAB-LATIN

Penulisan transliterasi huruf-huruf Arab Latin dalam skripsi ini berpedoman pada SKB Menteri Agama dan Menteri Pendidikan dan Kebudayaan R.I. Nomor: 158/1987 dan Nomor: 0543b/U/1987. Penyimpangan penulisan kata sandang [al-] disengaja secara konsisten supaya sesuai teks Arabnya.

ا	A	ط	t}
ب	B	ظ	z}
ت	T	ع	'
ث	s\	غ	g
ج	J	ف	f
ح	h}	ق	q
خ	Kh	ك	k
د	D	ل	l
ذ	z\	م	m
ر	R	ن	n
ز	Z	و	w
س	S	ه	'
ش	Sy	ي	Y
ص	s}		
ض	d}		

Bacaan Madd :

a > = a panjang

i > = i panjang

u > = upanjang

Bacaan Diftong :

au = أُو

ai = أَيُّ

iv = إِي

## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	ii
PERNYATAAN KEASLIAN .....	iii
PENGESAHAN.....	iv
NOTA PEMBIMBING.....	v
NOTA PEMBIMBING.....	vi
ABSTRAK.....	vii
KATA PENGANTAR.....	viii
TRANSLITERASI ARAB-LATIN.....	xi
DAFTAR ISI .....	xii
DAFTAR GAMBAR.....	xiv
DAFTAR TABEL .....	xvi
DAFTAR LAMPIRAN.....	xvii
<b>BAB I PENDAHULUAN .....</b>	<b>1</b>
<b>A. LATAR BELAKANG .....</b>	<b>1</b>
<b>B. RUMUSAN MASALAH.....</b>	<b>6</b>
<b>C. BATASAN MASALAH.....</b>	<b>6</b>
<b>D. TUJUAN PENELITIAN.....</b>	<b>6</b>
<b>E. MANFAAT PENELITIAN .....</b>	<b>7</b>
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA .....</b>	<b>8</b>
<b>A. LANDASAN TEORI .....</b>	<b>8</b>
1. Membran.....	8
2. <i>Nanofibers</i> .....	11
3. Teknik pembuatan membran.....	12
4. <i>Electrospinning</i> .....	15
5. Material membran .....	16

6. Selulosa asetat (CA).....	18
7. Aseton .....	18
8. <i>N,N-Dimethylacetamide</i> (DMAc).....	19
9. Zeolit.....	20
10. Logam .....	23
11. Karakterisasi.....	24
<b>B. KAJIAN PUSTAKA .....</b>	<b>33</b>
<b>C. KERANGKA BERPIKIR.....</b>	<b>34</b>
<b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....</b>	<b>35</b>
<b>A. Tempat Dan Waktu Penelitian .....</b>	<b>35</b>
<b>B. Alat Dan Bahan .....</b>	<b>35</b>
<b>C. Prosedur Penelitian .....</b>	<b>35</b>
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>42</b>
<b>A. Hasil Preparasi Larutan Membran .....</b>	<b>42</b>
<b>B. Sintesis Membran <i>Nanofibers CA</i>.....</b>	<b>42</b>
<b>C. Kondisi optimum membran <i>nanofibers CA</i> .....</b>	<b>48</b>
<b>D. Hasil Pembuatan Membran <i>Nanofibers CA-Zeolit50</i></b>	
<b>E. Hasil Karakterisasi Membran.....</b>	<b>51</b>
<b>BAB V PENUTUP.....</b>	<b>63</b>
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>65</b>
<b>LAMPIRAN-LAMPIRAN .....</b>	<b>1</b>

## DAFTAR GAMBAR

### BAB II

Gambar 2. 1 Klasifikasi membran berdasarkan morfologinya.	9
Gambar 2. 2 Klasifikasi membran berdasarkan .....	11
Gambar 2. 3 Teknik Sintering .....	12
Gambar 2. 4 Teknik track etching .....	13
Gambar 2. 5 Teknik inversi fasa.....	14
Gambar 2. 6 Skema alat electrospinning (a) alat electrospinning (b).....	17
Gambar 2. 7 Struktur molekul selulosa asetat.....	19
Gambar 2. 8 Struktur molekul aseton.....	20
Gambar 2. 9 Struktur molekul DMAc.....	20
Gambar 2. 10 Struktur molekul (a) dan serbuk zeolit (b).....	22
Gambar 2. 11 Skema instrumentasi FTIR (a) .....	26
Gambar 2. 12 Instrumentasi SEM.....	28
Gambar 2. 13 Metode sessile drop (a) capative drop (b).....	30
Gambar 2. 14 Skema Instrumentasi AAS.....	32

### BAB III

Gambar 3. 1 Diagram alir penelitian .....	36
---	----

### BAB IV

Gambar 4. 1 Larutan CA dalam syringe .....	42
Gambar 4. 2 Membran <i>nanofibers</i> CA konsentrasi 12% (a) ...	45
Gambar 4. 3 Membran <i>nanofibers</i> konsentrasi 14% 7 kV (a) 7,5 kV (b), 8 kV (c), 8,5 kV (d) 9 kV (e) 9,5 kV (f) 10 kV (g) 10,5 kV (h), 11 kV (i). .....	46
Gambar 4. 4 Membran <i>nanofibers</i> (14%) laju alir 0,02 mL/H (a) 0,04 mL/H (b) 0,06 mL/H (c). .....	47
Gambar 4. 5 Membran <i>nanofibers</i> (14%) jarak 10 cm (a) 11 cm (b) 12 cm (c) 13 cm (d).....	49
Gambar 4. 6 Membran <i>nanofibers</i> konsentrasi 14%, tegangan 10,5 kV, laju alir 0,02 mL/H dan jarak 10 cm.....	50
Gambar 4. 7 Spektrum hasil uji FTIR.....	52

Gambar 4. 8 Gambar SEM membran <i>nanofibers</i> perbesaran 10.000x CA 14% (a) CA-Zeo 2% (b)CA-Zeo 4% (c) CA-Zeo 6% (d) .....	54
Gambar 4. 9 Grafik distribusi serat membran <i>nanofibers</i> CA 14% (a) CA-Zeolit 2% (b)CA-Zeolit 4% (c) CA-Zeolit 6% (d) .....	56
Gambar 4. 10 Sudut kontak membran <i>nanofibers</i> CA 14% (a) .....	58
Gambar 4. 11 Grafik kalibrasi larutan ion logam Pb (II).....	60

## DAFTAR TABEL

### BAB II

Tabel 2. 1 Klasifikasi membran berdasarkan material asal .....9

### BAB III

Tabel 3. 1 Variasi penambahan zeolit..... 38

### BAB IV

Tabel 4. 1 Perbandingan gugus fungsi membran *nanofibers* CA dan CA-Zeolit..... 51

Tabel 4. 2 Hasil EDX ..... 57

Tabel 4. 3 Hasil pengukuran sudut kontak membran *nanofibers* ..... 59

Tabel 4. 4 Jumlah ion logam Pb (II) sebelum dan sesudah adsorpsi..... 61



## **DAFTAR LAMPIRAN**

### **Lampiran 1 Data optimasi Sampel CA**

Membran *nanofibers* tegangan 7 sampai 8,5 kV

Tabel data sampel CA

Membran *nanofibers* tegangan 9 sampai 11 kV

### **Lampiran 2 Hasil Uji SEM EDX**

### **Lampiran 3 Hasil Uji FTIR**

### **Lampiran 4 Hasil Uji Adsorpsi**

### **Lampiran 5 Turnitin**

### **Daftar Riwayat Hidup**

# BAB I

## PENDAHULUAN

### A. LATAR BELAKANG

Air merupakan salah satu sumber daya yang dibutuhkan oleh manusia. Ketersediaan air bersih merupakan masalah yang perlu ditangani secara serius sebab masalah tersebut akan terus bertambah seiring dengan pertumbuhan penduduk (Putra, 2017). Hampir tujuh miliar orang di seluruh dunia diprediksi mengalami krisis air pada pertengahan abad ke-21. Faktor yang menyebabkan kelangkaan air diantaranya, pertumbuhan penduduk, perubahan iklim, urbanisasi dan pencemaran lingkungan (Chen, 2015). Pertumbuhan populasi manusia menjadi faktor penyebab terjadinya pencemaran lingkungan, sehingga salah satunya mengakibatkan polusi pada air. Menurut estimasi *World Water Council*, ada 3,9 miliar orang yang tinggal di daerah kawasan krisis air pada tahun 2030 (Bernardo et al., 2009). Krisis air bersih telah menyadarkan manusia bahwa pentingnya pemeliharaan dan pengelolaan air. Agama islam memiliki peranan penting dalam mengembalikan tanggung jawab manusia terkait lingkungan (Santoso, 2010). Hal ini diungkapkan dalam Al-Qur'an Surat Al A'raf ayat 56:

وَلَا تُفْسِدُوا فِي الْأَرْضِ بَعْدَ إِصْلَاحِهَا وَادْعُوهُ حَزْقًا وَطَمَعًا إِنَّ رَحْمَتَ اللَّهِ قَرِيبٌ مِّنَ  
الْمُحْسِنِينَ ٥٦

*Artinya: "Dan janganlah kalian membuat kerusakan di muka bumi, sesudah (Allah) memperbaikinya. Dan berdoalah kepada-Nya dengan rasa takut (tidak akan diterima) dan harapan (akan dikabulkan). Sesungguhnya rahmat Allah amat dekat kepada orang-orang yang berbuat baik".(Q.S Al-A'raf:56)*

Allah SWT melarang perbuatan yang dapat menimbulkan kerusakan di muka bumi karena dapat membahayakan semua hamba-Nya. Allah SWT memerintahkan kepada hamba-Nya untuk menyembah serta berdoa dengan rasa takut dan penuh harap. Sesungguhnya rahmat Allah datang kepada mereka yang mengikuti perintah-Nya dan menjauhi larangan-Nya (Ismail Ibnu Katsir, 2000b)

Air merupakan salah satu komponen penyusun organisme, termasuk manusia, dan hewan. Tanpa adanya air semua organisme akan mati (Santoso, 2010). Allah SWT telah berfirman :

...وَمَا أَنْزَلَ اللَّهُ مِنَ السَّمَاءِ مِنْ مَّاءٍ فَأَحْيَا بِهِ الْأَرْضَ بَعْدَ مَوْتِهَا وَبَثَّ فِيهَا مِنْ كُلِّ دَابَّةٍ ۗ ..... ١٦٤

*Artinya: "Allah turunkan dari langit berupa air, lalu dengannya Dia menghidupkan bumi setelah mati (kering), dan Dia menebarkan di dalamnya semua jenis beragam jenis hewan". (Q.S Al Baqarah:164)*

Surat Al-Baqarah ayat: 164 diatas maknanya berkaitan dengan firman Allah SWT dalam surat Yasin: 33-36, menyatakan bahwa bumi yang telah mati dihidupkan kembali dan ditumbuhkan biji-bijian sebagai tanda

kekuasaan Allah SWT (Ismail Ibnu Katsir, 2000). Berdasarkan penjelasan ayat-ayat diatas, islam memberikan apresiasi tinggi terhadap air sebagai asal muasal seluruh organisme dan kebutuhan pokok makhluk hidup (Santoso, 2010).

Persyaratan kualitas air minum air menurut peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia No. 492/MENKES/PER/IV/2020 adalah air minum tidak mengandung senyawa kimia berbahaya (M. RI, 2011). Penurunan kualitas air disebabkan oleh komponen organik dan anorganik yang terkandung di dalam air. Komponen anorganik salah satunya adalah logam berat (Said, 2012). Air yang mengandung logam berat berakibat buruk bagi organisme baik secara langsung, maupun secara tidak langsung berimbas pada kesehatan manusia (Susiaty et al., 2009). Logam berat dibedakan menjadi 2, yakni logam berat esensial dan non esensial. Keberadaan logam berat esensial dibutuhkan organisme hidup dalam kadar tertentu, apabila melebihi batas mengakibatkan racun. Contoh logam berat esensial adalah logam Fe. Sedangkan jenis yang kedua adalah logam berat non esensial. Keberadaannya tidak dibutuhkan, contoh Pb (Timbal).

Berdasarkan penelitian sebelumnya yang menganalisis kandungan logam Pb pada air dan sedimen di perairan Trimulyo dan Mangunharjo Semarang, yang mana

keduanya berada di dekat kawasan industri. Kandungan logam Pb pada air dan sedimen perairan Trimulyo dan Mangunharjo rata-rata  $<0,003$  mg/l dan  $<0,030-5,96$  mg/l (Mirawati et al., 2016). Kandungan logam berat hasil industri dapat dinetralkan salah satunya melalui proses adsorpsi. Adsorpsi merupakan proses perpindahan komponen dari fase satu ke fase lainnya melewati pembatas. Fluida terikat pada suatu padatan dan akhirnya membentuk lapisan pada permukaan padatan. Adsorpsi dapat dilakukan dengan cara menggunakan karbon aktif, elektrodialisis, osmosis balik, dan padatan anorganik. Adsorpsi juga dapat dilakukan menggunakan membran, seperti pada penelitian sebelumnya yang mengadsorpsi logam Cu (II), Cd (II), dan Pb (II) menggunakan membran selulosa asetat. Padatan anorganik yang digunakan secara umum adalah arang aktif dan zeolit (Anwar et al., 2013 : Suarsa, 2016 : Choi et al., 2020).

Membran merupakan suatu lapisan tipis pemisah dua fasa fluida yaitu fasa umpan (*feed*) dan fasa *permeat*. Membran bersifat sebagai penghalang (*barrier*) terhadap suatu partikel tertentu, sehingga mampu membatasi transport partikel berdasarkan sifat fisik dan kimia (Muthia, 2017). Teknologi sintesis membran dengan metode *electrospinning* saat ini dapat dibuat dengan harga terjangkau dan menghasilkan diameter serat mencapai

skala mikro hingga nanometer. Bahan dasar yang dapat digunakan untuk membuat membran *electrospinning* diantaranya bahan anorganik seperti keramik, gelas, logam. Membran *electrospinning* juga dapat dibuat menggunakan berbagai larutan polimer diantaranya PES (*Polyethersulfone*) yang telah dibuat oleh Xu et al. (2018), PVDF (*Polivinylidene flouride*) yang telah dibuat oleh Suryandari (2020), Kitosan yang telah dibuat oleh Yuliana et al. (2018), PVA (*Polyvinyl Alcohol*) yang telah dibuat oleh Hulupi & Haryadi (2019) dan CA (Selulosa Asetat) yang telah dibuat oleh (Choi et al., 2020).

Selulosa asetat memiliki kualitas yang baik untuk berbagai aplikasi. Keunggulan dari CA adalah biaya yang rendah, dan biodegradabilitas. CA juga memiliki kemampuan pembentukan serat yang baik dengan menggunakan variasi larutan. Konsentrasi larutan memengaruhi diameter serat. Serat yang dihasilkan cenderung seragam, permukaannya halus, dan sedikit cacat (Liu & Hsieh, 2002). Adapun faktor yang dapat mempengaruhi kinerja adsorpsi diantaranya, morfologi, dan kondisi fisik membran salah satunya adalah penambahan zat aditif (Indarti et al., 2013). Penambahan material anorganik pada membran dapat meningkatkan sifat mekaniknya. Ojstr et al. (2020) menggunakan *ultra-high* silika zeolit sebagai zat penambah pada membran

selulosa asetat untuk filtrasi VOC (*Volatile Organic Compounds*). Perubahan struktur CA dapat dipengaruhi dengan adanya penambahan zeolit ke dalam polimer selulosa asetat. Maka pada penelitian ini akan dibuat membran *nanofibers* selulosa asetat termodifikasi zeolit 4A komersial menggunakan metode *electrospinning* untuk aplikasi adsorpsi logam Pb (II).

## **B. RUMUSAN MASALAH**

1. Bagaimana kondisi optimum sintesis membran *nanofibers* CA *electrospinning*?
2. Bagaimana karakteristik membran *nanofiber* CA-Zeolit?
3. Bagaimana kemampuan membran *nanofibers* CA-Zeolit dalam logam adsorpsi logam Pb (II).

## **C. BATASAN MASALAH**

1. Bahan yang digunakan untuk membuat membran adalah selulosa asetat ( $M_n = 30.000$  Da, kadar asetil 39,8% ) dengan penambahan Zeolit 4A
2. Metode yang digunakan untuk membuat membran adalah metode *electrospinning*
3. Karakterisasi membran menggunakan SEM, FTIR, dan Uji adsorpsi.

## **D. TUJUAN PENELITIAN**

1. Untuk mengetahui kondisi optimum sintesis membran *nanofibers* CA *electrospinning*

2. Untuk mengetahui karakteristik membran *nanofibers* CA-Zeolit
3. Untuk mengetahui kemampuan membran *nanofibers* CA-Zeolit dalam adsorpsi logam Pb (II).

#### **E. MANFAAT PENELITIAN**

1. Sebagai salah satu alternatif untuk membuat membran dengan bahan baku polimer.
2. Sebagai sumber informasi mengenai pembuatan membran *nanofibers* yang berasal dari selulosa asetat dengan penambahan partikel zeolit menggunakan metode *electrospinning* yang digunakan dalam adsorpsi logam Pb (II).



## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### A. LANDASAN TEORI

##### 1. Membran

Membran merupakan suatu lapisan tipis pemisah dua fasa fluida yaitu fasa umpan (*feed*) dan fasa permeat. Membran bersifat sebagai penghalang (*barrier*) terhadap suatu partikel tertentu. Membran memiliki sifat semipermeabel sehingga dapat menahan berbagai partikel yang ukurannya lebih kecil dari pori-pori membran (Muthia, 2017). Klasifikasi membran berdasarkan material asal ditunjukkan pada Tabel 2.1 (Mulder, 1996).

Berdasarkan morfologinya membran diklasifikasikan menjadi dua, seperti terlihat pada gambar 2.1 (Mulder, 1996).

##### a. Membran simetrik

Membran simetrik memiliki ketebalan dan kerapatan pori homogen di seluruh bagiannya dengan ukuran 10-200  $\mu\text{m}$ . Membran jenis ini memiliki sifat selektivitas (Mulder, 1996).

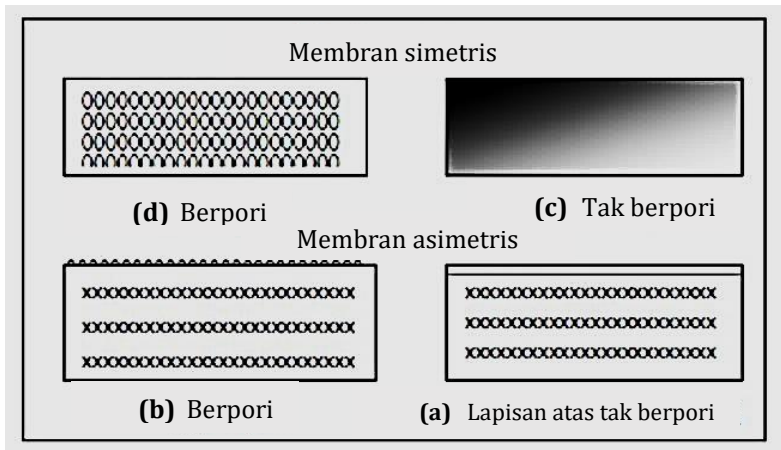
##### b. Membran asimetrik

Membran simetrik memiliki dua jenis lapisan. Lapisan pertama memiliki ketebalan 0,1-0,5  $\mu\text{m}$  sebagai tempat pemisahan sedangkan ketebalan

lapisan kedua adalah 50-150  $\mu\text{m}$  sebagai penyangga. Kemampuan pemisahan membran asimetrik lebih baik dibandingkan dengan membran simetrik, sebab partikel yang melewati membran simetrik dapat menyumbat pori sehingga efektivitas penyaringan menurun (Mulder, 1996).

Tabel 2. 1 Klasifikasi membran berdasarkan material asal

<b>Klasifikasi Membran</b>	<b>Keterangan</b>	<b>Contoh</b>
Membran anorganik	Terbuat dari material anorganik	Keramik, gelas, dan logam
Membran polimer	Terbuat dari polimer	Selulosa asetat, Polivinil florida, dan polisulfon
Membran biologis	Berasal dari makhluk hidup	Lipida



Gambar 2. 1 Klasifikasi membran berdasarkan morfologinya.

Berdasarkan kerapatan pori membran dibedakan menjadi 3, terlihat pada Gambar 2.2 (Mulder, 1996).

a. Membran berpori

Mikrofiltrasi dan ultrafiltrasi umumnya menggunakan membran jenis ini. Berdasarkan ukuran kerapatan porinya, membran dibagi menjadi 3:

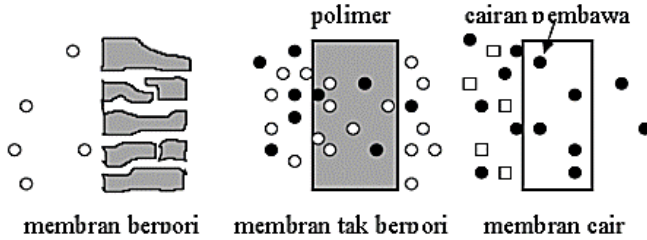
- 1) Makropori: ukuran pori  $>50$  nm
- 2) Mesopori: ukuran pori 2-50 nm
- 3) Mikropori: ukuran pori  $< 2$  nm

b. Membran non-pori

Membran non-pori dapat diaplikasikan dalam pemisahan partikel cair ataupun gas. Membran dengan lapisan tipis berukuran  $0,001 \mu\text{m}$  dan kerapatan rendah. Membran non-pori digunakan dalam pemisahan gas dan pervaporasi (Mulder, 1996).

c. *Carrier* membran

Perpindahan massa pada membran jenis ini bukan ditentukan dari bahan materialnya melainkan dari molekul pembawanya. Selektivitas bergantung pada sifat molekul pembawanya. Partikel yang dipisahkan diantaranya berupa ionik, cairan, gas, dan non-ionik (Mulder, 1996).



Gambar 2. 2 Klasifikasi membran berdasarkan

## 2. *Nanofibers*

*Nanofibers* adalah serat padat yang memiliki diameter sangat kecil. *Nanofibers* merupakan serat dengan diameter kurang dari 1000 nm atau  $1\mu$  (Nasir et al., 2017). *Nanofibers* memiliki luas permukaan per satuan massa yang besar serta ukuran pori kecil dan memiliki sifat mekanik yang tinggi. Aplikasi *nanofibers* dalam berbagai bidang sedang menjadi tren akhir-akhir ini (Sari, 2018). *Nanofibers* dapat diaplikasikan dalam dunia medis seperti pembawa obat-obatan ke dalam tubuh, pembalut luka, implant medis, biosensor, dan *tissue engineering* (Munir.,et al, 2008). Selain itu, *nanofibers* juga dapat diaplikasikan dalam adsorpsi seperti penelitian yang telah dilakukan sebelumnya (Choi et al., 2020). Keunggulan dari *nanofibers* adalah memiliki porositas yang tinggi dan struktur pori yang saling bersambung sehingga menghasilkan sifat

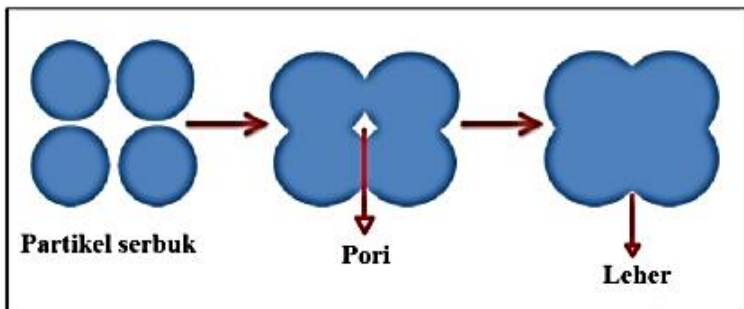
permeabilitas yang tinggi. Adapun pembuatan *nanofibers* yang paling efektif adalah dengan menggunakan metode *electrospinning* (Mataram et al., 2016).

### 3. Teknik pembuatan membran

Ada beberapa teknik yang digunakan dalam pembuatan membran:

#### a. Sintering

Teknik sintering sering digunakan dalam pembuatan membran ultrafiltrasi dan mikrofiltrasi keramik atau logam. Partikel bahan ditekan dan dipanaskan di bawah suhu lebur. Struktur membran adalah simetris dan ukuran pori mencapai skala mikrometer (Baker, 2004). Teknik sintesis membran menggunakan metode sintering ditunjukkan oleh Gambar 2.3 (Etiana, 2017).



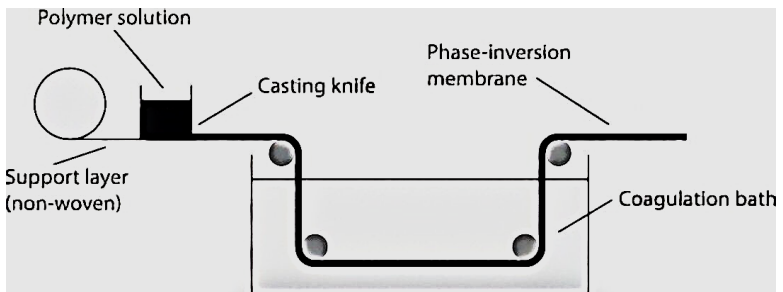
Gambar 2. 3 Teknik Sintering

b. *Stretching*

Teknik ini digunakan untuk menghasilkan membran polimer mikrofiltrasi. Pada saat semi kristal polimer ditarik searah dengan proses ekstruksi sehingga molekul-molekulnya paralel satu sama lain. Apabila tegangan mekanik diberikan maka terjadilah pemutusan serta terbentuk struktur pori berukuran 0,1-0,3  $\mu\text{m}$  (Prastowo, 2008).

c. *Track-etching*

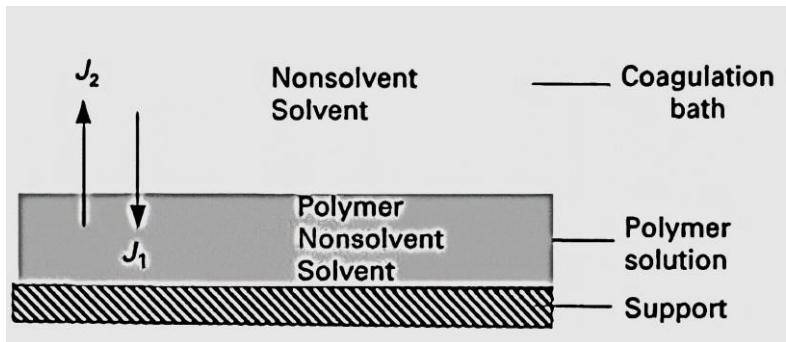
Metode pembuatan membran jenis ini yakni dengan cara menembak partikel radiasi berenergi tinggi secara tegak lurus kearah film. Matrik polimer akan terbentuk goresan (pori silinder) setelah dicelupkan dalam bak asam atau basa. (Prastowo, 2008). Teknik *track-etching* ditunjukkan pada Gambar 2.4 (Mulder, 1996).



Gambar 2. 4 Teknik *track etching*

d. Inversi fasa

Inversi fasa merupakan salah satu metode yang digunakan dalam fabrikasi membran. Perubahan bentuk polimer dari fasa cair menjadi padatan. Proses pepadatan dimulai transisi dari fasa cairan satu menjadi dua cairan (*liquid-liquid demixing*). Saat proses *demixing*, salah satu fasa cair (konsentrasi yang tinggi) akan berubah menjadi matriks padatan (Prastowo, 2008). Gambar 2.5 menunjukkan skema metode pembuatan membran dengan teknik inversi fasa (Mulder, 1996).



Gambar 2. 5 Teknik inversi fasa

e. *Electrospinning*

*Electrospinning* merupakan teknologi yang digunakan untuk memproduksi serat polimer dengan diameter 2 nm hingga skala mikrometer menggunakan bahan polimer alam maupun sintetik

(Ahn et al., 2006; Lannutti et al., 2007; Hunley & Long, 2008). Metode *electrospinning* telah terbukti sebagai metode yang efektif untuk membuat nanokomposit yang terdispersi dengan baik dan dapat dilakukan produksi berulang (Bergshoef & Vancso, 1999; Fong et al., 2002; Li et al., 2005; Sen et al., 2004).

#### **4. *Electrospinning***

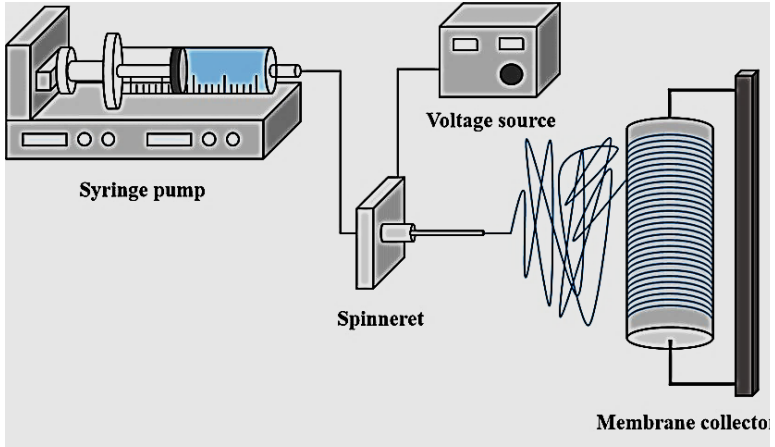
*Electrospinning* ditemukan oleh Rayleigh pada tahun 1897 (Bhardwaj & Kundu, 2010). Sejak tahun 1990 teknik *electrospinning* telah dikembangkan dan digunakan dalam preparasi nanokomposit. *Electrospinning* menggunakan muatan listrik untuk memintal serat pada skala mikro atau nano. Distribusi ukuran pori dari membran *electrospinning* lebih mudah diatur pada skala sub mikron dengan cara menyesuaikan materialnya dan parameter proses *electrospinning*. Serat relatif seragam dibandingkan membran yang difabrikasi menggunakan teknik konvensional seperti inversi fasa (Zhou et al., 2015). Serat yang diproduksi dengan menggunakan metode ini menghasilkan luas permukaan dan kapasitas penyerapan yang tinggi terhadap ion logam berat. Serta harga pembuatan membran dengan metode *electrospinning* mudah dijangkau (Tian et al., 2011).



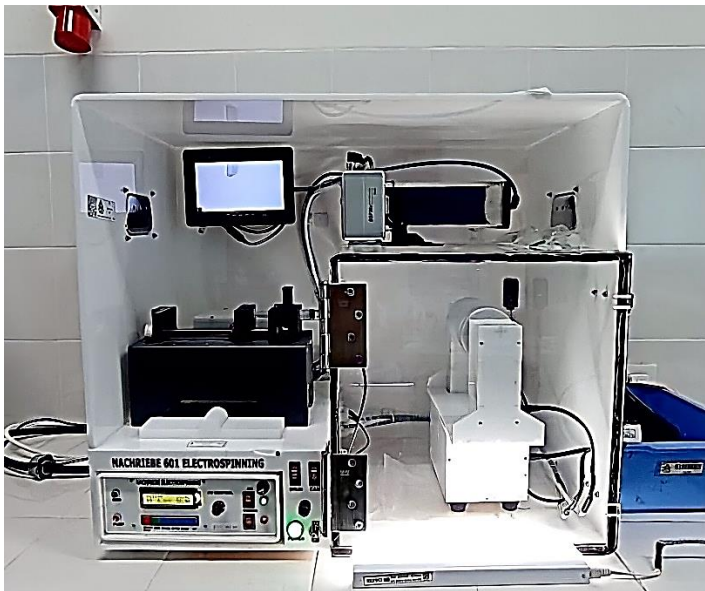
Proses pembuatan membran *electrospinning* dimulai dengan cara mengaliri larutan polimer dengan medan listrik tegangan tinggi, sehingga *droplet* (tetesan) polimer membentuk *taylor cone* lalu membentuk jet yang keluar secara kontinyu dari ujung jarum menuju kolektor. Hasil berupa serat polimer dengan ukuran diameter dalam sub mikron (Sosiati et al., 2018; Z. M. Huang et al., 2003). Kondisi lingkungan dan parameter sistem seperti berat molekul, konstanta dielektrik, dan konduktivitas mempengaruhi serat yang dihasilkan. Sistem bergantung pada pengeringan pelarut untuk menghasilkan serat (Snowdon & Liang, 2020). Skema alat *electrospinning* ditunjukkan oleh Gambar 2.6 (Gonzales et al., 2018) **(a)**. Alat *electrospinning* yang digunakan dalam penelitian ini ditunjukkan pada Gambar 2.6 **(b)**.

## **5. Material membran**

Membran dapat terbuat dari berbagai macam material baik bahan alami maupun sintesis. Membran dapat terbuat dari komposit polimer maupun keramik. Bahan polimer dipilih sebagai bahan pembuatan membran untuk adsorpsi zat warna, ion logam, emulsi minyak, dan filtrasi air. Bahan polimer yang dapat digunakan untuk membuat membran ada delapan macam diantaranya, Polyacrylonitrile, Polyethersulfone,



(a)



(b)

Gambar 2. 6 Skema alat *electrospinning* (a) alat *electrospinning* (b)

Polytherane, Polyester, selulosa asetat, kitosan, dan Polyvinyl alcohol. Bahan baku polimer dipilih berdasarkan faktor strukturalnya. Sifat termal, kimia, dan mekanik ditentukan oleh faktor struktural. Faktor-faktor tersebut akan memengaruhi sifat permeabilitas polimer (Snowdon & Liang, 2020).

## **6. Selulosa asetat (CA)**

Biopolimer cukup diminati dalam aplikasi pengurai logam sebab tidak menghasilkan limbah padat, dan biodegradabel. Selulosa tersedia melimpah dan dapat diperbaharui di sebagian dunia, hal tersebut yang menjadikan harga bahan materialnya murah (Dakiky et al., 2002). CA merupakan turunan dari selulosa yang dihasilkan dari proses asetilasi baik secara heterogen atau homogen (Rodrigues Filho et al., 2008). CA dapat merejeksi fluks dan garam yang tinggi, relatif mudah diaplikasikan karena *renewable* (Muthia, 2017). Secara luas, CA diaplikasikan untuk serat sintetik. Membran *electrospinning* CA telah digunakan dalam proses pemisahan (Ma et al., 2005; Zhang & Hsieh, 2008). Struktur molekul selulosa asetat ditunjukkan pada Gambar 2.7 (Wikipedia).

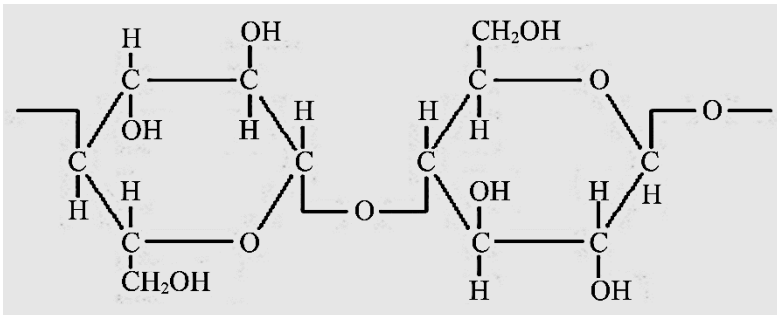
## **7. Aseton**

Aseton merupakan senyawa turunan keton yang paling sederhana. Aseton merupakan senyawa kimia

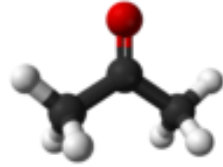
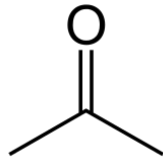
dengan rumus  $\text{CH}_3\text{COCH}_3$  dengan sifat fisik berupa cairan tidak berwarna dan sifatnya mudah terbakar. Aseton merupakan pelarut keton yang sederhana. Aseton memiliki massa molar 58,08 g/mol, densitas sebesar  $0,79 \text{ g/cm}^3$ , titik lebur  $-94,9^\circ\text{C}$  (178,2 K), titik didih  $56,53^\circ\text{C}$  (329,4 K) dengan bentuk molekul trigonal planar pada  $\text{C}=\text{O}$  seperti yang ditunjukkan oleh Gambar 2.8 (Wikipedia).

### 8. *N,N*-Dimethylacetamide (DMAc)

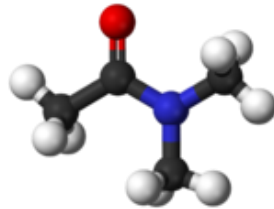
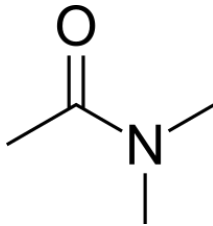
DMAc adalah senyawa organik dengan rumus kimia  $\text{CH}_3\text{C}(\text{O})\text{N}(\text{CH}_3)_2$ . DMAc memiliki sifat fisik cair tidak berwarna dan tidak larut dalam air. DMAc memiliki masa molar  $87,122 \text{ g. mol}^{-1}$  dan kepadatan  $0,937 \text{ g/mL}$ . Struktur molekul DMAc ditunjukkan pada Gambar 2.9 (Wikipedia).



Gambar 2. 7 Struktur molekul selulosa asetat



Gambar 2. 8 Struktur molekul aseton



Gambar 2. 9 Struktur molekul DMAc

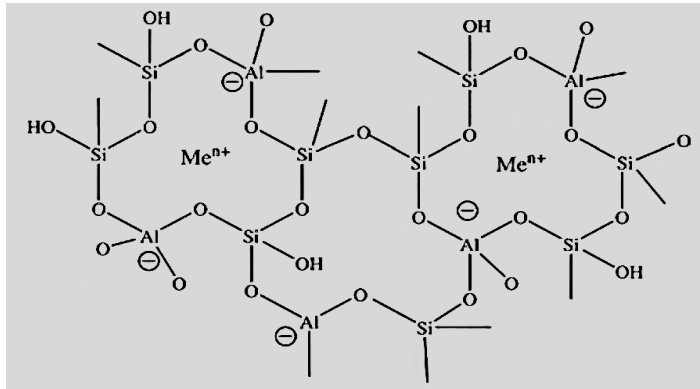
## 9. Zeolit

Pada tahun 1756, untuk pertama kalinya zeolit alam telah ditemukan sebagai sumber yang berpotensi besar. Zeolit alam telah dikembangkan secara cepat. Zeolit merupakan senyawa yang tersusun atas silika ( $\text{SiO}_2$ ) dan alumina ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ). Zeolit merupakan kristal alumina silikat terhidrasi yang mengandung kation alkali dan alkali tanah. Zeolit memiliki rumus umum  $\text{M}_{2n}\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot x\text{SiO}_2 \cdot y\text{H}_2\text{O}$ . Dimana, M = kation logam alkali atau alkali tanah, n = valensi kation, x = suatu harga dari 2-10, y = suatu harga dari 2-7. Unsur Silika (Si) dan Alumunium (Al) dikelilingi anion oksigen ( $\text{O}^{2-}$ ). Kation Si dapat disubsitusi oleh kation Al sehingga

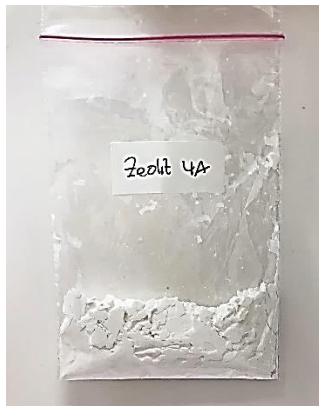
menghasilkan muatan negatif. Muatan negatif menyebabkan zeolit mampu mengikat unsur logam alkali ( $Na^+$ ) dan alkali tanah ( $Mg^+$ ) secara elektrostatis sebagai kation penyeimbang serta molekul air pada rongga-rongganya (Moshoeshoe et al., 2017). Zeolit memiliki struktur pori terbuka dengan luas permukaan yang besar sehingga memungkinkan penyerapan molekul- molekul semakin tinggi. Zeolit merupakan salah satu dari padatan anorganik yang memiliki sisi aktif pada permukaan. Sisi aktif dari zeolit adalah gugus-OH. Sehingga zeolit dapat digunakan sebagai adsorben dalam penyerapan (Eka & Side, 2020). Gambar 2.10 **(a)** menunjukkan struktur molekul zeolit (Moshoeshoe et al., 2017) dan **(b)** serbuk zeolit yang digunakan dalam penelitian ini.

Penambahan zeolit ke dalam polimer CA dapat mempengaruhi perubahan struktur selulosa. Sifat polar yang dimiliki oleh zeolit mengakibatkan senyawa-senyawa polar seperti air dan etanol cenderung terserap (Nasrun, 2012). Zeolit dapat dijadikan sebagai adsorben dimana molekul polar terserap kuat dibandingkan molekul non polar. (Arahman, 2012). Zeolit dikenal sebagai mineral aluminasilikat yang mengandung logam alkali. Zeolit tersedia secara komersial sebagai adsorben dan katalis. Kekuatan mekanik, fisik, dan struktur

membran CA dapat diubah dengan cara memberikan zat aditif salah satunya zeolit.



(a)



(b)

Gambar 2. 10 Struktur molekul (a) dan serbuk zeolit (b)

Zeolit memiliki sifat kapasitas tukar kation yang tinggi dan memiliki pori-pori yang dapat berperan sebagai adsorben logam berat dan degradasi zat warna

kationik (Suryandari, 2020). Penambahan zeolit diharapkan dapat meningkatkan pori-pori pada permukaan membran dan meningkatkan kapasitas penyerapan sehingga dapat diaplikasikan sebagai media adsorpsi logam Pb (II).

## **10. Logam**

Peningkatan industri logam dan aktivitas agrokultural mengakibatkan polusi secara global. Polusi air umumnya disebabkan oleh ion logam, tumpahan minyak, dan zat warna organik (G. Yuan et al., 2018). Logam berat merupakan unsur yang memiliki densitas  $> 5 \text{ g/cm}^3$  dalam air baik tersuspensi maupun terlarut. Keberadaan logam berat disebabkan adanya limbah industri, pertambangan, dan pertanian (Yudo, 2006). Logam berat di dalam air menjadi fokus permasalahan global karena tidak dapat diuraikan oleh lingkungan (Mary jacob et al., 2018).

Logam berat dapat berakumulasi dengan ekosistem sebelum akhirnya masuk ke dalam tubuh manusia (Roy & Srivastava, 2021). Logam berat dibedakan menjadi 2, yakni logam berat esensial yang keberadaannya dibutuhkan organisme hidup dalam kadar tertentu. Apabila dalam kadar berlebih kehadirannya dapat menjadi racun, contohnya adalah logam Fe. Sedangkan jenis yang kedua adalah logam berat non esensial



contohnya Pb (Timbal). Logam Pb merupakan unsur dari golongan IV A dalam tabel periodik. Pb (II) merupakan timbal yang sering ditemui di lingkungan. Logam Pb bersifat toksik dan karsiogenik (Singh et al., 2020). Efek jangka panjang apabila keracunan logam Pb adalah hipertensi dan penyakit hati. Logam Pb juga dapat mengakibatkan gangguan metabolisme pada tubuh (Dewa et al., 2015).

Logam Pb memiliki jari-jari ion sebesar  $1.19(+2) \text{ \AA}$  atau 119 ppm dalam satuan nanometer sebesar 0,119 nm (Gelsonluz.com). Menurut ketentuan *Public Health Service* Amerika Serikat, kandungan Pb pada sumber air masyarakat tidak boleh lebih dari 0,05 ppm, sedangkan menurut WHO batas Pb di dalam air sebesar 0,1 ppm serta berdasarkan PP Nomor 20 tahun 1990 baku mutu timbal adalah 0,1 ppm (Indarti et al., 2017).

## **11. Karakterisasi**

*Nanofibers* yang difabrikasi menggunakan metode *electrospinning* dikarakterisasi menggunakan beberapa variasi bergantung dengan metode preparasinya dan sifat yang diinginkan untuk aplikasi. Umumnya, struktur morfologi *nanofibers* dikarakterisasi menggunakan teknik mikroskopik. Komposisi *nanofibers*

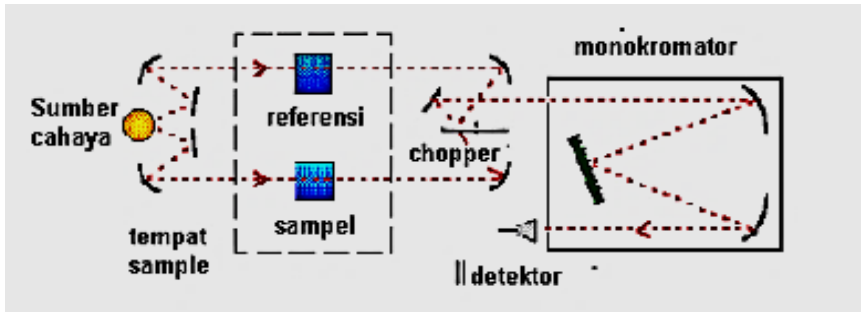
dikarakterisasi menggunakan teknik spektrokopi (Aruchamy et al., 2018).

**a. FTIR**

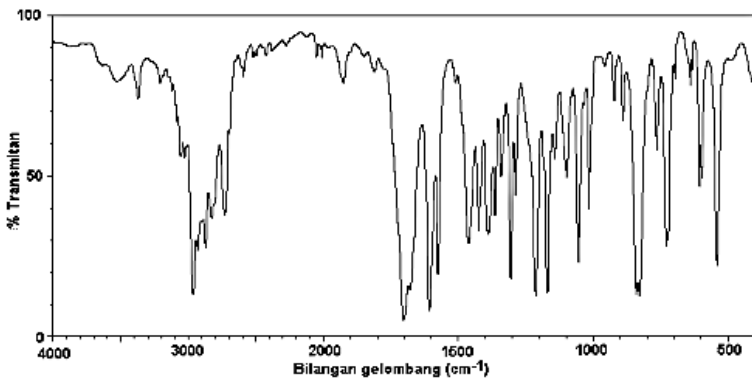
(*Fourier Transform Infrared Spectroscopy*) FTIR. Radiasi inframerah dengan frekuensi kurang dari  $100\text{ cm}^{-1}$  atau memiliki panjang gelombang lebih dari  $100\text{ }\mu\text{m}$  terserap oleh molekul lalu dikonversi ke dalam energi rotasi molekul. Sedangkan radiasi inframerah yang memiliki frekuensi antara  $10.000$  sampai  $100\text{ cm}^{-1}$  atau panjang gelombang antar  $1-100\text{ }\mu\text{m}$ , maka radiasi yang diserap molekul akan diubah menjadi energi vibrasi molekul.

Vibrasi molekul atau getaran pada molekul terjadi apabila suatu molekul terdiri dari dua atom atau lebih. Terdapat dua jenis vibrasi molekul yaitu *stretching* (ulur) dan *bending* (tekuk). Vibrasi *stretching* adalah pergerakan atom yang teratur sepanjang sumbu ikatan antara dua atom sehingga jarak antara atom dapat bertambah atau berkurang. Vibrasi *bending* merupakan pergerakan atom yang menyebabkan perubahan sudut ikatan antara dua ikatan atau pergerakan dari sekelompok atom terhadap atom lainnya. Vibrasi *bending* meliputi

*scissoring (deform nation), wagging, twisting dan rocking (Setiabudi et al., 2012). Apabila suatu radiasi*



(a)



(b)

Gambar 2. 11 Skema instrumentasi FTIR (a)  
spektrum hasil FTIR (b)

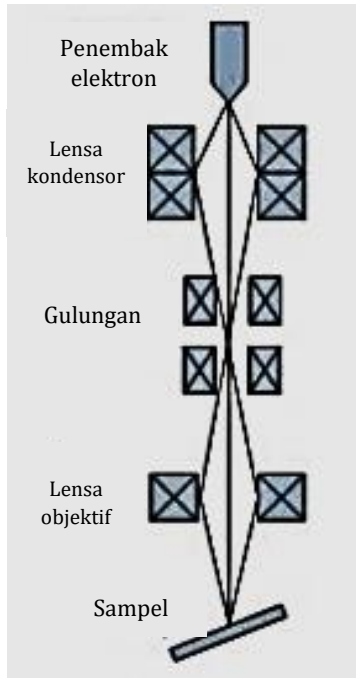
IR dilewatkan pada sampel senyawa pada frekuensi tertentu, maka energi radiasi akan diserap oleh senyawa. Frekuensi yang dilewatkan pada sampel akan ditangkap oleh detektor. Radiasi yang tidak

terserap diukur sebagai persen transmisi. Skema alat FTIR ditunjukkan oleh Gambar 2.11 **(a)**. Spektrum yang dihasilkan berupa bilangan gelombang pada sumbu x dan persen transmisi pada sumbu y. Spektrum hasil uji FTIR ditunjukkan oleh Gambar 2.11 **(b)** (Dachriyanus, 2004).

**b. SEM EDX(*Scanning Electron Microscopy Energy Dispersive X-Rays*)**

SEM merupakan salah satu teknik yang digunakan karakterisasi membran yang berfungsi untuk mengamati struktur permukaan pori. Berdasarkan berkas elektron yang terdeteksi (ditransmisi atau dihambur balikan) instrumentasi elektron mikroskopi terdiri dari dua tipe, *Scanning Electron Microscopy* (SEM) dan *Transmission Electron Microscopy* (TEM). Berkas elektron pada SEM ditembakkan ke permukaan sampel, *image* diperoleh berdasarkan hasil deteksi elektron yang dihambur balikkan atau berdasarkan elektron sekunder. Pada permukaan sampel memiliki energi yang rendah sekitar 5-50 eV. Energi permukaan menghasilkan elektron sekunder. Sedangkan elektron yang dihambur balikan berasal dari bagian sampel yang lebih dalam. Sampel tersebut memberikan informasi mengenai komposisi sampel, sebab elektron yang

lebih berat menghamburkan sehingga image yang dihasilkan lebih terang. Instrumentasi SEM ditunjukkan oleh Gambar 2.12 (Setiabudi et al., 2012).



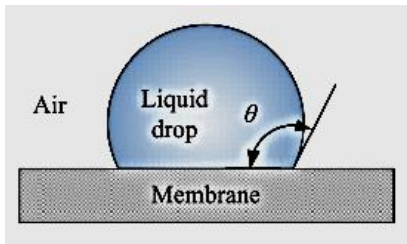
Gambar 2. 12 Instrumentasi SEM

EDX adalah satu teknik untuk menentukan komposisi atom yang tersusun pada suatu material. EDX juga dapat mengumpulkan informasi mengenai topografi dan kristalografi suatu material. Interaksi *electron beam* dengan sampel menghasilkan emisi *X-rays*. Karakteristik *X-rays* suatu elemen dipisahkan oleh energi spektrum oleh detektor EDX, yang mana

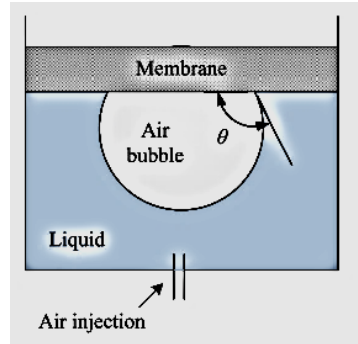
penurunan sampel spesifik dapat dideteksi hingga batas 1000 ppm atau 0,1 wt%. Setelah itu pemetaan komposisi sampel spesifik dapat dibuat (Ellingham, 2018).

### c. Sudut Kontak (*contact angel*)

Pengukuran sudut kontak digunakan untuk mengetahui sifat hidrofobisitas permukaan membran (Suryandari et al., 2019). Pengukuran sudut kontak diklasifikasikan menjadi dua metode. Metode pengukuran sudut kontak statis dan kontak dinamis. Beberapa metode pengukuran sudut kontak statis diantaranya: metode *sessile drop* dan metode *captive bubble*. Adapun pada metode *sessile drop*, permukaan membran ditetesi sebuah cairan lalu diukur sudut kontak antara tetesan dengan permukaan membran. Skema metode *sessile drop* ditunjukkan oleh Gambar 2.13 **(a)**. Metode *captive bubble* dengan cara merendam membran dalam air. Lalu gelembung udara dimasukkan, sudut kontak gelembung udara yang terdapat pada bagian permukaan membran bawah setelah itu diukur. Metode *captive bubble* ditunjukkan oleh Gambar 2.13 **(b)** (Wenten et al., 2015).



(a)



(b)

Gambar 2. 13 Metode *sessile drop* (a) *captive drop* (b)

#### d. Adsorpsi

Adsorpsi merupakan proses perpindahan komponen dari fase satu ke fase lainnya melewati pembatas. Substansi yang terserap disebut adsorbat, sedangkan bahan yang menyerap adalah adsorben. Adsorpsi dibagi menjadi 2 yaitu secara fisika dan kimia. Adsorpsi fisika melibatkan gaya van der Waals sehingga molekul adsorbat menempel pada permukaan adsorben. Sedangkan adsorpsi kimia terjadi sebab reaksi kimia dari molekul adsorbat di permukaan adsorben. Adapun faktor yang memengaruhi proses adsorpsi diantaranya (Suarsa, 2016) :

- 1) Luas permukaan adsorben
- 2) Ukuran partikel adsorben

- 3) Lama waktu adsorpsi
- 4) Dosis adsorben

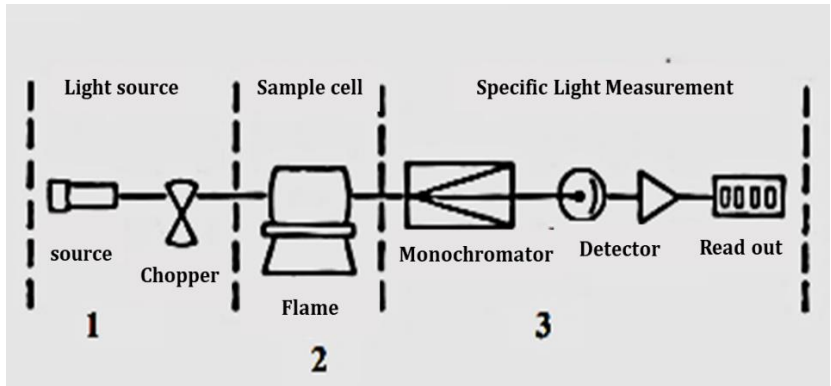
Metode adsorpsi adalah salah satu metode yang digunakan dalam penghilangan kandungan logam berat. Kelebihan metode adsorpsi adalah mudah dilakukan, harga terjangkau, dan kapasitas penyerapan yang tinggi. Pemilihan adsorben (zat penyerap) harus dipertimbangkan agar mencapai agar proses adsorpsi berhasil. Adapun beberapa sifat yang harus dimiliki adsorben adalah luas permukaan, porositas, dan kapasitas penyerapan. Salah satu adsorben yang telah digunakan seperti logam oksida. Penggunaan nanopartikel dalam proses penyerapan sangat menantang. Para ilmuwan berlomba-lomba untuk membuat adsorben dari nanopartikel (Gebru & Das, 2017).

**e. Analisis AAS (*Atomic Absorption Spectroscopy*)**

AAS digunakan untuk mengetahui kandungan dari logam yang mencemari air berdampak buruk pada kesehatan manusia seperti Mn, Fe, Zn, dan Pb (G. Yuan et al., 2018). Metode AAS menyerupai metode spektrofotometri. Prinsip kerja Spektrofotometri adalah cahaya (monokromatik maupun campuran) mengenai suatu medium homogen. Sebagian dari sinar yang masuk akan dipantulkan sebagian lainnya



diserap oleh medium dan sebagian yang lain diteruskan. Cahaya yang diteruskan merupakan nilai absorbansi karena berhubungan dengan konsentrasi sampel (Hasibuan, 2015).



Gambar 2. 14 Skema Instrumentasi AAS

Prinsip kerja dari AAS adalah cahaya diserap oleh atom-atom pada panjang gelombang tertentu. Energi yang dihasilkan saat terjadi absorpsi sangat besar sehingga atom-atom yang berada di keadaan dasar mengalami eksitasi. Panjang gelombang menghasilkan garis spektrum yang tajam dan intensitas maksimum. Instrumentasi AAS terdiri dari lampu *hollow cathode* sebagai sumber radiasi. Monokromator berfungsi sebagai pemisah lampu katoda. Detektor berfungsi sebagai pengolah data sinyal radiasi. Amplifier sebagai penguat sinyal dan pencatat berfungsi untuk menampilkan sinyal listrik

menjadi tampilan tertentu. Instrumen AAS terlihat pada Gambar 2.14 (Djunaidi, 2018).

## **B. KAJIAN PUSTAKA**

Penelitian oleh Choi et al. (2020) fabrikasi membran selulosa asetat menggunakan metode *electrospinning* sebagai zat penyerap logam Cu (II), Cd (II), an Pb (II). Adsorbat membentuk lapisan monolayer yang homogen dengan energi penyerapan terdistribusi di permukaan *nanofibers*. Tian et al. (2011) telah membuat membran selulosa asetat sebagai penyerap logam berat dalam pemurnian air. Penelitian ini memberikan informasi yang baik mengenai fabrikasi membran dengan harga murah dan kapasitas penyerapan yang tinggi.

Penelitian oleh Liu & Hsieh (2002) dalam membuat membran selulosa asetat. Serat membran memiliki porositas yang tinggi, cenderung seragam, dan sedikit cacat. Konsentrasi larutan CA mempengaruhi banyak sedikitnya *beads*. Wang et al. (2019) telah membuat membran selulosa asetat dengan metode *electrospinning* untuk aplikasi pemisah minyak dan air. Taha et al. (2012) telah membuat membran berbasis CA dengan penambahan komposit silica menggunakan metode *electrospinning*. Membran digunakan dalam aplikasi adsorpsi logam berat, dan zat warna. Ojstr et al. (2020) telah membuat membran CA dengan metode *electrospinning* dan penambahan zeolit. Penambahan *ultra-*

*high* silika zeolit untuk filtrasi VOC (*Volatile Organic Compounds*) menunjukkan adanya peningkatan kapasitas penyerapan di dalam air.

### C. KERANGKA BERPIKIR

Bahan dasar sampel yaitu selulosa asetat komersial dengan berat molekul rata-rata 30.000 Da dan kadar asetil 39.8%. Serbuk selulosa asetat dilarutkan menggunakan pelarut aseton/DMAc. Setelah itu, larutan tersebut difabrikasi menggunakan *electrospinning* lalu diamati permukaannya menggunakan mikroskop optik untuk mengetahui kondisi optimumnya. Lalu, dilakukan modifikasi membran CA dengan menggunakan zeolit 4A. Pada tahap akhir, membran *nanofibers* dikarakterisasi menggunakan FTIR untuk mengetahui gugus fungsi yang terserap oleh membran lalu dibandingkan dengan data *base*, uji SEM EDX untuk mengetahui morfologi dan unsur yang terkandung, dan uji adsorpsi untuk mengetahui sifat hidrofobisitas dari membran *nanofibers*. Setelah itu, dilakukan adsorpsi untuk mengetahui kandungan ion logam Pb (II) yang telah terserap oleh membran *nanofibers* CA dan CA-Zeolit.

## BAB III

### METODOLOGI PENELITIAN

#### A. Tempat Dan Waktu Penelitian

Pembuatan membran *nanofibers* dilaksanakan di Laboratorium Fisika Material, Laboratorium Kimia dan Laboratorium Biologi Universitas Islam Negeri Walisongo Semarang. Pelaksanaan penelitian dimulai bulan April- Juni.

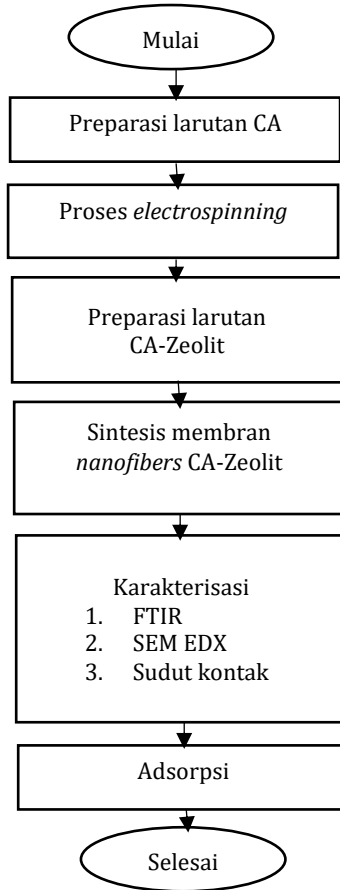
#### B. Alat Dan Bahan

Peralatan yang akan digunakan dalam penelitian ini diantaranya: Timbangan digital, *Magnetic stirrer*, peralatan gelas, aluminium foil, kaca preparat, selotip, penggaris, *electrospinning* Dinamo Ex Printer 12-24V serial STD MTR QK1-4677 *speed rate* 3200 rpm, SEM EDX (*Scanning Electron Microscope*) Phenom ProX, Mikroskop optik binokuler, FTIR (*Fourier Transformed Infrared*), *Optical Contact Angle* OCA 25 dan AAS (*Atomic Absorption Spectrophotometer*) *Thermo scientific* iCE 3000 Series.

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini sebagai berikut: Selulosa asetat *Aldrich* dengan kadar asetil 39.8%, berat  $M_n$ : 30.000 Da, Aseton *pa* dari Merck, DMAc, Zeolit 4A Merck, *Aquades*, dan  $Pb(NO_3)_2$  *pa*.

#### C. Prosedur Penelitian

Prosedur penelitian ini disajikan dalam bentuk diagram alir seperti yang ditunjukkan oleh Gambar 3.1.



Gambar 3. 1 Diagram alir penelitian

### 1. Preparasi larutan selulosa asetat

Selulosa asetat dilarutkan ke dalam 3:1 aseton/DMAc dan diaduk menggunakan *magnetic stirrer* selama 24 jam (Mehrabi et al., 2017).

## 2. Proses *electrospinning*

Larutan CA yang telah disintesis dimasukkan ke dalam *syringe* dan diletakkan ke *electrospinning*. Setelah itu diatur laju alir, tegangan, dan jarak antara *spinert* dengan kolektor. Adapun beberapa parameter yang mempengaruhi kondisi optimum membran *ectrospinning* diantaranya:

### a. Konsentrasi

Kosentrasi CA dibuat dengan variasi 12, 14, 16, 18% (Mehrabani et al., 2017).

### b. Tegangan

Tegangan yang digunakan dalam penentuan kondisi optimum membran CA menggunakan variasi 7; 7,5; 8; 8,5; 9; 9,5; 10; 10,5; dan 11 kV.

### c. Laju alir

Pada penelitian ini, variasi laju alir yang digunakan yakni 0.02, 0.04, 0.06 mL/H.

### d. Jarak ujung jarum ke kolektor

Jarak diukur dari ujung jarum hingga kolektor menggunakan penggaris dengan variasi 10, 11, 12, dan 13 cm (Suryandari et al., 2019).

## 3. Preparasi larutan CA-Zeolit

Larutan CA dengan konsentrasi paling optimum ditambahkan partikel zeolit sedikit demi sedikit dan diaduk menggunakan *magnetic stirrer* selama 24 jam.

Adapun variasi penambahan zeolit ditunjukkan oleh Tabel 3.1.

Tabel 3. 1 Variasi penambahan zeolit

Sampel	Konsentrasi Zeolit % (b/b)
A	0
B	2
C	4
D	6

#### 4. Karakterisasi

Membran *nanofibers* yang telah terkumpul di alumunium foil (kolektor) selanjutnya diambil dan dikarakterisasi meliputi:

a. Karakterisasi FTIR (*Fourier Transform Infra Red*)

Pengujian *Fourier Transform Infra Red* (FTIR) digunakan untuk mengetahui gugus fungsi yang terkandung dalam sampel. Spektrum absorbansi didapatkan pada kisaran  $4000-400\text{ cm}^{-1}$  dengan resolusi  $4\text{ cm}^{-1}$  (Ojstr et al., 2020). Pengujian dilakukan di Laboratorium Fisika Material UIN Walisongo Semarang.

b. Karakterisasi SEM EDX (*Scanning Electron Microscope Energy Dispersive X-Ray*)

Pengujian SEM EDX berfungsi untuk mengetahui morfologi dan kandungan unsur dari

membran *nanofibers* CA, zeolit, dan CA-Zeolit. Pengukuran permukaan sampel dilakukan dengan cara menembakkan sinar elektron di dalam ruang hampa. Rata-rata diameter serat dicitrakan melalui aplikasi Photoshop dan diolah menggunakan aplikasi excel (Suryandari et al., 2019). Pengujian SEM EDX dilakukan di Laboratorium MIPA Universitas Negeri Semarang.

c. Sudut Kontak

Pengujian sudut kontak dilakukan untuk mengetahui sifat hidrofobik dari membran. Membran *nanofibers* CA dan CA-Zeolit dipotong selebar 3×3 cm lalu diuji menggunakan *Optical Contact Angle* OCA 25 di Laboratorium Terpadu Universitas Diponegoro Semarang.

5. Adsorpsi

Adsorpsi bertujuan untuk mengetahui penurunan kadar ion logam Pb (II). Pada proses ini, membran *nanofibers* CA, CA-Zeolit berfungsi sebagai adsorben (zat penyerap) sedangkan larutan ion logam Pb (II) sebagai adsorbat (zat terserap). Molekul adsorbat akan menempel pada permukaan adsorben sehingga kadar ion logam Pb (II) mengalami penurunan. Adapun langkah-langkah yang dilakukan dalam proses adsorpsi diantaranya:



a. Pembuatan kurva kalibrasi

Pembuatan kurva kalibrasi dengan cara membuat sederet larutan ion logam Pb (II) dengan konsentrasi 0.25, 0.5, 1.0, 2.0, dan 4.0 ppm kemudian diukur absorbansinya menggunakan AAS. Plot konsentrasi dengan absorbansi sehingga diperoleh persamaan garis lurus.

$$y = ax + b \quad (3.1)$$

dimana x adalah konsentrasi, y adalah absorbansi, a adalah kemiringan (*slope*) dan b adalah intersep.

b. Proses Adsorpsi ion logam Pb (II)

Ion logam Pb (II) konsentrasi 2,17 ppm disiapkan dalam gelas ukur sebanyak 4 buah. Membran *nanofibers* CA dan CA-Zeolit 2, 4, 6% ukuran 3×3 cm dimasukkan ke dalam gelas ukur berisi larutan logam Pb (II) masing-masing 3 buah. Setelah itu larutan tersebut diaduk menggunakan *magnetic stirrer* selama 4 jam. Selanjutnya larutan disaring menggunakan kertas saring lalu diukur menggunakan AAS untuk mengetahui penurunan kadar logam Pb (II).

c. Penentuan konsentrasi ion logam Pb (II)

Larutan ion logam Pb (II) yang sudah diadsorpsi menggunakan membran *nanofibers* CA dan CA-Zeolit dikarakterisasi menggunakan AAS

sehingga didapatkan nilai absorbansi. Nilai konsentrasi logam Pb (II) setelah adsorpsi dihitung menggunakan persamaan 3.2.

$$x = \frac{y-b}{a} \quad (3.2)$$

dimana x adalah konsentrasi larutan ion logam Pb (II) setelah adsorpsi, y adalah absorbansi, a adalah kemiringan (*slope*) dan b adalah intersep.

## BAB IV

### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### A. Hasil Preparasi Larutan Membran

##### 1. Proses pembuatan larutan CA

Proses pembuatan larutan CA dengan cara melarutkan selulosa asetat ke dalam 3:1 pelarut aseton DMAc. Variasi larutannya yaitu 12, 14, 16, dan 18%. Larutan CA yang telah larut sempurna dimasukkan ke dalam *syringe* dan dibiarkan beberapa saat untuk menghilangkan gelembung akibat proses *stirrer*. Larutan CA dalam *syringe* ditunjukkan oleh Gambar 4.1.



Gambar 4. 1 Larutan CA dalam syringe

#### B. Sintesis Membran *Nanofibers* CA

*Syringe* berisi larutan CA ditempatkan ke mesin *electrospinning* seperti gambar 2.6 **(b)**. Larutan polimer yang diberi laju alir mulai membentuk *droplet* pada ujung *syringe*. Selanjutnya *droplet* membentuk *taylor cone*. Ujung

*taylor cone* tertarik oleh medan listrik sehingga membentuk jet. Lalu serat terkumpul pada kaca preparat yang telah dipasang di kolektor. Sebanyak 212 sampel *nanofibers* CA yang telah dibuat pada kaca preparate dengan 4 variasi konsentrasi, 9 variasi tegangan, 3 variasi laju alir, dan 4 variasi jarak. Lalu sampel diamati permukaannya menggunakan mikroskop optik seperti yang telah dilakukan oleh Suryandari et al. (2019), hal ini bertujuan untuk mengetahui kestabilan jet yang keluar dari *syringe*.

Kondisi membran *nanofibers* paling optimum dipilih berdasarkan gambar hasil pengamatan mikroskop yang tertera pada lampiran 1. Adapun pemilihan sampel paling optimum berdasarkan pada proses optimasi kondisi operasional yang dipengaruhi oleh konsentrasi, tegangan, laju alir, dan jarak jarum dengan kolektor.

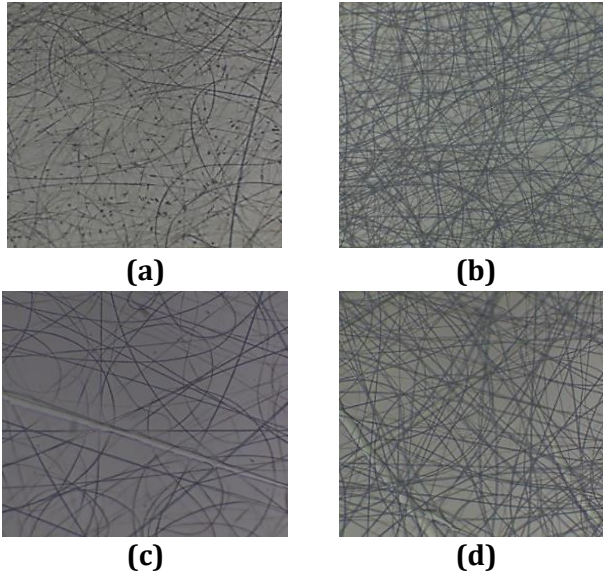
### **1. Konsentrasi**

Konsentrasi larutan yang digunakan akan mempengaruhi hasil serat. Gambar 4.2 menunjukkan hasil membran *nanofibers* CA dari berbagai variasi konsentrasi. Pada Gambar 4.2 **(a)** Konsentrasi 12%, membran *nanofibers* CA terlihat memiliki banyak *beads* berukuran kecil. Konsentrasi larutan yang rendah menyebabkan viskositas rendah, sehingga larutan tidak mampu menahan deformasi serat tanpa cacat akibat terkena efek medan listrik. *Beads* disebabkan oleh gaya

viskoelastik yang tidak dapat menahan tegangan permukaan, sehingga jet berubah menjadi *droplet* atau tetesan (Sukigara et al., 2003; Haider et al., 2015; Rogina, 2014; Nezarati et al., 2013; Amariei et al., 2017). Gambar 4.2 **(b)** konsentrasi 14%, membran memiliki serat yang homogen dan tidak ada *beads*. Pada konsentrasi ini, larutan memiliki viskositas yang tidak terlalu rendah maupun tinggi, sehingga larutan mampu menahan tegangan permukaan dan membentuk jet yang stabil. Serat yang dihasilkan lebih seragam dan tidak terdapat *beads*. Gambar 4.2 **(c)** konsentrasi 16% dan **(d)** konsentrasi 18%, serat yang dihasilkan tidak terdapat *beads* namun tidak homogen. Apabila konsentrasi larutan terlalu tinggi maka hasil serat tidak seragam. Ketidakseragaman ini diakibatkan oleh viskositas yang tinggi, sehingga larutan susah membentuk jet (Suryandari et al., 2019). Adapun konsentrasi larutan CA paling optimum adalah 14% yang ditunjukkan oleh Gambar 4.2 **(b)**.

## 2. Tegangan

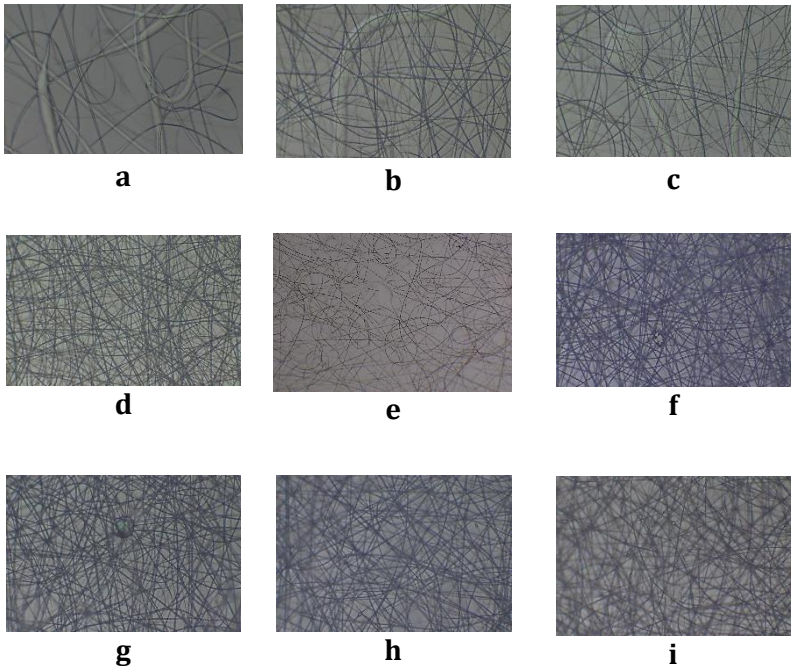
Tegangan mengontrol kuat medan listrik diantara ujung jarum dengan kolektor dan kuat gaya untuk memintal serat (Ibrahim & Klingner, 2020). Gambar 4.3 menunjukkan hasil serat membran *nanofibers* CA.



Gambar 4. 2 Membran *nanofibers* CA konsentrasi 12% **(a)** 14% **(b)** 16% **(c)** dan 18% **(d)**

Pada Gambar 4.3 **(a)** **(b)** **(c)** tegangan 7, 7.5 kV, dan 8 kV serat tidak seragam disebabkan gaya elektrostatis lemah sehingga jet yang terbentuk belum stabil. Gambar 4.3 **(d)** tegangan 8.5 kV, serat tidak terdapat *beads* dan seragam namun ukuran seratnya tebal. Pada Gambar 4.3 **(e)** tegangan 9kV, **(f)** 9,5 kV dan **(g)** 10 kV, serat yang dihasilkan seragam namun terdapat *beads* dengan ukuran yang lebih besar. Hal ini dikarenakan pada waktu tertentu larutan tidak mampu menahan deformasi akibat gaya elektrosatis sehingga muncul *beads* di bagian tertentu. Peningkatan tegangan dimaksudkan untuk mendapatkan kestabilan jet dan serat yang lebih tipis.

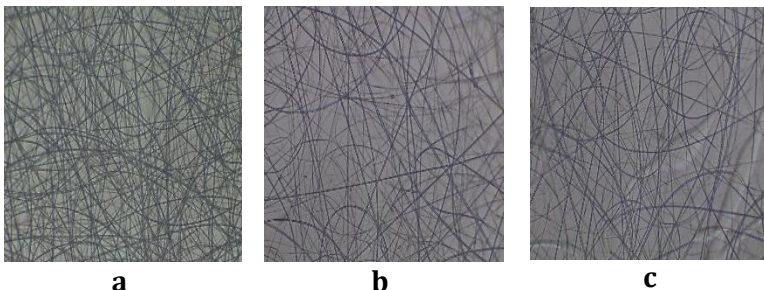
Pada Gambar 4.3 **(h)** serat homogen dan ukuran lebih tipis dibandingkan dengan **(d)**. Hal ini menunjukkan kestabilan jet dalam membentuk serat. Sedangkan pada Gambar 4.3 **(i)** serat homogen tetapi muncul beberapa *beads*. *Beads* disebabkan adanya peningkatan tegangan yang diberikan di luar nilai kritis (Haider et al., 2015). Adapun tegangan paling optimum yaitu 10,5 kV yang ditunjukkan oleh Gambar 4.3 **(h)**.



Gambar 4. 3 Membran *nanofibers* konsentrasi 14% 7 kV **(a)** 7,5 kV **(b)**, 8 kV **(c)**, 8,5 kV **(d)** 9 kV **(e)** 9,5 kV **(f)** 10 kV **(g)** 10,5 kV **(h)**, 11 kV **(i)**.

### 3. Laju alir

Laju alir termasuk parameter yang penting dalam menentukan kecapatan laju jet polimer. Terlihat pada Gambar 4.4 menunjukkan hasil serat membran *nanofibers* CA. Pada Gambar 4.4 **(a)** laju alir 0,02 mL/H, serat yang dihasilkan homogen dan tidak terdapat *beads*. Laju alir yang rendah lebih baik sebab pelarut memiliki cukup waktu untuk menguap (X. Y. Yuan et al., 2004). Gambar 4.4 **(b)** 0,04 mL/H dan **(c)** 0,06 mL/H, serat tidak homogen. Laju alir yang tinggi mengakibatkan dorongan yang diberikan terhadap larutan lebih cepat sehingga menghasilkan serat dengan banyak *beads* karena tidak ada cukup waktu bagi larutan mengering sebelum sampai kolektor (Zong et al., 2002). Jadi laju alir paling optimum ditunjukkan pada Gambar 4.4 **(a)** yaitu sebesar 0,02 mL/H.



Gambar 4. 4 Membran *nanofibers* (14%) laju alir 0,02 mL/H **(a)** 0,04 mL/H **(b)** 0,06 mL/H **(c)**.



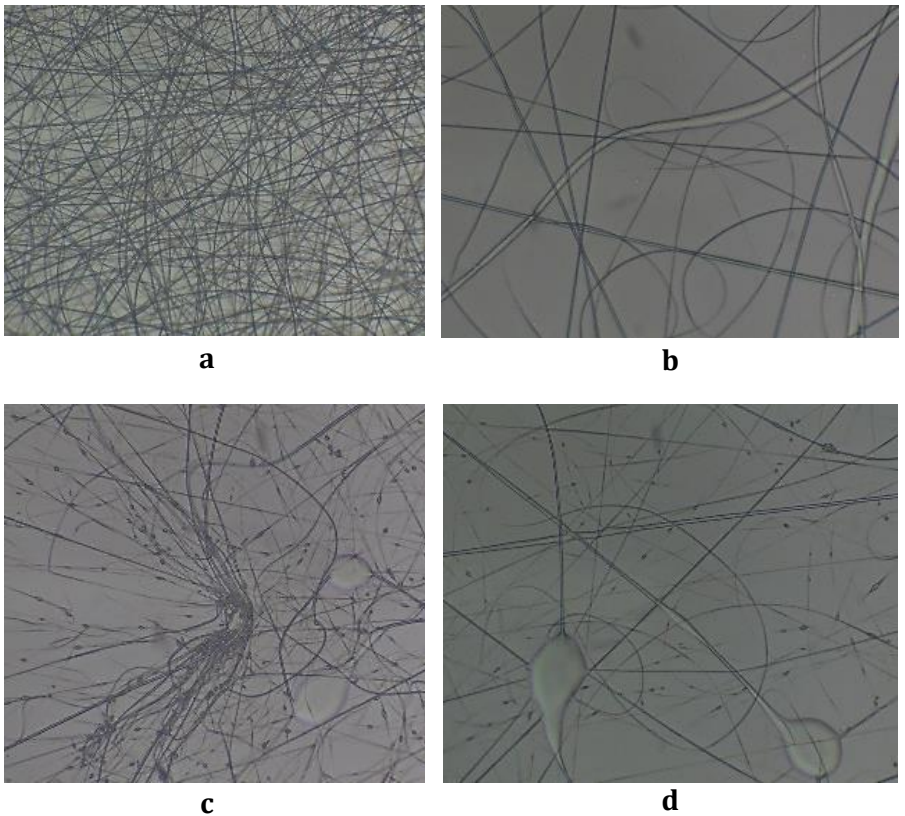
#### 4. Jarak

Jarak ujung jarum ke kolektor merupakan salah satu parameter yang dapat mengendalikan diameter dan morfologi serat. Jarak memberikan waktu yang cukup untuk larutan menguap sebelum akhirnya menuju kolektor. Gambar 4.5 menunjukkan hasil membran *nanofibers* CA. Pada Gambar 4.5 **(a)** jarak 10 cm, serat homogen dan tidak terdapat beads. Apabila jarak antara ujung jarum dan kolektor lebih dekat atau kurang dari 10 cm menyebabkan pembentukan *beads* pada serat (Aliabadi, 2017). Gambar 4.5 **(b)** jarak 11 cm, serat tidak homogen. Peningkatan jarak mengakibatkan kuat medan listrik melemah, sehingga diameter serat bertambah. Gambar 4.5 **(c)** jarak 12 cm dan **(d)** jarak 13 cm, serat tidak kontinu, tidak homogen dan terdapat banyak *beads*. Efek kuat medan listrik yang lemah akibat penambahan jarak mengakibatkan jet terputus-putus sehingga serat tidak terputus sempurna dan memicu adanya pembentukan *beads*. Adapun jarak paling optimum ditunjukkan oleh Gambar 4.5 **(a)** yaitu jarak 10 cm.

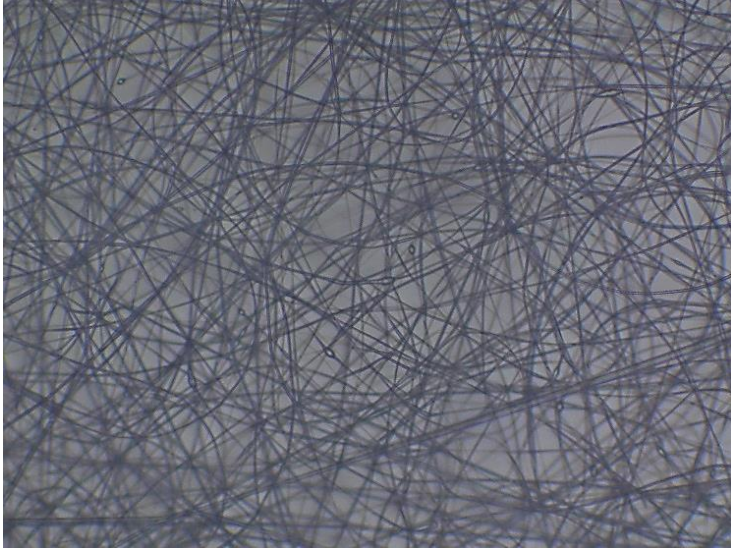
#### C. Kondisi optimum membran *nanofibers* CA

Kondisi optimum membran *nanofibers* CA dapat diketahui melalui hasil pengamatan mikroskop optik yang tertera pada lampiran 1. Pemilihan membran *nanofibers*

paling optimum berdasarkan pada kondisi 4 parameter meliputi: konsentrasi, tegangan, laju alir, dan jarak jarum dengan kolektor. Adapun dari 212 sampel yang telah diamati, didapatkan kondisi membran *nanofibers* paling optimum ketika konsentrasi 14%, dengan tegangan 10,5 kV, laju alir 0,02 mL/H dan jarak 10 cm, yang ditunjukkan oleh Gambar 4.6.



Gambar 4. 5 Membran *nanofibers* (14%) jarak 10 cm (a) 11 cm (b) 12 cm (c) 13 cm (d)



Gambar 4. 6 Membran *nanofibers* konsentrasi 14%, tegangan 10,5 kV, laju alir 0,02 mL/H dan jarak 10 cm.

#### **D. Hasil Pembuatan Membran *Nanofibers* CA-Zeolit**

Setelah didapatkan kondisi paling optimum, larutan CA 14% ditambahkan zeolit dengan variasi seperti pada Tabel 3.1. Larutan CA-Zeolit diaduk menggunakan *magnetic stirrer* selama 24 jam. Setelah itu larutan CA-Zeolit dituangkan ke dalam *syringe* dan digunakan untuk sintesis membran *nanofibers*. Pembuatan membran *nanofibers* CA-Zeolit berdasarkan dengan parameter yang mencapai kondisi paling optimum. Setelah membran *nanofibers* CA-Zeolit terkumpul di alumunium foil, diambil lalu dikarakterisasi.

## E. Hasil Karakterisasi Membran

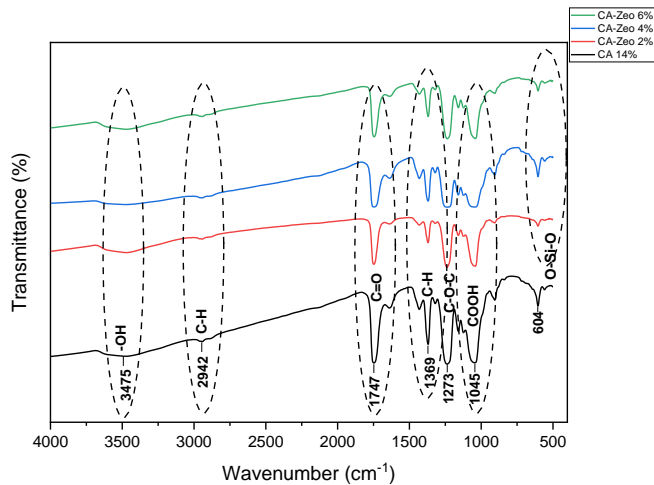
### 1. Karakterisasi FTIR

Apabila suatu frekuensi cahaya diserap oleh senyawa, menandakan energi radiasi ditransfer pada senyawa. Energi yang terserap mempengaruhi kondisi molekul senyawa tersebut. Basis untuk menginterpretasi spektrum inframerah (IR) yaitu mengidentifikasi adsorpsi ikatan dari setiap gugus fungsi lalu membandingkannya dengan basis data spektrum senyawa utama. Gambar 4.7 menunjukkan spektrum FTIR membran *nanofibers* CA dan CA-Zeolit. Warna hitam merupakan spektrum CA, merah adalah spektrum CA-Zeolit 2%, biru spektrum CA-Zeolit 4% dan hijau adalah spektrum CA-Zeolit 6%. Adapun puncak serapan membran *nanofibers* CA dan CA-Zeolit disajikan dalam Tabel 4.1.

Tabel 4. 1 Perbandingan gugus fungsi membran *nanofibers* CA dan CA-Zeolit

	Puncak serapan $cm^{-1}$			
	CA 14%	CA-Zeo 2%	CA-Zeo 4%	CA-Zeo 6%
-OH	3475,59	3468,57	3479,89	3468,92
C-H	2942,37	2942,06	2942,42	3468,92
C=O	1747,11	1748,03	1746,79	1745,28
C-O-C	1237,56	1236,66	1369,67	1236,50
COOH	1045,1	1040,1	1040,56	1039,13
O-Si-O	-	556,5	557,93	556,99

Ikatan -OH, C-H, C=O, C-O-C, dan COOH merupakan gugus fungsi selulosa asetat, sedangkan O-Si-O adalah gugus fungsi zeolit. Pergeseran puncak serapan masing-masing gugus fungsi terjadi seiring bertambahnya konsentrasi zeolit. Pergeseran nilai bilangan gelombang disebabkan adanya interaksi zeolit terhadap CA. Sehingga bilangan gelombang mengalami pergeseran puncak serapan. Pada spektrum CA-Zeolit rentang bilangan gelombang antara 400-610  $\text{cm}^{-1}$  muncul puncak sangat kecil yang menandakan keberadaan ikatan O-Si-O sebagai gugus fungsi zeolit. Hal ini dapat dikatakan bahwa zeolit telah terdistribusi ke dalam larutan CA, seperti penelitian yang telah dilakukan sebelumnya (Ojstr et al., 2020).

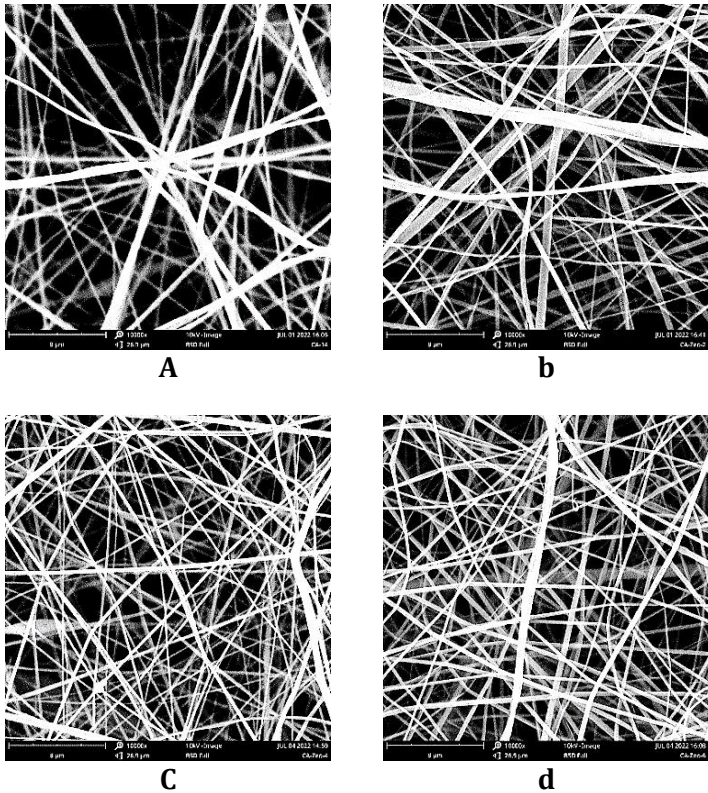


Gambar 4. 7 Spektrum hasil uji FTIR

## 2. Karakterisasi SEM EDX

Analisis struktur morfologi dan komposisi unsur membran *nanofibers* CA dan CA-Zeolit menggunakan SEM EDX Phenom Pro X. Pengukuran sampel dilakukan di Laboratorium MIPA Universitas Negeri Semarang dengan perbesaran 10.000x, supaya diameter serat terlihat lebih jelas. Morfologi membran *nanofibers* CA dan CA-Zeolit ditunjukkan oleh Gambar 4.8. Diameter rata-rata serat diperoleh dengan menggunakan aplikasi Photoshop lalu data diolah menggunakan Microsoft excel (Suryandari et al., 2019). Hasil uji morfologi SEM membran *nanofibers* ditunjukkan oleh Gambar 4.8. Morfologi semua sampel menunjukkan serat yang halus dan tidak terdapat *beads*. Gambar 4.8 **(a)** menunjukkan morfologi sampel CA tanpa zeolit. Diameter rata-rata ukuran serat membran *nanofibers* CA 14% adalah 662,4 nm. Gambar 4.8 **(b)** merupakan sampel CA-Zeolit 2%. Diameter rata-rata seratnya sebesar 482,8 nm. Pada Gambar 4.8 **(c)** merupakan sampel CA-Zeolit 4% dengan diameter rata-rata serat sebesar 397,6 nm. Gambar 4.8 **(d)** merupakan sampel CA-Zeolit 6% dengan diameter rata-rata serat 353,1 nm. Seiring bertambahnya konsentrasi zeolit diameter rata-rata seratnya cenderung lebih seragam. Hal ini telah dibuktikan dalam penelitian Ojstr et al., (2020) yang menggunakan *Ultra*

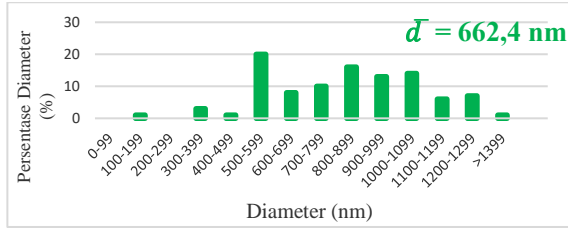
*High Silica Zeolite* (UHSZ) sebagai bahan tambahan dalam fabrikasi membran *nanofibers* CA. Penurunan diameter rata-rata serat dari 390 nm menjadi 253 nm saat penambahan zeolit 3%. Pada penelitian ini, membran *nanofibers* dengan morfologi serat terbaik adalah sampel CA-Zeolit 6% dengan diameter rata-rata serat 353,1 nm.



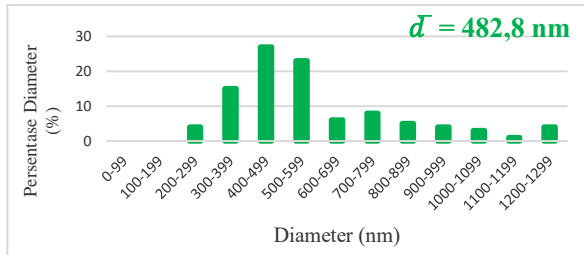
Gambar 4. 8 Gambar SEM membran *nanofibers* perbesaran 10.000x CA 14% (a) CA-Zeo 2% (b)CA-Zeo 4% (c) CA-Zeo 6% (d)

Adapun grafik persebaran distribusi serat membran *nanofibers* CA dan CA-Zeolit ditunjukkan oleh Gambar 4.9. Pada Gambar 4.9 **(a)** menunjukkan grafik persebaran rata-rata diameter membran *nanofibers* CA. Diameter serat tersebar hingga mencapai ukuran 1300 nm. Ukuran diameter rata-rata serat adalah 662,4 nm. Gambar 4.9 **(b)** merupakan grafik persebaran diameter rata-rata serat membran CA-Zeolit 2%. Ukuran diameternya yaitu 482,8 nm. Gambar 4.9 **(c)** adalah grafik rata-rata diameter membran *nanofibers* CA-Zeolit 4%. Serat terlihat lebih homogen dan ukuran rata-rata diameternya mengalami penurunan menjadi 397,6 nm. Gambar 4.9 **(d)** menunjukkan grafik persebaran rata-rata diameter serat menjadi 353,1 nm. Penambahan zeolit mampu menurunkan diameter rata-rata serat membran *nanofibers*. Penambahan zeolit sebanyak 6% menghasilkan membran *nanofibers* yang ukurannya lebih seragam dibandingkan tanpa menggunakan zeolit atau konsentrasi zeolit yang lebih kecil. Pengujian EDX dimaksudkan untuk memverifikasi keberadaan zeolit ke dalam larutan CA. Berdasarkan Tabel 4.2, unsur C (Carbon) dan O (Oksigen) merupakan unsur yang terkandung pada selulosa asetat. Si dan Al merupakan unsur zeolit. Alkali ( $Na^+$ ) dan alkali tanah ( $Mg^+$ ) muncul sebagai kation penyeimbang dari unsur Si dan Al.

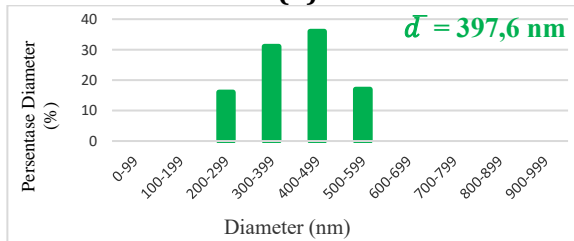




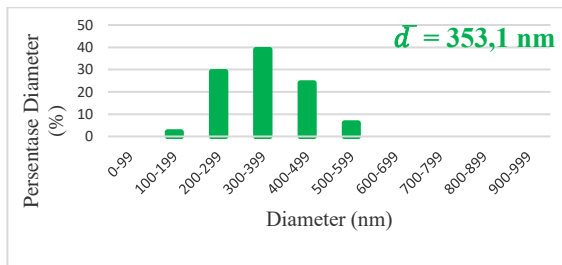
(a)



(b)



(c)



(d)

Gambar 4.9 Grafik distribusi serat membran nanofibers CA 14% (a) CA-Zeolit 2% (b) CA-Zeolit 4% (c) CA-Zeolit 6% (d)

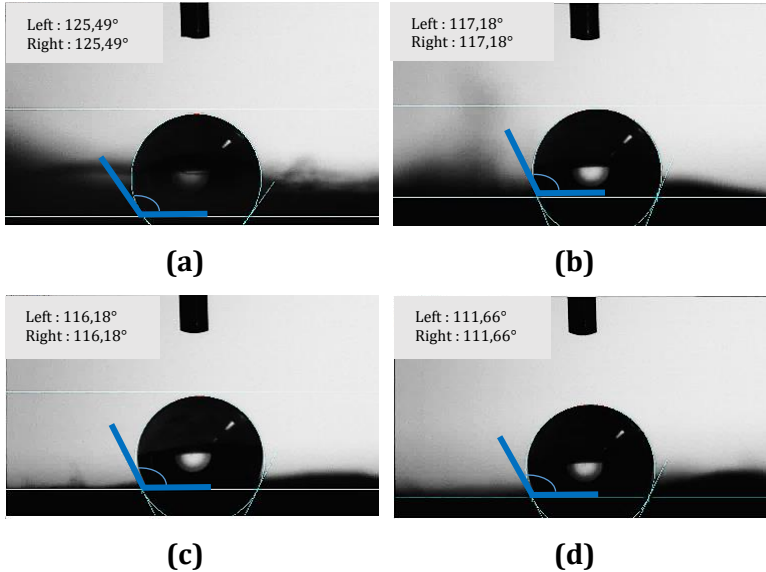
Tabel 4. 2 Hasil EDX

Sampel	Atomic Concentration %					
	C	O	Al	Si	Na	Mg
CA 14%	63,99	36.01	-	-	-	-
CA-Zeo 2%	65,88	32.81	0.11	0.03	0,05	0,03
CA-Zeo 4%	65.32	34,36	0.05	0.06	0,19	0,03
CA-Zeo 6%	68.23	31,45	0.13	0.08	0,07	0,004

Berdasarkan tabel 4.2, unsur C dan O pada sampel CA-Zeolit mengalami perubahan konsentrasi akibat munculnya unsur Si, Al, Na, dan Mg. Keberadaan unsur Si, Al, Na dan Mg membuktikan bahwa penambahan zeolit telah berhasil terdistribusi ke dalam larutan CA.

### 3. Uji Sudut Kontak

Pengukuran sudut kontak digunakan untuk mengetahui sifat hidrofobisitas membran. Sudut kontak air yang rendah menunjukkan hidrofilitas membran tinggi. Sebaliknya, apabila sudut kontak air tinggi maka hidrofilitas membran rendah (Suryandari et al., 2019). Pengukuran sudut kontak dilakukan di Laboratorium Terpadu Universitas Diponegoro Semarang. Sudut kontak dari membran *nanofibers* CA dan CA-Zeolit ditunjukkan oleh Gambar 4.10.



Gambar 4. 10 Sudut kontak membran *nanofibers* CA 14% **(a)** CA-Zeolit 2% **(b)** CA-Zeolit 4% **(c)** CA-Zeolit 6% **(d)**.

Pada Gambar 4.10 **(a)** membran *nanofibers* CA memiliki nilai sudut kontak sebesar 125,49°, sehingga bersifat hidrofobik. Gambar 4.10 **(b)** dengan penambahan zeolit 2% mampu menurunkan sudut menjadi 117,18°. Pada Gambar 4.10 **(c)** dengan penambahan zeolit sebanyak 4%, sudut mengalami penurunan menjadi 116,45°. Pada Gambar 4.10 **(d)** sudut antara membran dengan permukaan menjadi 111,66°. Membran *nanofibers* yang paling efektif digunakan dalam aplikasi adsorpsi adalah CA-Zeolit 6%, sebab sifat

hidrofobitasnya yang kecil sehingga berpotensi efektif dalam menyerap logam ion Pb (II).

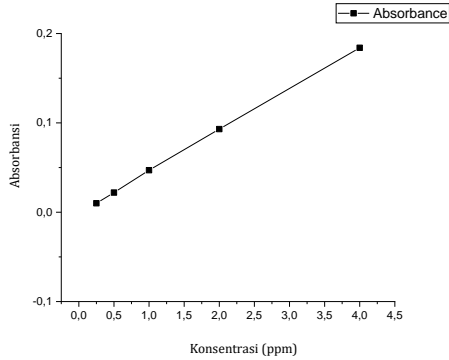
Berdasarkan Tabel 4.3, sudut kontak membran *nanofibers* menunjukkan nilai diatas 90°, sehingga membran masih bersifat hidrofobik. Adapun dampak dari penambahan zeolit dimaksudkan untuk menurunkan sifat hidrofobik membran *nanofibers* CA sehingga dapat digunakan sebagai adsorpsi ion logam Pb (II). Semakin tinggi konsentrasi zeolit maka semakin rendah nilai sudut kontak membran.

Tabel 4. 3 Hasil pengukuran sudut kontak membran *nanofibers*

<b>Sampel</b>	<b>Sudut kontak (°)</b>
CA 14%	125,49°
CA-Zeolit 2%	117,18°
CA-Zeolit 4%	116,45°
CA-Zeolit 6%	111,66°

#### 4. Adsorpsi

Sebelum melakukan proses adsorpsi logam Pb (II) menggunakan membrane, dibuat kurva kalibrasi dengan cara membuat sederet larutan ion logam Pb (II) dengan konsentrasi 0.25, 0.5, 1, 2, 4 ppm kemudian diukur absorbansinya menggunakan AAS. Setelah itu data adsorbansi diplot ke dalam grafik seperti Gambar 4.11.



Gambar 4. 11 Grafik kalibrasi larutan ion logam Pb (II)

Dari grafik diatas maka didapatkan regresi linear

$$y = 0,04615x - 0,0003 \quad (4.1)$$

Setelah itu larutan logam Pb (II) dibuat dengan konsentrasi 2,17 ppm sebanyak 4 buah. Selanjutnya adalah proses adsorpsi dengan cara memasukkan membran *nanofibers* CA dan CA-Zeolit ke dalam masing-masing larutan Pb (II) lalu diaduk menggunakan *magnetic stirrer* selama 4 jam. Larutan disaring, selanjutnya dilakukan pengukuran absorbansi larutan yang telah diadsorpsi oleh membran menggunakan AAS. Data absorbansi diolah untuk mendapatkan nilai konsentrasi akhir dari logam ion Pb (II) dengan menggunakan persamaan 4.1. Dari perhitungan tersebut dapat diketahui jumlah ion logam (Pb) yang terserap oleh membran *nanofibers* CA dan CA-Zeolit. Adapun

jumlah ion logam Pb (II) sebelum dan sesudah adsorpsi ditunjukkan oleh Tabel 4.4.

Tabel 4. 4 Jumlah ion logam Pb (II) sebelum dan sesudah adsorpsi

Sampel	Konsentrasi Pb (II) (ppm)		
	awal	akhir	terserap
A (CA 14%)	2,1729	1,1635	1,009
B (CA-Zeo 2%)	2,1729	0,708	1,464
C (CA-Zeo 4%)	2,1729	0,578	1,594
<b>D (CA-Zeo 6%)</b>	<b>2,1729</b>	<b>0,578</b>	<b>1,594</b>

Berdasarkan data pada Tabel 4.4, konsentrasi ion logam Pb (II) yang terserap oleh membran *nanofibers* CA sebesar 1,009 ppm. Konsentrasi ion logam (II) yang terserap oleh membran CA-Zeolit 2% sebesar 1,464 ppm. Penambahan zeolit sebesar 4% dan 6% menurunkan ion logam Pb (II) sebesar 0,578 ppm dengan konsentrasi logam yang terserap sebesar 1,594 ppm. Meskipun konsentrasi terserap dari membran *nanofibers* CA-Zeolit 4% dengan CA-Zeolit 6% sama, namun membran *nanofibers* CA-Zeolit 6% bersifat lebih hidrofilik sehingga mempermudah penyerapan ion logam Pb (II). Hal ini didukung oleh data hasil pengujian sudut kontak membran. Penambahan zeolit dengan konsentrasi yang lebih

tinggi menghasilkan pori-pori yang lebih banyak pada permukaan membran sehingga lebih efektif dalam proses adsorpsi ion logam Pb (II). Pada penelitian ini, membran *nanofibers* yang paling efektif digunakan untuk menyerap ion logam Pb (II) adalah CA-Zeolit 6%.

## BAB V

### PENUTUP

#### A. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Kondisi optimum membran *nanofibers* CA didapatkan ketika konsentrasi 14%, jarak 10 cm dengan laju alir 0,02 mL/H serta tegangan sebesar 10,5 kV
2. Pada Spektrum FTIR muncul puncak baru pada rentang bilangan gelombang 400-610  $\text{cm}^{-1}$  yang mengindikasikan adanya ikatan O-Si-O sebagai gugus fungsi zeolit. Morfologi serat membran *nanofibers* halus dan tidak terdapat *beads* namun ukuran seratnya tidak seragam. Penambahan zeolit 6% mampu menurunkan rata-rata diameter serat membran dari 662,4 nm menjadi 353,1 nm. Hasil EDX menunjukkan adanya unsur Si, dan Al dalam membran *nanofibers* CA. Nilai sudut kontak menurun akibat penambahan zeolit 6% yaitu dari 125,49° menjadi 111,66°, sehingga sifat hidrofobisitas membran semakin menurun.
3. Penambahan zeolit mampu meningkatkan konsentrasi terserap dari logam Pb (II). Pada penelitian ini, membran *nanofibers* paling efektif digunakan dalam adsorpsi logam Pb (II) adalah



sampel CA-Zeolit 6% dengan konsentrasi penyerapan sebesar 1,594 ppm.

## **B. SARAN**

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, saran yang dapat diberikan antara lain:

1. Penggunaan pelarut dan zat terlarut harus disesuaikan supaya larutan polimer dapat menghasilkan serat membran dengan diameter serat lebih kecil dan seragam.
2. Perlu adanya pengukuran diameter serat untuk menentukan kondisi optimum membran *nanofibers* ketika melakukan pengamatan menggunakan mikroskop optik.
3. Perlu dilakukan pengukuran waktu kontak membran untuk mengetahui laju penyerapan membran terhadap ion logam Pb (II).
4. Pembuatan membran *nanofibers* CA perlu dilakukan penelitian lebih lanjut dengan memvariasi bahan tambahan lain sehingga dapat meningkatkan penyerapan kadar ion logam Pb (II).

## DAFTAR PUSTAKA

- Ahn, Y. C., Park, S. K., Kim, G. T., Hwang, Y. J., Lee, C. G., Shin, H. S., & Lee, J. K. (2006). Development of high efficiency nanofilters made of nanofibers. *Current Applied Physics*, 6(6), 1030–1035.  
<https://doi.org/10.1016/j.cap.2005.07.013>
- Aliabadi, M. (2017). Effect of electrospinning parameters on the air filtration performance using electrospun polyamide-6 nanofibers. *Chemical Industry and Chemical Engineering Quarterly*, 23(4), 441–446.  
<https://doi.org/10.2298/ciceq160509059a>
- Amariei, N., Manea, L. R., Berteau, A. P., Berteau, A., & Popa, A. (2017). The Influence of Polymer Solution on the Properties of Electrospun 3D Nanostructures The Influence of Polymer Solution on the Properties of Electrospun 3D Nanostructures. *Materials Science and Engineering*, 209. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/209/1/012092>
- Anwar, M., Sanjaya, H., & Maliki, A. (2013). Pengaruh Ion Logam Cd (II) Terhadap Adsorpsi Ion Logam Pb (II) dengan Adsorben Tanah Napa. *Periodic*, 2(1), 29–33.  
<http://ejournal.unp.ac.id/index.php/kimia/article/view/1931>
- Arahman, N. (2012). Konsep Dasar Proses Pembuatan Membran Berpori dengan Metode Non-Solvent Induced

Phase Separation - Penentuan cloud point dan diagram tiga fasa. *Jurnal Rekayasa Kimia & Lingkungan*, 9(2), 68–73.

Aruchamy, K., Mahto, A., & Nataraj, S. K. (2018). Electrospun nanofibers, nanocomposites and characterization of art: Insight on establishing fibers as product. *Nano-Structures and Nano-Objects*, 16, 45–58.  
<https://doi.org/10.1016/j.nanoso.2018.03.013>

Baker, R. W. (2004). *Membrane Technology And Applications*.

Bergshoef, M. M., & Vancso, G. J. (1999). *Transparent Nanocomposites with Ultrathin electrospun reinforcement nylon*. 1362–1365.

Bernardo, P., Drioli, E., & Golemme, G. (2009). *Membrane Gas Separation : A Review / State of the Art*. 4638–4663.

Bhardwaj, N., & Kundu, S. C. (2010). *Electrospinning : A fascinating fiber fabrication technique*. 28, 325–347.  
<https://doi.org/10.1016/j.biotechadv.2010.01.004>

Chen, H. (2015). *Using Water Footprints for Examining the Sustainable Development of Science Parks*. 5521–5541.  
<https://doi.org/10.3390/su7055521>

Choi, H. Y., Bae, J. H., Hasegawa, Y., An, S., Kim, I. S., Lee, H., & Kim, M. (2020). Thiol-functionalized cellulose nanofiber membranes for the effective adsorption of heavy metal ions in water. *Carbohydrate Polymers*, 234(November 2019), 115881.

<https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2020.115881>

- Dachriyanus. (2004). *Analisis Struktur Senyawa Organik Secara Spektroskopi*. Lembaga Pengembangan Teknologi Informasi dan Komunikasi (LPTIK) Universitas Andal.
- Dakiky, M. U., Khamis, M., Manassra, A., & Mer, M. (2002). *Selective adsorption of chromium ž VI / in industrial wastewater using low-cost abundantly available adsorbents*. 533–540.
- Demir, M. M., Yilgor, I., Yilgor, E., & Erman, B. (2002). *Electrospinning of polyurethane @bers M.M. Polymer, 43, 3303–3309*.
- Dewa, R. P., Hadinoto, S., Riset, B., Ambon, I., & Ambon-, J. K. C. (2015). *Analisa Kandungan Timbal ( Pb ) dan Kadmium ( Cd ) Pada Air Minum Dalam Kemasan Di Kota Ambon Analyze of Timbale ( Pb ) And Cadmium ( Cd ) On Water Mineral In Ambon City. 11(2), 76–82*.
- Djunaidi, C. (2018). *Studi Interferensi Pada AAS (Atomic Absorption Spectroscopy)*. In *Food Toxicants Analysis*.
- Eka, S., & Side, S. (2020). *Analisis Kandungan Oksida Logam Zeolit Alam Sulawesi Selatan Teraktivasi Asam Klorida Analysis of Metal Oxide on Natural Zeolite of South Sulawesi Activated Hydrochloric Acid. IX(2), 159–163*.
- Ellingham, S. (2018). *Scanning Electron Microscopy-Energy-Dispersive X-Ray ( SEM / EDX ): A Rapid Scanning Electron Microscopy – Energy- Dispersive X-Ray ( SEM / EDX ) : A*

*Rapid Diagnostic Tool to Aid the Identification of Burnt Bone and Contested Cremains* \*. June.  
<https://doi.org/10.1111/1556-4029.13541>

Etiana, R. (2017). *Pengaruh Suhu Sintering Terhadap Membran Rapat Asimetris Perivskit yang Disiapkan dengan Metode Infersi Fasa.*

Fong, H., Liu, W., Wang, C., & Vaia, R. A. (2002). *Generation of electrospun fibers of nylon 6 and nylon 6-montmorillonite nanocomposite.* 43, 775–780.

Geburu, K. A., & Das, C. (2017). Removal of Pb (II) and Cu (II) ions from wastewater using composite electrospun cellulose acetate/titanium oxide (TiO<sub>2</sub>) adsorbent. *Journal of Water Process Engineering*, 16, 1–13.  
<https://doi.org/10.1016/j.jwpe.2016.11.008>

Gonzales, R. R., Park, M. J., Tijjing, L., Han, D. S., Phuntsho, S., & Shon, H. K. (2018). Modification of nanofiber support layer for thin film composite forward osmosis membranes via layer-by-layer polyelectrolyte deposition. *Membranes*, 8(3).  
<https://doi.org/10.3390/membranes8030070>

Haghi, A. K., & Akbari, M. (2007). Trends in electrospinning of natural nanofibers. *Physica Status Solidi (A) Applications and Materials Science*, 204(6), 1830–1834.  
<https://doi.org/10.1002/pssa.200675301>

Haider, A., Haider, S., & Kang, I. (2015). REVIEW A  
68

comprehensive review summarizing the effect of electrospinning parameters and potential applications of nanofibers in biomedical and biotechnology. *ARABIAN JOURNAL OF CHEMISTRY*.  
<https://doi.org/10.1016/j.arabjc.2015.11.015>

Hasibuan, E. (2015). Pengenalan Spektrofotokopi Pada Mahasiswa Yang Melakukan Penelitian Di Laboratorium Terpadu Fakultas Kedokteran USU. In *Pranata Laboratorium Perguruann Tinggi Fakultas Kedokteran Universitas Sumatera Utara*.

Huang, Z. M., Zhang, Y. Z., Kotaki, M., & Ramakrishna, S. (2003). A review on polymer nanofibers by electrospinning and their applications in nanocomposites. *Composites Science and Technology*, 63(15), 2223–2253.  
[https://doi.org/10.1016/S0266-3538\(03\)00178-7](https://doi.org/10.1016/S0266-3538(03)00178-7)

Hulupi, M., & Haryadi. (2019). Synthesis and Characterization of Electrospinning PVA Nanofiber- Crosslinked by Glutaraldehyde. *Materials Today: Proceedings*, 13, 199–204. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2019.03.214>

Hunley, M., & Long, T. (2008). Electrospinning functional nanoscale fibers: A perspective for the future. *Polymer International*, 57, 385–389.  
<https://doi.org/10.1002/pi.2320>

Ibrahim, H. M., & Klingner, A. (2020). A review on electrospun polymeric nanofibers: Production parameters and

- potential applications. *Polymer Testing*, 90(May), 106647.  
<https://doi.org/10.1016/j.polymertesting.2020.106647>
- Indarti, D., Novitasari, & Aris Sulisty, Y. (2017). *Pemisahan Pb(II) Menggunakan Supported Liquid Membrane (SLM) dengan.* 18(2), 139–144.
- Indarti, D., Winata, I., & Novianti, H. (2013). Cellulose Acetate Membranes characters Due To Additions Additive Monosodium Glutamate (MSG). *Jurnal ILMU DASAR*, 14, 33. <https://doi.org/10.19184/jid.v14i1.479>
- Ismail Ibnu Katsir, A. F. (2000a). *Tafsir Ibnu Katsir Juz 2.*
- Ismail Ibnu Katsir, A. F. (2000b). *Tafsir Ibnu Katsir Juz 8.*
- Khanifa, L. N., & Suryandari, E. T. (2019). *Uji Kapasitas Adsorpsi Ion Logam Cu 2 + Menggunakan Hidrochar Eichhornia Crassipes Termodifikasi H 2 O 2 1 Jurusan Kimia Universitas Islam Negeri Walisongo Semarang.* 2(2), 64–79.
- Lannutti, J., Reneker, D., Ma, T., Tomasko, D., & Farson, D. (2007). Electrospinning for tissue engineering scaffolds. *Materials Science & Engineering C*, 27(3), 504–509.  
<https://doi.org/10.1016/j.msec.2006.05.019>
- Li, M., Mondrinos, M. J., Gandhi, M. R., Ko, F. K., Weiss, A. S., & Lelkes, P. I. (2005). *Electrospun protein fibers as matrices for tissue engineering.* 26, 5999–6008.  
<https://doi.org/10.1016/j.biomaterials.2005.03.030>
- Liu, H., & Hsieh, Y. Lo. (2002). Ultrafine fibrous cellulose

- membranes from electrospinning of cellulose acetate. *Journal of Polymer Science, Part B: Polymer Physics*, 40(18), 2119–2129. <https://doi.org/10.1002/polb.10261>
- Ma, Z., Kotaki, M., & Ramakrishna, S. (2005). *Electrospun cellulose nanofiber as affinity membrane*. 265, 115–123. <https://doi.org/10.1016/j.memsci.2005.04.044>
- Mary jacob, J., Karthik, C., Ganesh, R., Kumar, S. S., Prabakar, D., Kadirvelu, K., & Pugazhendhi, A. (2018). Biological approaches to tackle heavy metal pollution : A survey of literature. *Journal of Environmental Management*, 217, 56–70. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2018.03.077>
- Mataram, A., Ismail, A. F., Yuliwati, E., Matsuura, T., Rizal, S., Paper, F., Sriwijaya, U., Selatan, S., Membrane, I., Polytecnic, S., & Selatan, S. (2016). *Jurnal Teknologi*. 12, 103–107.
- Megelski, S., Stephens, J. S., Bruce Chase, D., & Rabolt, J. F. (2002). Micro- and nanostructured surface morphology on electrospun polymer fibers. *Macromolecules*, 35(22), 8456–8466. <https://doi.org/10.1021/ma020444a>
- Mehrabi, F., Shamspur, T., Mostafavi, A., Saljooqi, A., & Fathirad, F. (2017). *Synthesis of cellulose acetate nanofibers and its application in the release of some drugs*. 2(3), 199–207. <https://doi.org/10.22034/nmrj.2017.03.008>
- Mirawati, F., Supriyantini, E., & Azizah Tri Nuraini, R. (2016).



- Kandungan Logam Berat Timbal ( Pb ) Pada Air , Sedimen , Dan Kerang Hijau ( Perna viridis ).* 5(2), 121–126.
- Moshoeshoe, M., Nadiye-tabbiruka, M. S., & Obuseng, V. (2017). *A Review of the Chemistry , Structure , Properties and Applications of Zeolites.* 7(5), 196–221. <https://doi.org/10.5923/j.materials.20170705.12>
- Mulder, M. (1996). Basic Principles of Membrane Technology. In *Spécificités* (Issue 1). <https://doi.org/10.3917/spec.015.0003>
- Muthia, E. (2017). Proses Pemisahan Menggunakan Teknologi Membran. In *Journal of Chemical Information and Modeling* (Vol. 53, Issue 9).
- Nasir, M., Subhan, A., Prihandoko, B., & Lestariningsih, T. (2017). Nanostructure and Property of Electrospun SiO 2 -Cellulose Acetate Nanofiber Composite by Electrospinning. *Energy Procedia*, 107(September 2016), 227–231. <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2016.12.133>
- Nasrun. (2012). *Dehidrasi Etanol Secara Pervaporasi Dengan Membran Selulosa Asetat Termodifikasi Zeolit Alam.* 1(November), 1–11.
- Nezarati, R. M., Eifert, M. B., & Cosgriff-hernandez, E. (2013). *Effects of Humidity and Solution Viscosity on Electrospun Fiber Morphology.* 19(10). <https://doi.org/10.1089/ten.tec.2012.0671>
- Ojstr, A., Fakin, D., Hribernik, S., Bra, M., & Kure, M. (2020).

- Electrospun nanofibrous composites from cellulose acetate / ultra-high silica zeolites and their potential for VOC adsorption from air.* 236(November 2019).  
<https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2020.116071>
- Prastowo, B. A. (2008). *Pembuatan Membran Dari Selulosa Asetat Dan Polietilen Glikol Berat Moleku 20.000 Untuk Pemisahan Gas CO2 Dan CH4.*
- Putra, I. A. (2017). Membran Berbasis Nanomaterial untuk Pengolahan air. *Jurnal Sains Dan Seni*, 2(1), 1–8.  
<https://doi.org/10.5281/zenodo.1134213>
- RI, M. (2011). *Peraturan Menteri Kesehatan Indonesia No 1077/Menkes/PER/2011.*
- Rogina, A. (2014). Applied Surface Science Electrospinning process : Versatile preparation method for biodegradable and natural polymers and biocomposite systems applied in tissue engineering and drug delivery. *Applied Surface Science*, 296, 221–230.  
<https://doi.org/10.1016/j.apsusc.2014.01.098>
- Roy, V., & Srivastava, S. K. (2021). *The safety – quality dominant view of food chain integrity: Implications for consumer-centric food chain governance.* April, 1–22.  
<https://doi.org/10.1111/ijmr.12258>
- Said, I. (2012). *Analisis Logam Timbal ( Pb ) Dan Besi ( Fe ) Dalam Air Larut Di Wilayah Pesisir Pelabuhan Ferry Taipa Kecamatan palu Utara.* 1(November), 181–186.

- Santoso, M. A. F. (2010). *Air Dan Pemeliharaannya Dalam Perspektif Islam I*. 12(1).
- Sari, T. I. (2018). *Optimasi Nanofiber Hasil Electrospinning*.
- Sen, R., Zhao, B., Perea, D., Itkis, M. E., Hu, H., Love, J., Bekyarova, E., & Haddon, R. C. (2004). *Preparation of Single-Walled Carbon Nanotube Reinforced Polystyrene and Polyurethane Nanofibers and Membranes by Electrospinning*.
- Setiabudi, A., Hardian, R., & Muzakir, A. (2012). Karakterisasi Material ; Rifan Hardian. In *UPI Press*.
- Singh, P., Pratap, R., & Vaibhav, S. (2020). *Contemporary Environmental Issues and Challenges in Era of Climate Change*.
- Snowdon, M. R., & Liang, R. L. (2020). Electrospun filtration membranes for environmental remediation. In *Nanomaterials for Air Remediation*. INC. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-818821-7.00016-6>
- Sosiati, H., Widodo, A. N., & Nugroho, A. W. (2018). the Influence of Aloe vera Concentration on Morphology and Tensile Properties of Electrospun Aloe vera-Pva Nanofiber. *Jurnal Sains Materi Indonesia*, 19(4), 157. <https://doi.org/10.17146/jsmi.2018.19.4.4965>
- Suarsa, I. W. (2016). Adsorpsi Logam Berat Pb (II), Cr (VI), Zn (II), Cd (II), Cu (II) dan Ni (II) dengan Abu Sekam Padi. *Karya Tulis, Ii*, 31–55.

- Sukigara, S., Gandhi, M., Ayutsede, J., Micklus, M., & Ko, F. (2003). Regeneration of Bombyx mori silk by electrospinning - Part 1: Processing parameters and geometric properties. *Polymer*, 44(19), 5721–5727. [https://doi.org/10.1016/S0032-3861\(03\)00532-9](https://doi.org/10.1016/S0032-3861(03)00532-9)
- 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>
- Suryandari, E. T., Zulfikar, M. A., Mukti, R. R., & Nasir, M. (2019). *Preparation and Characterization of Poly ( Methyl Methacrylate ) ( PMMA ) Fibers by Electrospinning*. 811, 163–169. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/KEM.811.163>
- Susiati, H., Barat, J. K., Prapatan, M., & Selatan, J. (2009). *Kandungan Logam Berat (Co, Cr, Cs, As, Sc, dan Fe) Dalam Sedimen Di Kawasan Pesisir Semenanjung Muria*. 6–12.
- Taha, A. A., Wu, Y., Wang, H., & Li, F. (2012). *Preparation and application of functionalized cellulose acetate / silica composite nano fibrous membrane via electrospinning for Cr ( VI ) ion removal from aqueous solution*. 112, 10–16. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2012.05.031>
- Taleb, M. A., & Muhammad, S. (2017). *Adsorpsi Ion Logam Tembaga Menggunakan Nano Zeolit Alam yang Diaktivasi*. *June*. <https://doi.org/10.24960/jli.v7i1.2694.61-69>

- Tian, Y., Wu, M., Liu, R., Li, Y., Wang, D., Tan, J., Wu, R., & Huang, Y. (2011). Electrospun membrane of cellulose acetate for heavy metal ion adsorption in water treatment. *Carbohydrate Polymers*, 83(2), 743–748. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2010.08.054>
- Wang, W., Lin, J., Cheng, J., Cui, Z., Si, J., Wang, Q., Peng, X., & Turng, L. (2019). Dual Super-Amphiphilic Modified Cellulose Acetate Nanofiber Membranes with Highly Efficient Oil/Water Separation and Excellent Antifouling Properties. *Journal of Hazardous Materials*, 121582. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2019.121582>
- Wenten, I. G., Nurul, H., & Sofiatun, A. (2015). *Membran Superhidrofobik* (Issue 1).
- Xu, Y., Bao, J., Zhang, X., Li, W., Xie, Y., Sun, S., Zhao, W., & Zhao, C. (2018). Functionalized polyethersulfone nanofibrous membranes with ultra-high adsorption capacity for organic dyes by one-step electrospinning. *Journal of Colloid And Interface Science*. <https://doi.org/10.1016/j.jcis.2018.08.072>
- Yuan, G., Zhao, C., Tu, H., Li, M., Liu, J., Liao, J., Yang, Y., Yang, J., & Liu, N. (2018). Removal of Co ( II ) from aqueous solution with Zr-based magnetic metal-organic framework composite. *Inorganica Chimica Acta, Ii*. <https://doi.org/10.1016/j.ica.2018.08.057>
- Yuan, X. Y., Zhang, Y. Y., Dong, C., & Sheng, J. (2004). Morphology

- of ultrafine polysulfone fibers prepared by electrospinning. *Polymer International*, 53(11), 1704–1710. <https://doi.org/10.1002/pi.1538>
- Yudo, S. (2006). *Kondisi Pencemaran Logam Berat di Peraoran Sungai*. 2(1), 1–15.
- Yuliana, R., Wiwin, W., Irene, B., Paola, L., & Giovanni, D. (2018). Optimasi Kondisi Larutan dan Parameter Proses pemintalan Elektrik Pada Sintesis Serat Nano Kitosan-PEO. *Arena Textilr*, 33, 1–10.
- Zhang, L., & Hsieh, Y. (2008). *Ultra-fine cellulose acetate / poly ( ethylene oxide ) bicomponent fibers*. 71, 196–207. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2007.05.031>
- Zhou, Z., Lin, W., & Wu, X. (2015). Electrospinning ultrathin continuous cellulose acetate fibers for high-flux water filtration. *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*. <https://doi.org/10.1016/j.colsurfa.2015.11.074>
- Zong, X., Kim, K., Fang, D., Ran, S., Hsiao, B. S., & Chu, B. (2002). Structure and process relationship of electrospun bioabsorbable nanofiber membranes. *Polymer*, 43(16), 4403–4412. [https://doi.org/10.1016/S0032-3861\(02\)00275-6](https://doi.org/10.1016/S0032-3861(02)00275-6)
- <https://id.m.wikipedia.org/wiki/aseton> (diakses 18 Januari 2022 jam 11:00)
- <https://id.m.wikipedia.org/wiki/Dimetilformanida> (diakses

21 Januari 2022 jam 09:00)

<https://www.bahan.gelsonluz.com/2021/06/jari-jariion>

(diakses 12 April 2022 jam 09:13).

## **LAMPIRAN-LAMPIRAN**

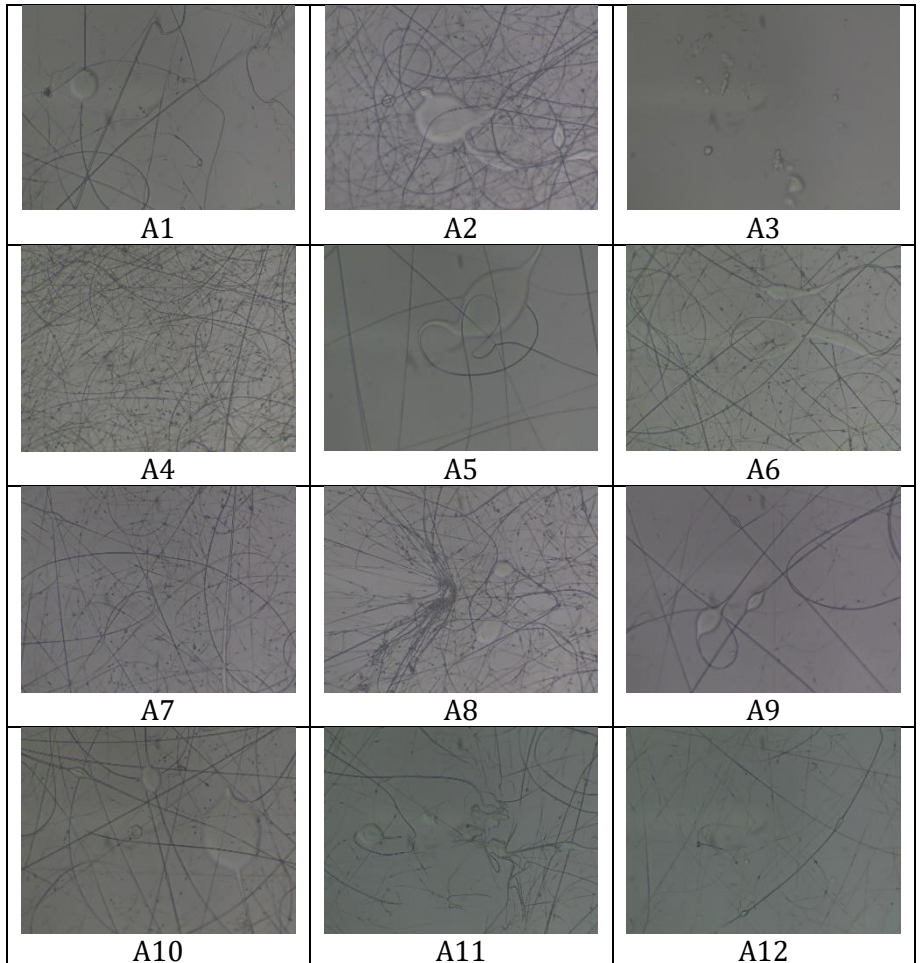


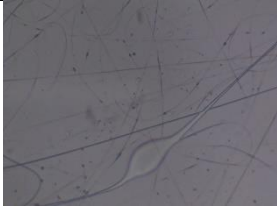
## Lampiran 1 Data optimasi Sampel CA

Membran *nanofibers* CA tegangan 7 sampai 8,5 kV

A = Konsentrasi 12%

Lampiran

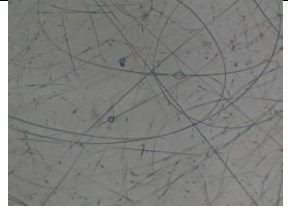




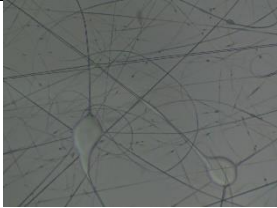
A13



A14



A15



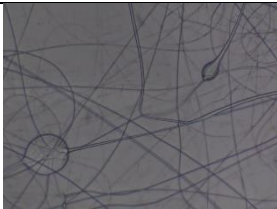
A16



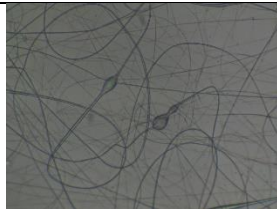
A17



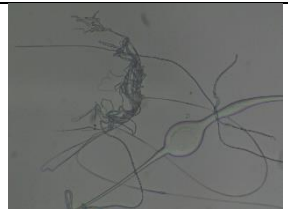
A18



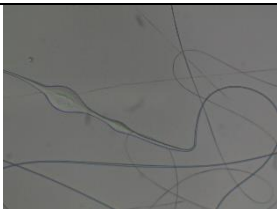
A19



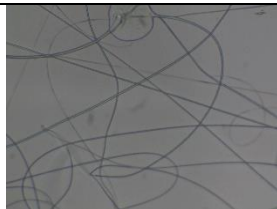
A20



A21



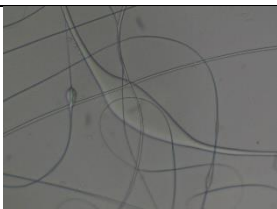
A22



A23



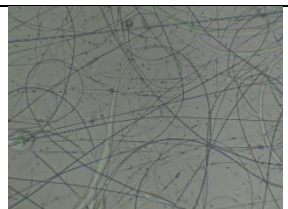
A24



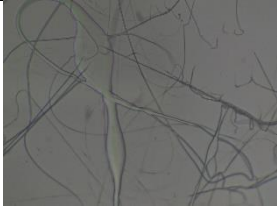
A25



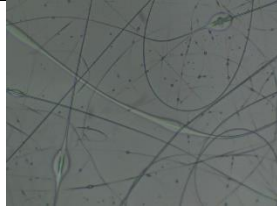
A26



A27



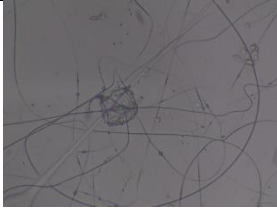
A28



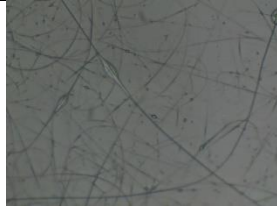
A29



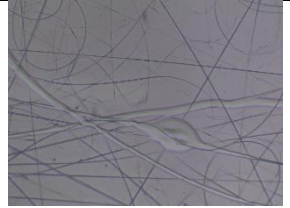
A30



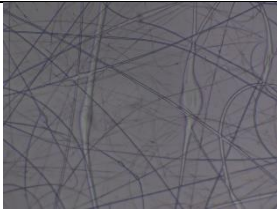
A31



A32



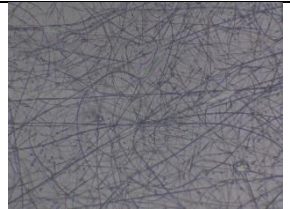
A33



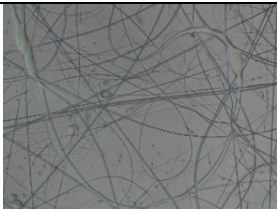
A34



A35



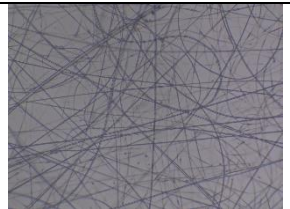
A36



A37



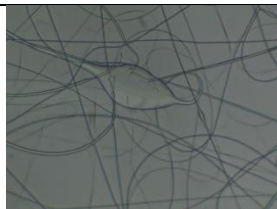
A38



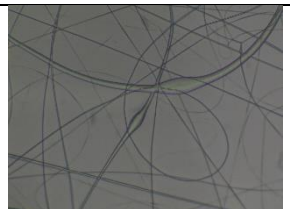
A39



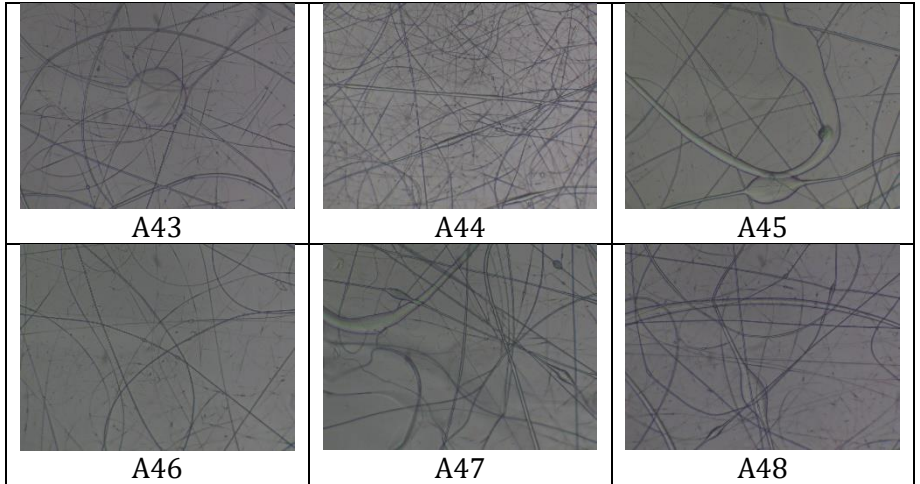
A40



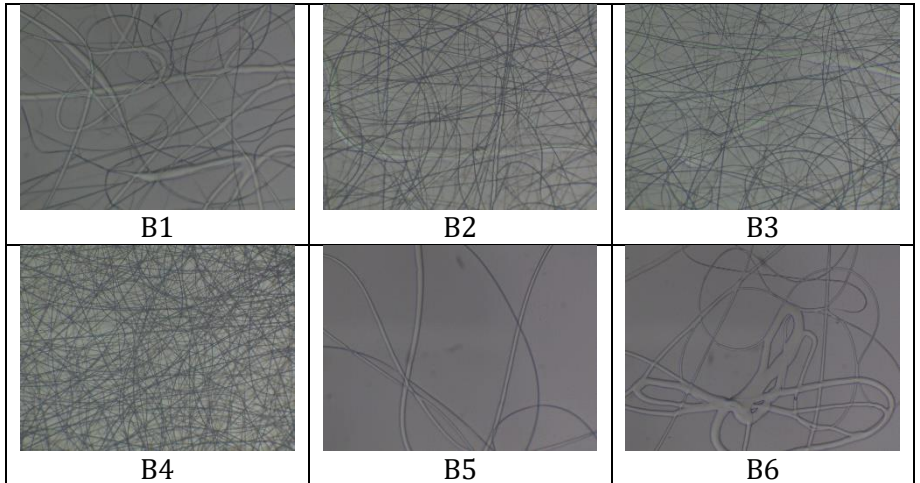
A41

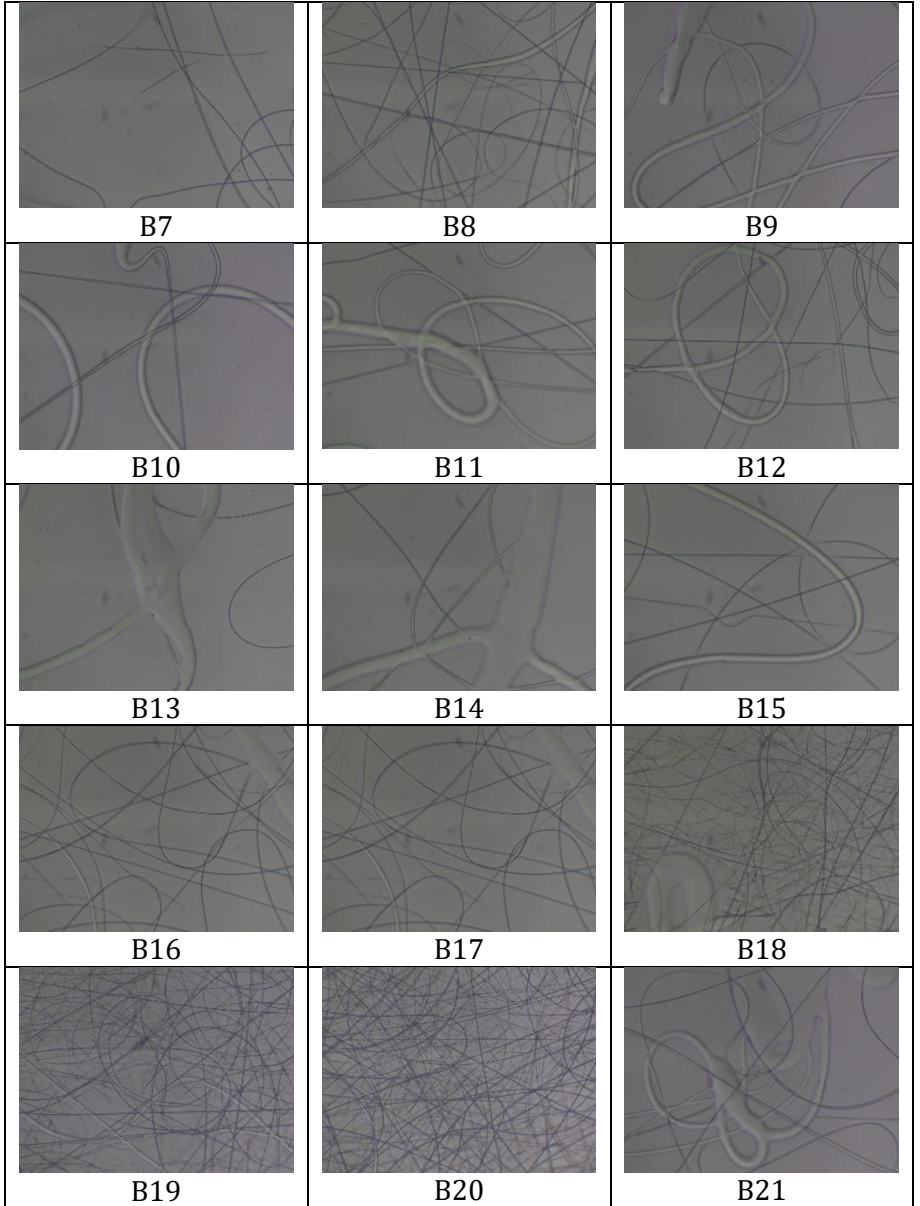


A42



B = Konsentrasi 14%







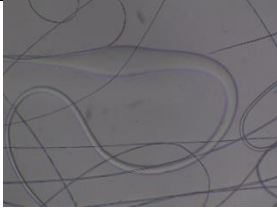
B22



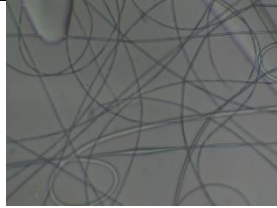
B23



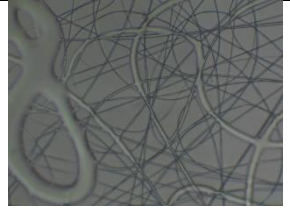
B24



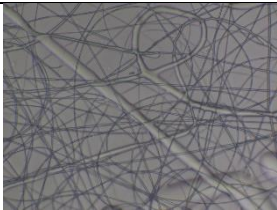
B25



B26



B27



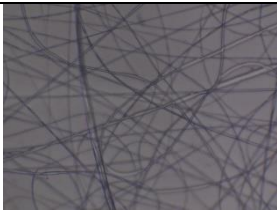
B28



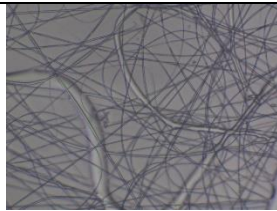
B29



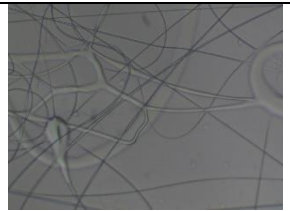
B30



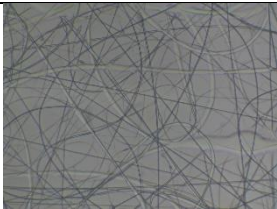
B31



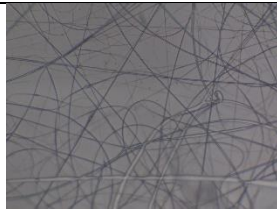
B32



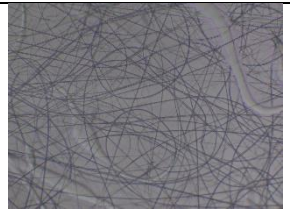
B33



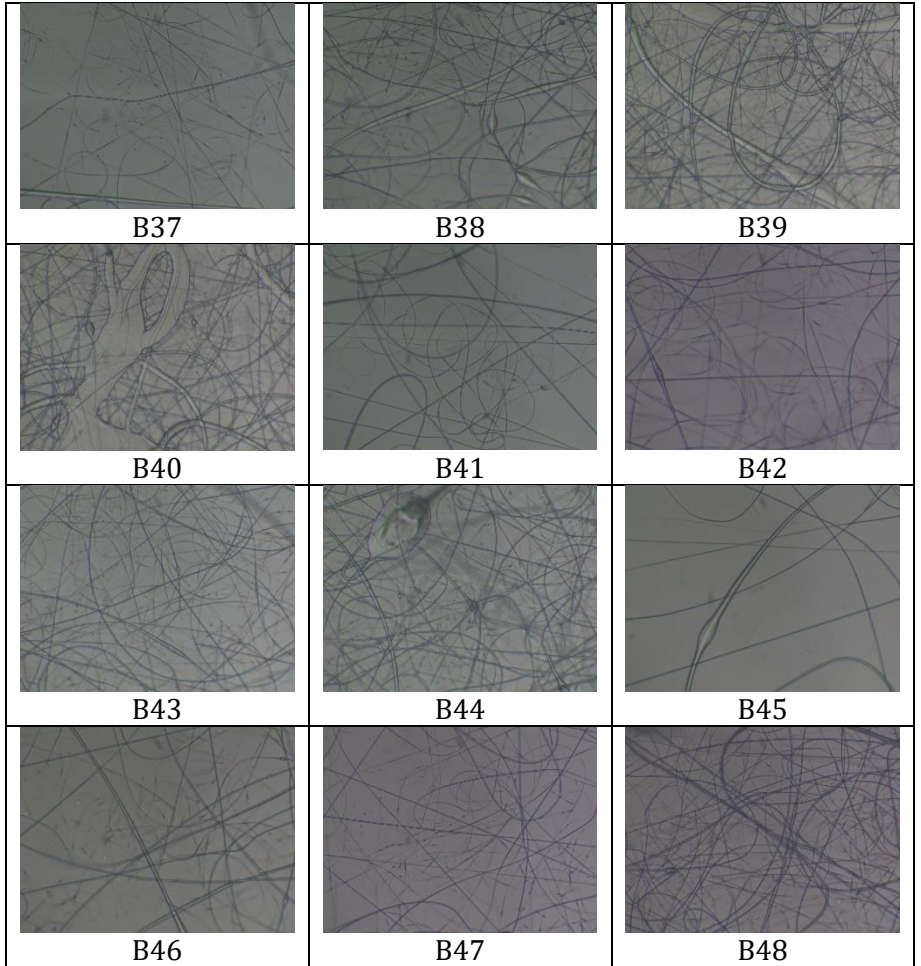
B34



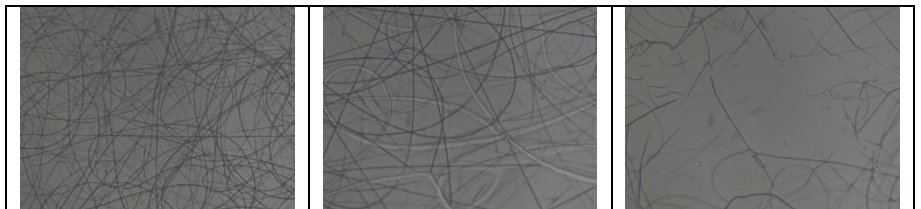
B35


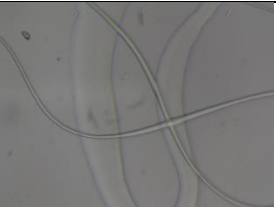


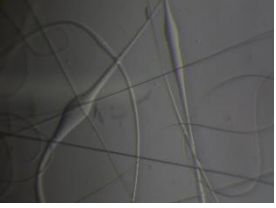

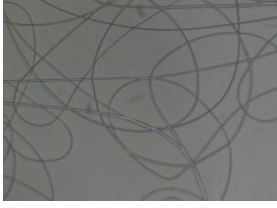
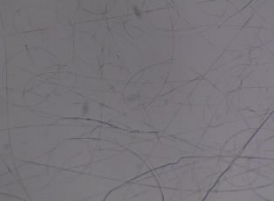
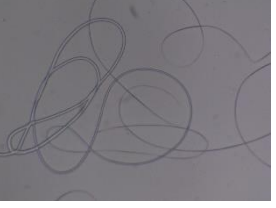











B36



C = Konsentrasi 16%

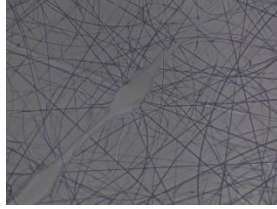


<p>C1</p> 	<p>C2</p> 	<p>C3</p> 
<p>C4</p> 	<p>C5</p> 	<p>C6</p> 
<p>C7</p> 	<p>C8</p> 	<p>C9</p> 
<p>C10</p> 	<p>C11</p> 	<p>C12</p> 
<p>C13</p> 	<p>C14</p> 	<p>C15</p> 
<p>C16</p> 	<p>C17</p> 	<p>C18</p> 





C19



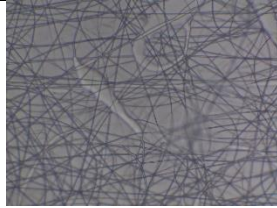
C20



C21



C22



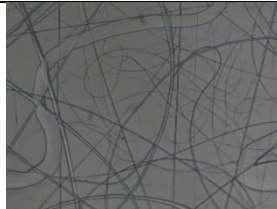
C23



C24



C25



C26



C27



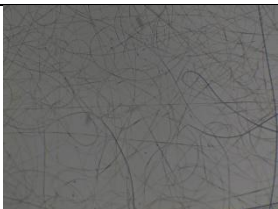
C28



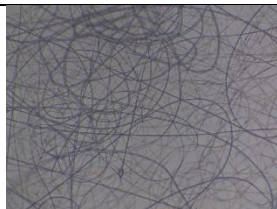
C29



C30



C31



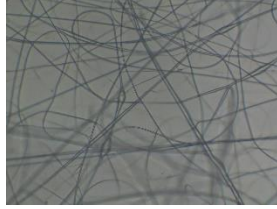
C32



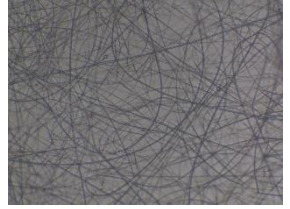
C33



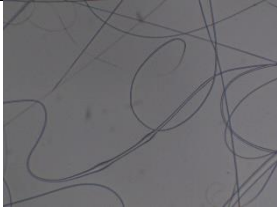
C34



C35



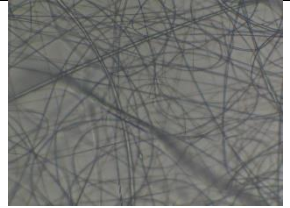
C36



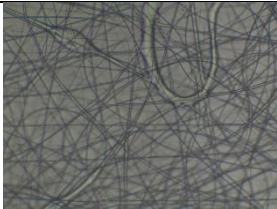
C37



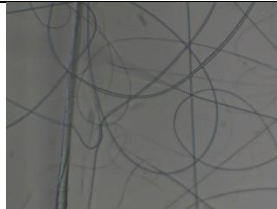
C38



C39



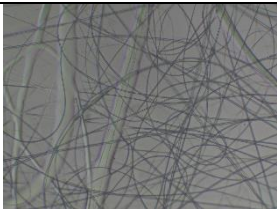
C40



C41



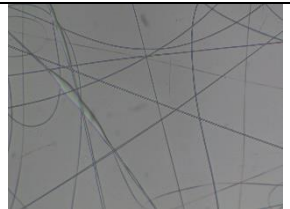
C42



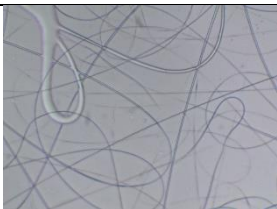
C43



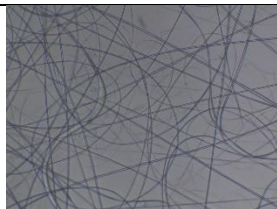
C44



C45



C46

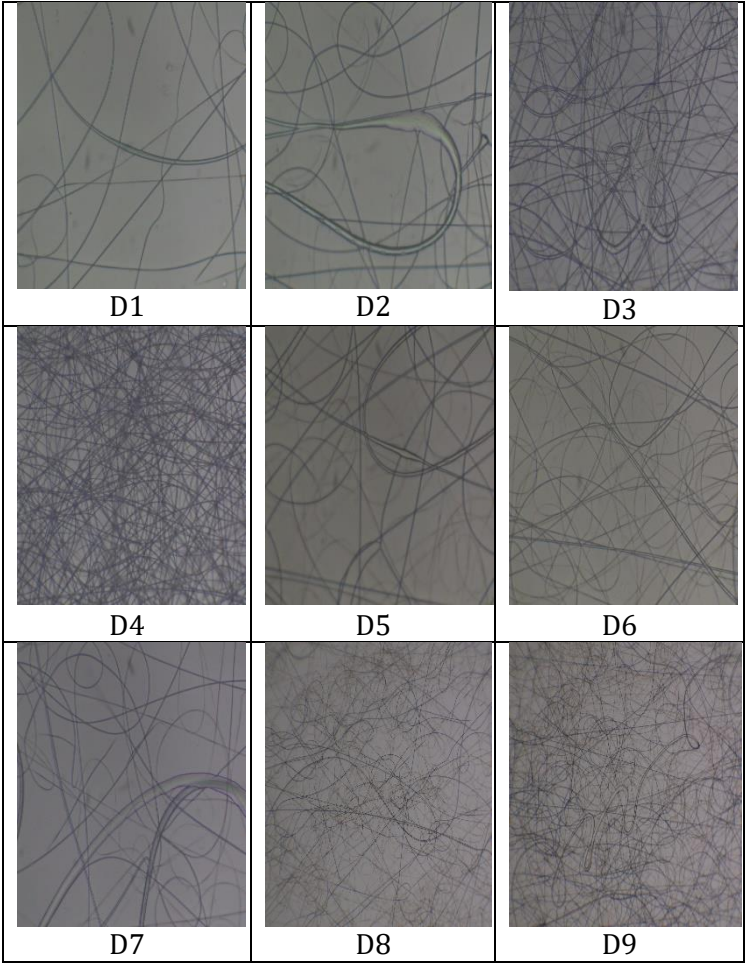


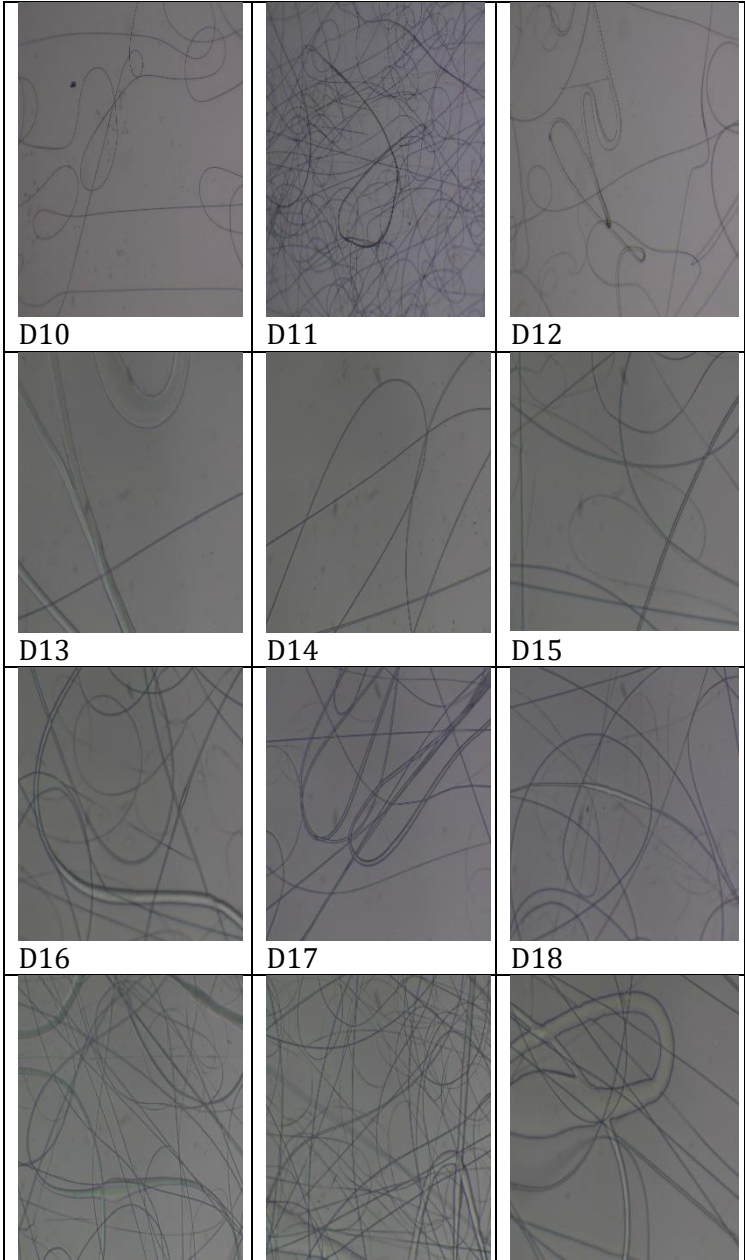
C47

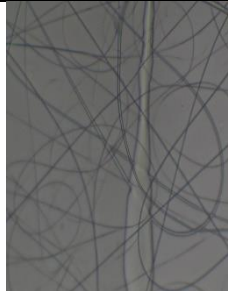
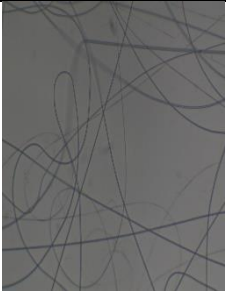
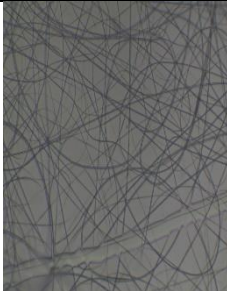
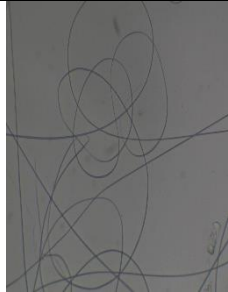

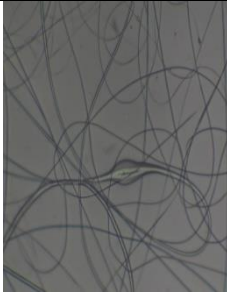

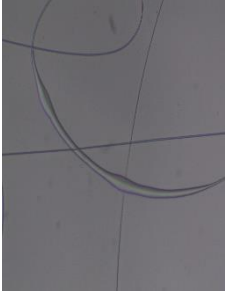
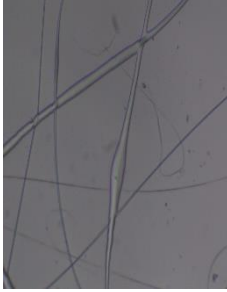





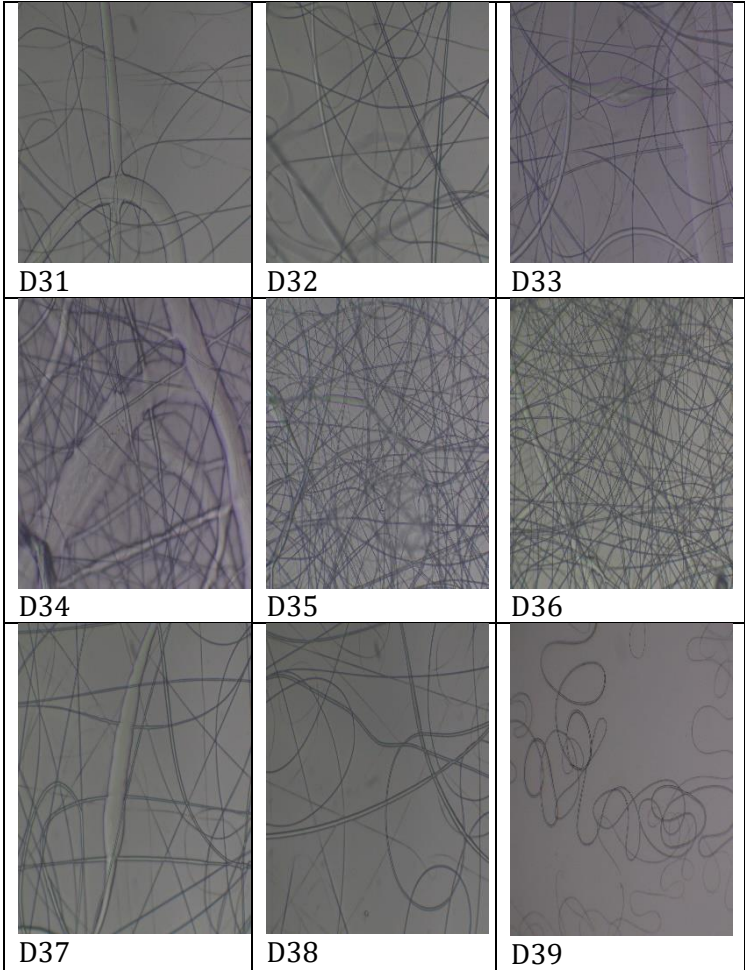
C48

D = Konsentrasi 18%





D19	D20	D21
		
D22	D23	D24
		
D25	D26	D27
		
D28	D29	D30
		



### Lampiran Tabel Optimasi *Electrospinning*

<b>Sampel</b>	<b>Konsentrasi (%)</b>	<b>Tegangan (kV)</b>	<b>Laju alir (mL/jam)</b>	<b>Jarak (cm)</b>
A1	12	7	0,02	10
A2	12	7,5	0,02	10
A3	12	8	0,02	10
A4	12	8,5	0,02	10
A5	12	7	0,02	11
A6	12	7,5	0,02	11
A7	12	8	0,02	11
A8	12	8,5	0,02	11
A9	12	7	0,02	12
A10	12	7,5	0,02	12
A11	12	8	0,02	12
A12	12	8,5	0,02	12
A13	12	7	0,02	13
A14	12	7,5	0,02	13
A15	12	8	0,02	13
A16	12	8,5	0,02	13
A17	12	7	0,04	10
A18	12	7,5	0,04	10
A19	12	8	0,04	10
A20	12	8,5	0,04	10
A21	12	7	0,04	11
A22	12	7,5	0,04	11
A23	12	8	0,04	11
A24	12	8,5	0,04	11
A25	12	7	0,04	12
A26	12	7,5	0,04	12
A27	12	8	0,04	12
A28	12	8,5	0,04	12
A29	12	7	0,04	13
A30	12	7,5	0,04	13

A31	12	8	0,04	13
A32	12	8,5	0,04	13
A33	12	7	0,06	10
A34	12	7,5	0,06	10
A35	12	8	0,06	10
A36	12	8,5	0,06	10
A37	12	7	0,06	11
A38	12	7,5	0,06	11
A39	12	8	0,06	11
A40	12	8,5	0,06	11
A41	12	7	0,06	12
A42	12	7,5	0,06	12
A43	12	8	0,06	12
A44	12	8,5	0,06	12
A45	12	7	0,06	13
A46	12	7,5	0,06	13
A47	12	8	0,06	13
A48	12	8,5	0,06	13

<b>Sampel</b>	<b>Konsentrasi (%)</b>	<b>Tegangan (kV)</b>	<b>Laju alir (mL/jam)</b>	<b>Jarak (cm)</b>
B1	14	7	0,02	10
B2	14	7,5	0,02	10
B3	14	8	0,02	10
B4	14	8,5	0,02	10
B5	14	7	0,02	11
B6	14	7,5	0,02	11
B7	14	8	0,02	11
B8	14	8,5	0,02	11
B9	14	7	0,02	12
B10	14	7,5	0,02	12
B11	14	8	0,02	12
B12	14	8,5	0,02	12



B13	14	7	0,02	13
B14	14	7,5	0,02	13
B15	14	8	0,02	13
B16	14	8,5	0,02	13
B17	14	7	0,04	10
B18	14	7,5	0,04	10
B19	14	8	0,04	10
B20	14	8,5	0,04	10
B21	14	7	0,04	11
B22	14	7,5	0,04	11
B23	14	8	0,04	11
B24	14	8,5	0,04	11
B25	14	7	0,04	12
B26	14	7,5	0,04	12
B27	14	8	0,04	12
B28	14	8,5	0,04	12
B29	14	7	0,04	13
B30	14	7,5	0,04	13
B31	14	8	0,04	13
B32	14	8,5	0,04	13
B33	14	7	0,06	10
B34	14	7,5	0,06	10
B35	14	8	0,06	10
B36	14	8,5	0,06	10
B37	14	7	0,06	11
B38	14	7,5	0,06	11
B39	14	8	0,06	11
B40	14	8,5	0,06	11
B41	14	7	0,06	12
B42	14	7,5	0,06	12
B43	14	8	0,06	12
B44	14	8,5	0,06	12
B45	14	7	0,06	13
B46	14	7,5	0,06	13

B47	14	8	0,06	13
B48	14	8,5	0,06	13

<b>Sampel</b>	<b>Konsentrasi (%)</b>	<b>Tegangan (kV)</b>	<b>Laju alir (mL/jam)</b>	<b>Jarak (cm)</b>
C1	16	7	0,02	10
C2	16	7,5	0,02	10
C3	16	8	0,02	10
C4	16	8,5	0,02	10
C5	16	7	0,02	11
C6	16	7,5	0,02	11
C7	16	8	0,02	11
C8	16	8,5	0,02	11
C9	16	7	0,02	12
C10	16	7,5	0,02	12
C11	16	8	0,02	12
C12	16	8,5	0,02	12
C13	16	7	0,02	13
C14	16	7,5	0,02	13
C15	16	8	0,02	13
C16	16	8,5	0,02	13
C17	16	7	0,04	10
C18	16	7,5	0,04	10
C19	16	8	0,04	10
C20	16	8,5	0,04	10
C21	16	7	0,04	11
C22	16	7,5	0,04	11
C23	16	8	0,04	11
C24	16	8,5	0,04	11
C25	16	7	0,04	12
C26	16	7,5	0,04	12
C27	16	8	0,04	12
C28	16	8,5	0,04	12
C29	16	7	0,04	13

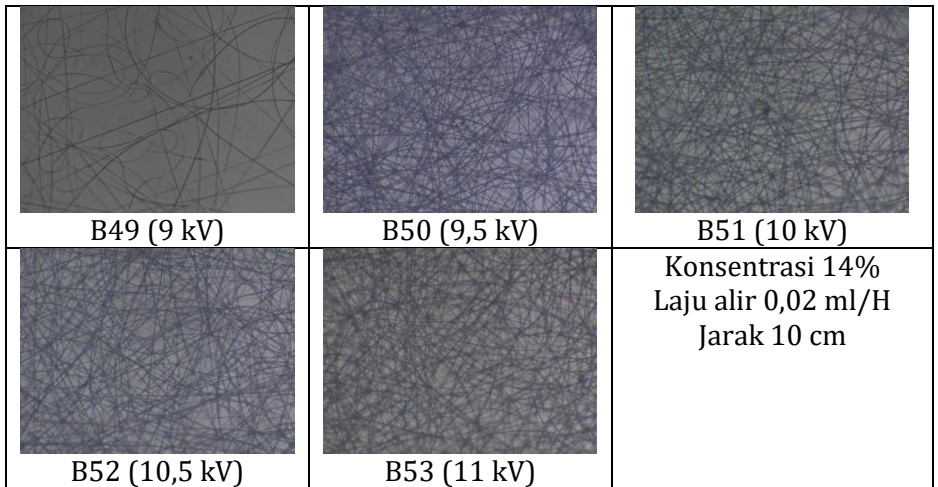
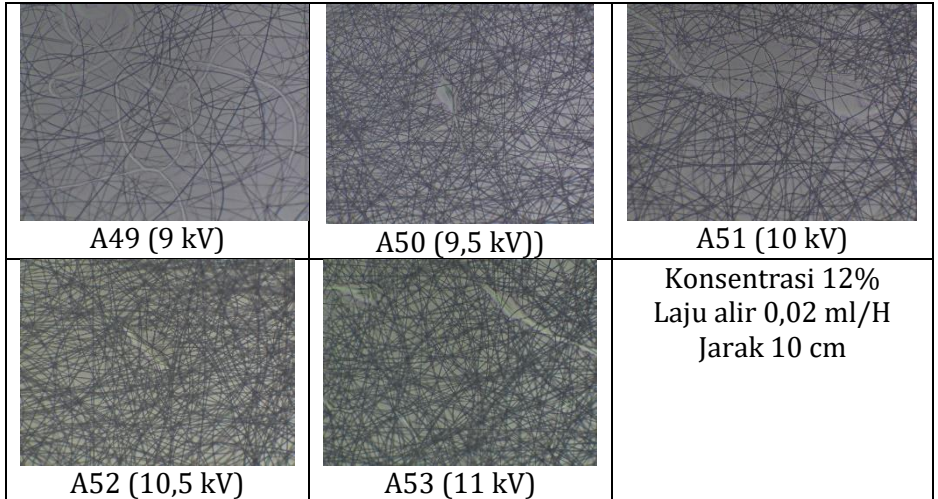
C30	16	7,5	0,04	13
C31	16	8	0,04	13
C32	16	8,5	0,04	13
C33	16	7	0,06	10
C34	16	7,5	0,06	10
C35	16	8	0,06	10
C36	16	8,5	0,06	10
C37	16	7	0,06	11
C38	16	7,5	0,06	11
C39	16	8	0,06	11
C40	16	8,5	0,06	11
C41	16	7	0,06	12
C42	16	7,5	0,06	12
C43	16	8	0,06	12
C44	16	8,5	0,06	12
C45	16	7	0,06	13
C46	16	7,5	0,06	13
C47	16	8	0,06	13
C48	16	8,5	0,06	13



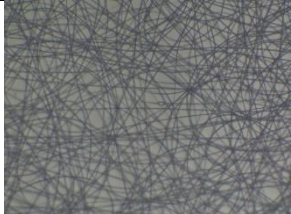
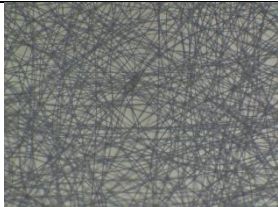
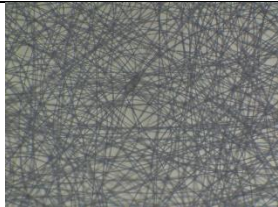
<b>Sampel</b>	<b>Konsentrasi (%)</b>	<b>Tegangan (kV)</b>	<b>Laju alir (mL/jam)</b>	<b>Jarak (cm)</b>
D1	18	7	0,02	10
D2	18	7,5	0,02	10
D3	18	8	0,02	10
D4	18	8,5	0,02	10
D5	18	7	0,02	11
D6	18	7,5	0,02	11
D7	18	8	0,02	11
D8	18	8,5	0,02	11
D9	18	7	0,02	12
D10	18	7,5	0,02	12
D11	18	8	0,02	12
D12	18	8,5	0,02	12


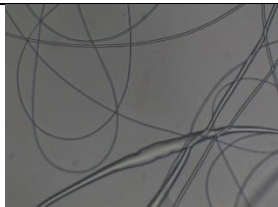
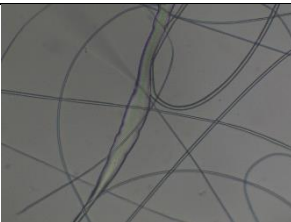
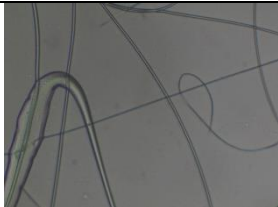

D13	18	7	0,02	13
D14	18	7,5	0,02	13
D15	18	8	0,02	13
D16	18	8,5	0,02	13
D17	18	7	0,04	10
D18	18	7,5	0,04	10
D19	18	8	0,04	10
D20	18	8,5	0,04	10
D21	18	7	0,04	11
D22	18	7,5	0,04	11
D23	18	8	0,04	11
D24	18	8,5	0,04	11
D25	18	7	0,04	12
D26	18	7,5	0,04	12
D27	18	8	0,04	12
D28	18	8,5	0,04	12
D29	18	7	0,04	13
D30	18	7,5	0,04	13
D31	18	8	0,04	13
D32	18	8,5	0,04	13
D33	18	7	0,06	10
D34	18	7,5	0,06	10
D35	18	8	0,06	10
D36	18	8,5	0,06	10
D37	18	7	0,06	11
D38	18	7,5	0,06	11
D39	18	8	0,06	11
D40	18	8,5	0,06	11
D41	18	7	0,06	12
D42	18	7,5	0,06	12
D43	18	8	0,06	12
D44	18	8,5	0,06	12
D45	18	7	0,06	13
D46	18	7,5	0,06	13

D47	18	8	0,06	13
D48	18	8,5	0,06	13

Membran *nanofibers* CA tegangan 9 sampai 11 kV

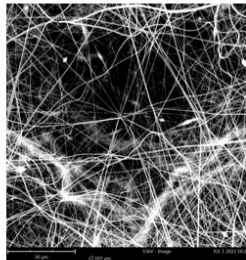


		
C49 (9 kV)	C50 (9,5 kV)	C51 (10 kV)
		<p>Konsentrasi 16%  Laju alir 0,02 ml/H  Jarak 10 cm</p>
C52 (10,5 kV)	B53 (11 kV)	

		
D49 (9 kV)	D50 (9,5 kV)	D51 (10 kV)
		<p>Konsentrasi 18%  Laju alir 0,02 ml/H  Jarak 10 cm</p>
D52 (10,5 kV)	D53 (11 kV)	

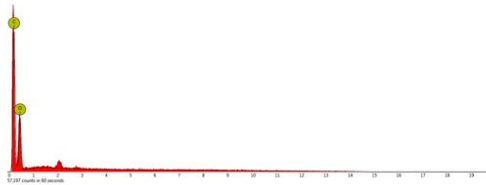
## Lampiran 2 Hasil Uji SEM EDX

SEM-EDS



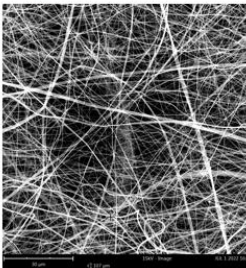
Element Symbol	Atomic Conc.	Weight Conc.	Oxide Symbol	Stoich. wt Conc.
C	66.27	59.60		
O	33.73	40.40		

FOV: 107 µm, Mode: 15kV - Image, Detector: BSD Full, Time: JUL 1 2022 16:21



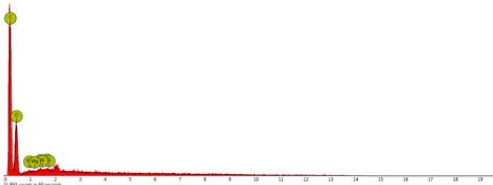
CA 14%

SEM-EDS



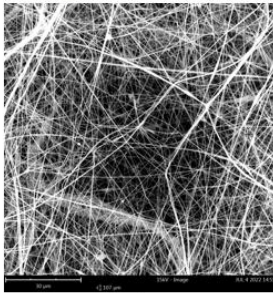
Element Symbol	Atomic Conc.	Weight Conc.	Oxide Symbol	Stoich. wt Conc.
C	68.19	61.49		
O	31.35	37.66		
Na	0.25	0.43		
Al	0.09	0.19		
Si	0.08	0.17		
Mg	0.04	0.07		

FOV: 107 µm, Mode: 15kV - Image, Detector: BSD Full, Time: JUL 1 2022 16:47



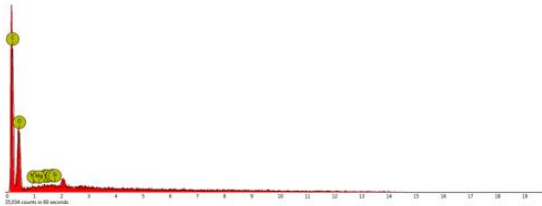
CA-Zeo 2%

5.45.5.5

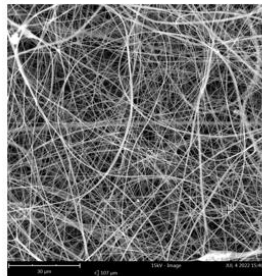


Element Symbol	Atomic Conc.	Weight Conc.	Oxide Symbol	Stoich. wt Conc.
C	65.32	58.46		
O	34.36	40.96		
Na	0.19	0.33		
Al	0.05	0.10		
Mg	0.05	0.09		
Si	0.03	0.06		

FOV: 107 μm, Mode: 15kV - Image, Detector: BSD Full, Time: JUL 4 2022 14:55

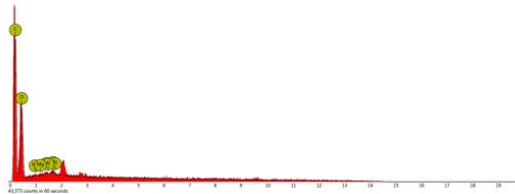


### CA-Zeo 4%



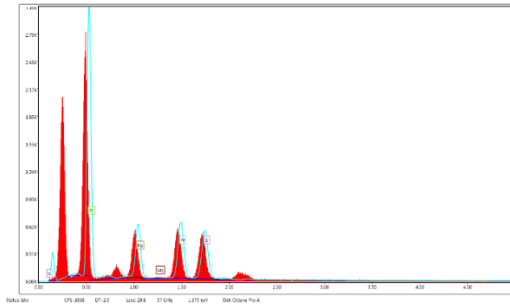
Element Symbol	Atomic Conc.	Weight Conc.	Oxide Symbol	Stoich. wt Conc.
C	62.63	55.59		
O	37.04	43.79		
Si	0.09	0.19		
Al	0.10	0.19		
Na	0.11	0.19		
Mg	0.03	0.06		

FOV: 107 μm, Mode: 15kV - Image, Detector: BSD Full, Time: JUL 4 2022 15:46



### CA-Zeo 6%





Zeolit 4A

### Lampiran 3 Hasil Uji FTIR

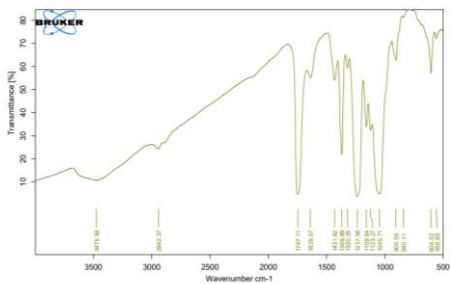
Hasil Uji FTIR Sampel A (CA 14%)

Search Library 20/06/2022 14:29:22

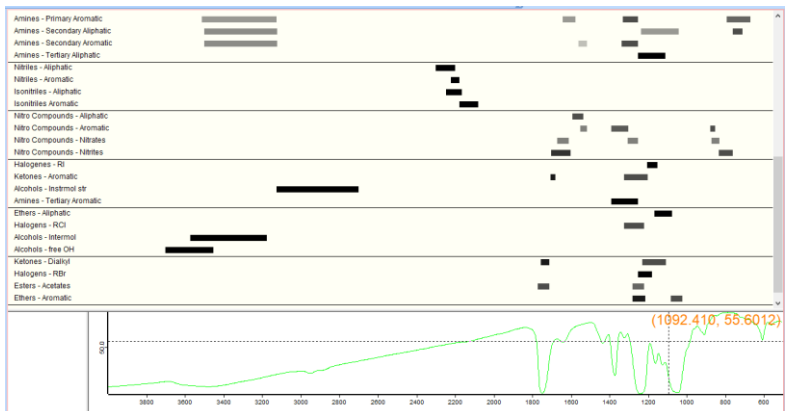
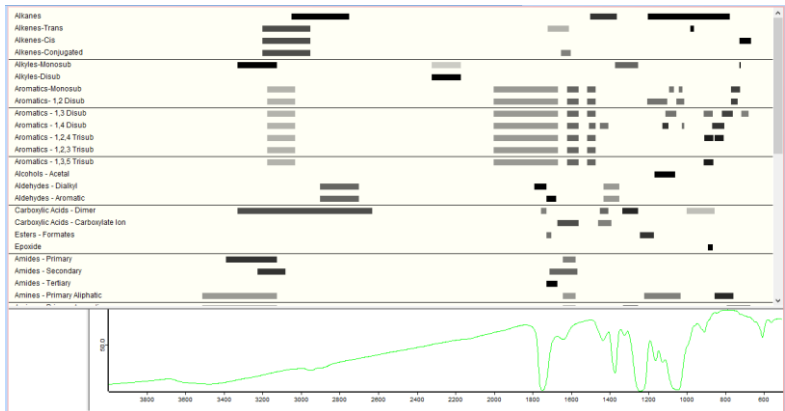
Color	Hit Quality	Compound Name	CAS Number	Molecular Formula	Molecular Weight
Blue	98%	CELLANESE ACETATE FIBER			

Color	File	Path	Spectrum Type
Red	CA - 14% B	C:\Users\Lab Fickat\Documents\Bukan\CPUS_0.2.2022\DATA\MSDCA - 14% B	Query Spectrum

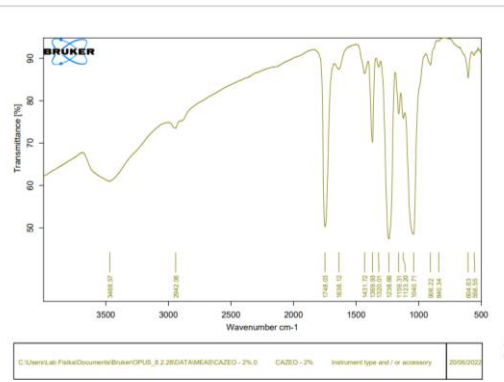
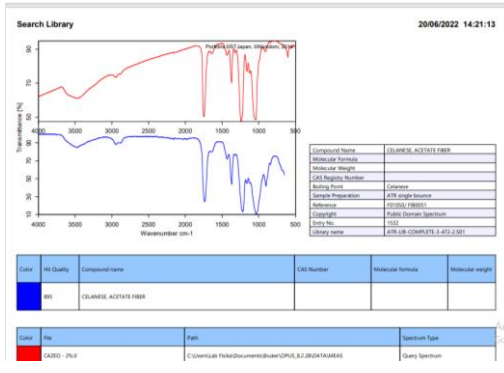
Page 1 of 1



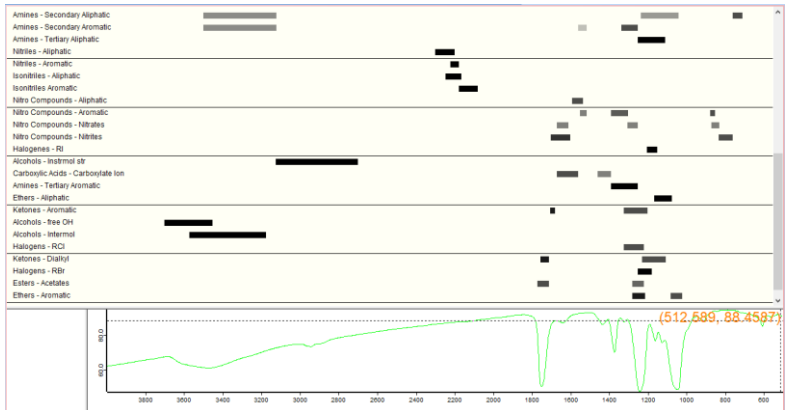
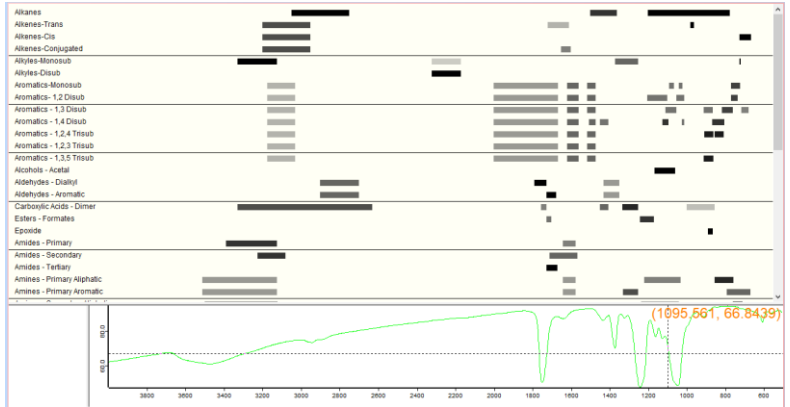
Wavenumber cm <sup>-1</sup>	Transmittance (%)
3997.81621	0.106515
3995.75873	0.106777
3993.701324	0.107032
3991.64378	0.107286
3989.586238	0.107546
3987.528679	0.107802
3985.471131	0.108113
3983.413583	0.108353
3981.356034	0.108620
3979.298486	0.108889
3977.240938	0.109149
3975.183389	0.109475
3973.125841	0.109790
3971.068293	0.110063
3969.010744	0.110291
3966.953196	0.110487
3964.895648	0.110737
3962.838099	0.111021
3960.780551	0.111295
3958.723003	0.111589
3956.665454	0.111872
3954.607906	0.112271
3952.550358	0.112725
3950.492809	0.113124
3948.435261	0.113422
3946.377712	0.113712
3944.320164	0.114073
3942.262616	0.114415
3940.205067	0.114644
3938.147519	0.114859
3936.089971	0.115156
3934.032422	0.115484
3931.974874	0.115797
3929.917326	0.116118
3927.859777	0.116484



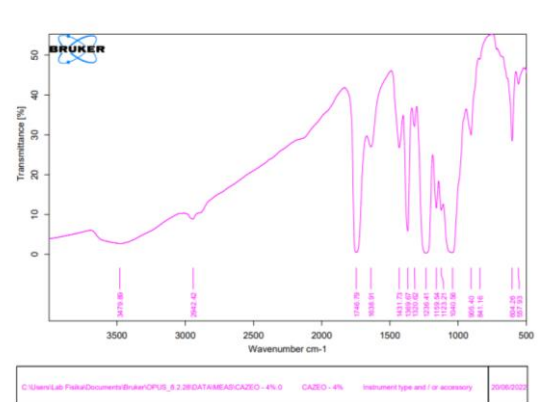
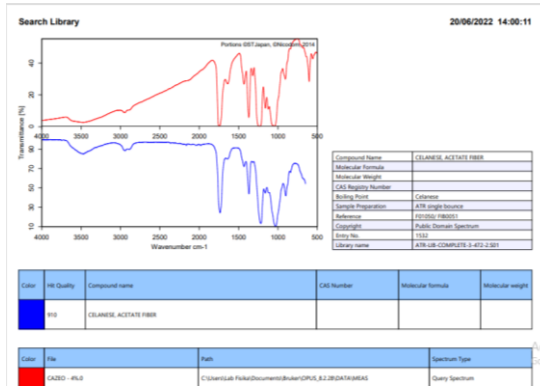
# Hasil Uji FTIR Sampel B (CA-Zeolit 2%)



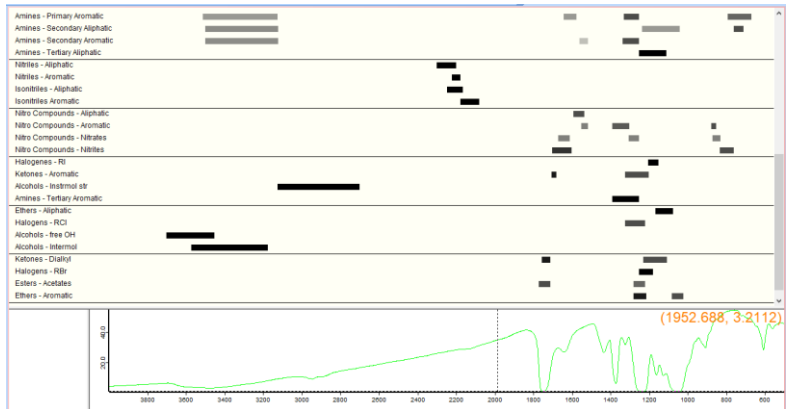
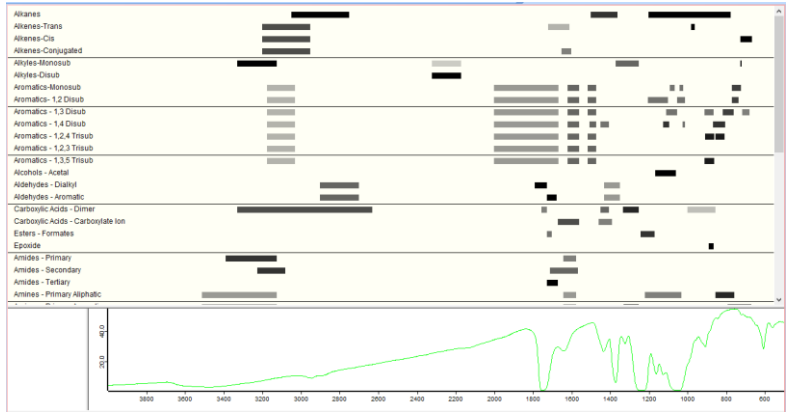
Wavenumber cm-1	Transmittance [%]
3987.816421	0.621972
3995.758873	0.621777
3999.701124	0.622496
3999.648776	0.622779
3989.586228	0.631222
3987.528679	0.623442
3985.471131	0.623887
3983.413583	0.623951
3981.356034	0.624263
3979.298486	0.624488
3977.240938	0.625046
3975.183389	0.625392
3973.125841	0.625784
3971.068293	0.626099
3969.010744	0.626444
3966.953196	0.626790
3964.895648	0.627134
3962.838099	0.627489
3960.780551	0.627796
3958.723003	0.628166
3956.665454	0.628609
3954.607906	0.628999
3952.550358	0.629314
3950.492809	0.629787
3948.435261	0.630325
3946.377712	0.630669
3944.320164	0.630777
3942.262616	0.631166
3940.205067	0.631645
3938.147519	0.631962
3936.089971	0.632259
3934.032422	0.632717
3931.974874	0.633410
3929.917326	0.633811
3927.859777	0.633905



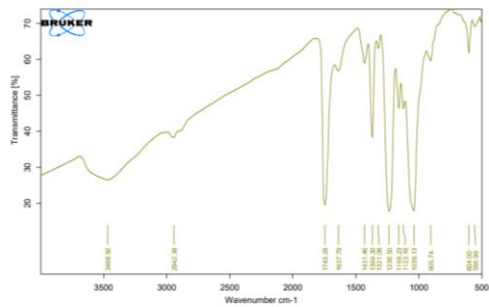
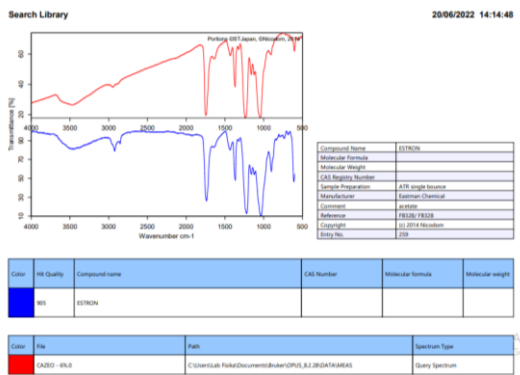
#### 4. Hasil Uji FTIR Sampel C (CA-Zeolit 4%)



Wavenumber cm-1	Transmittance (%)
3997.816421	0.039204
3995.715873	0.039343
3992.701124	0.039444
3991.643776	0.039529
3989.586228	0.039607
3987.528779	0.039701
3985.471131	0.039817
3983.413383	0.039933
3981.355634	0.040019
3979.298486	0.040069
3977.240938	0.040123
3975.183389	0.040225
3973.125841	0.040391
3971.068293	0.040575
3969.010744	0.040709
3966.953196	0.040777
3964.895648	0.040862
3962.838099	0.041021
3960.780551	0.041195
3958.723003	0.041379
3956.665454	0.041571
3954.607906	0.041668
3952.550358	0.041754
3950.492809	0.041865
3948.435261	0.041930
3946.377712	0.042039
3944.320164	0.042021
3942.262616	0.042330
3940.205067	0.042401
3938.147519	0.042482
3936.089971	0.042616
3934.032422	0.042777
3931.974874	0.042953
3929.917326	0.043149
3927.859777	0.043412

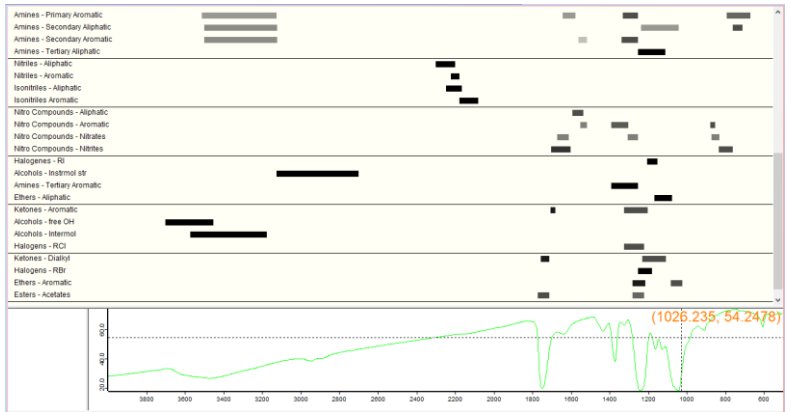
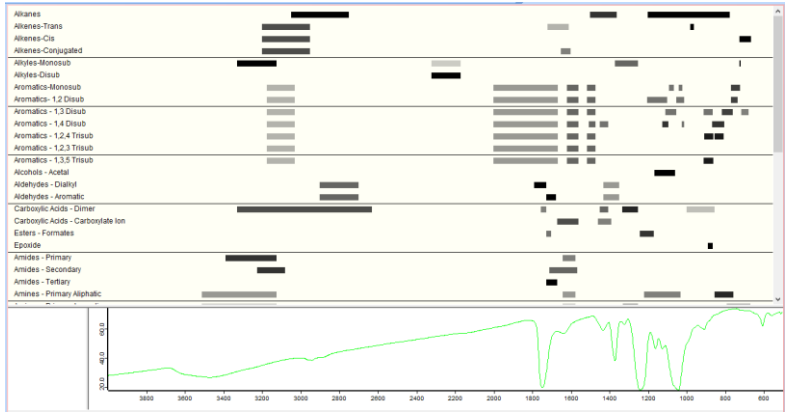


## 5. Hasil Uji FTIR Sampel D (CA-Zeolit 6%)



C:\Users\Lab-Fish\Desktop\Bahan-OPUS\_8.2\BADATA\BASA\CAZD - 6%L CAZD - 6% Instrument type and / or accessory 20060202

Wavenumber cm-1	Transmittance [%]
3997.816421	0.277879
3995.758873	0.278199
3993.701824	0.278481
3991.643776	0.278720
3989.586228	0.279000
3987.528679	0.279227
3985.471131	0.279574
3983.413583	0.279793
3981.356034	0.279948
3979.298486	0.280113
3977.240938	0.280315
3975.183389	0.280561
3973.125841	0.281088
3971.068293	0.281310
3969.010744	0.281682
3966.953196	0.282230
3964.895648	0.282547
3962.838099	0.282923
3960.780551	0.283285
3958.723003	0.283543
3956.665454	0.283795
3954.607906	0.284116
3952.550358	0.284473
3950.492809	0.284884
3948.435261	0.285384
3946.377712	0.285733
3944.320164	0.286151
3942.262616	0.286676
3940.205067	0.287050
3938.147519	0.287433
3936.089971	0.287776
3934.032422	0.287913
3931.974874	0.288273
3929.917326	0.288749
3927.859777	0.289388





# Lampiran 3 Hasil Uji Adsorpsi

## 1. Data pengukuran AAS



Operator Name: mughis  
Results File: C:\SOLAAR\MATA\Logam Cu\Uji Pb 27022.SLR

Method: Uji Pb 21422  
Autosampler: None  
Use SFI: No

Analysis Name: Analysis 1 27/06/2022  
Operator Name: mughis

Y = 0,04615x - 0,0003  
R<sup>2</sup>: 0.9998  
Characteristic Conc: 0.0953



Report Date 27/06/2022 15:08:13

### General Parameters

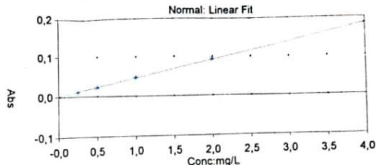
Operator: MUGHIS

Instrument Mode: Flame  
Dilution: None

### Analysis Details

Spectrometer: ICE 3000 AA05194702 v1.30

### Solution Results - Pb



Sample ID	Signal	Rsd %	Conc mg/L	Corrected Conc mg/L
Pb Blank	-0,000	2,8	0,0000	
	-0,001		Background: 0,000	27/06/2022 14:53:55
	-0,001		Background: 0,000	27/06/2022 14:54:00
Pb Standard 1	0,010	1,0	0,2500	
	0,010		Background: 0,000	27/06/2022 14:54:26
	0,010		Background: 0,001	27/06/2022 14:54:30
Pb Standard 2	0,022	0,6	0,5000	
	0,022		Background: 0,001	27/06/2022 14:55:00
	0,022		Background: 0,000	27/06/2022 14:55:04
Pb Standard 3	0,047	0,3	1,0000	
	0,047		Background: 0,001	27/06/2022 14:55:29
	0,047		Background: 0,001	27/06/2022 14:55:33
Pb Standard 4	0,093	0,3	2,0000	
	0,093		Background: 0,002	27/06/2022 14:56:01
	0,093		Background: 0,002	27/06/2022 14:56:06
Pb Standard 5	0,184	0,1	4,0000	
	0,184		Background: 0,002	27/06/2022 14:56:32
	0,183		Background: 0,002	27/06/2022 14:56:36
Pb Sample 1 C0	0,005	2,5	0,1079	0,1079
	0,005		Background: 0,001	27/06/2022 14:57:12
	0,005		Background: 0,002	27/06/2022 14:57:16
Pb Sample 2	0,054	0,9	1,1814	1,1814
	0,054		Background: 0,002	27/06/2022 14:57:52
	0,055		Background: 0,001	27/06/2022 14:57:57

2. Data analisa konsentrasi logam Pb (II) terserap

$S_0$  = Konsentrasi awal

$S_T$  = Konsentrasi terserap

$y$  = Absorbansi logam Pb (II)

$x$  = Konsentrasi akhir logam Pb (II)

**a) Sampel 1 (Adsorbat = Pb (II) Adsorben = CA 14%)**

$$S_0 = 2,1729 \text{ ppm}$$

$$y = 0,054$$

$$a = 0,0461$$

$$b = 0,0003$$

$$y = ax + b$$

$$0,054 = 0,0461x + 0,0003$$

$$x = 1,1635 \text{ ppm}$$

$$S_T = S_0 - x$$

$$S_T = 2,1729 - 1,1635$$

$$S_T = 1,009 \text{ ppm}$$

**b) Sampel 2 (Adsorbat = Pb (II) Adsorben = CA-Zeolit 2%)**

$$S_0 = 2,1729 \text{ ppm}$$

$$y = 0,033$$

$$a = 0,0461$$

$$b = 0,0003$$

$$y = ax + b$$

$$0,033 = 0,0461x + 0,0003$$

$$x = 0,708 \text{ ppm}$$

$$ST = S_0 - x$$

$$ST = 2,1729 - 0,0708$$

$$ST = 1,464 \text{ ppm}$$

**c) Sampel 3 (Adsorbat = Pb (II) Adsorben = CA-Zeolit 4%)**

$$S_0 = 2,1729 \text{ ppm}$$

$$y = 0,027$$

$$a = 0,0461$$

$$b = 0,0003$$

$$y = ax + b$$

$$0,027 = 0,0461x + 0,0003$$

$$x = 0,578 \text{ ppm}$$

$$ST = S_0 - x$$

$$ST = 2,1729 - 0,578$$

$$ST = 1,5949 \text{ ppm}$$

**d) Sampel 4 (Adsorbat = Pb (II) Adsorben = CA-Zeo 6%)**

$$S_0 = 2,1729 \text{ ppm}$$

$$y = 0,027$$

$$a = 0,0461$$

$$b = 0,0003$$

$$y = ax + b$$

$$0,027 = 0,0461x + 0,0003$$

$$x = 0,578 \text{ ppm}$$

$$ST = S_0 - x$$

$$ST = 2,1729 = 0,578$$

$$ST = 1,5949 \text{ ppm}$$

## Lampiran 4 Hasil Turnitin

1808026012\_ NASKAH SKRIPSI (FULL) INTAN DYAH  
FULANJARI

### ORIGINALITY REPORT

<b>8%</b>	<b>8%</b>	<b>0%</b>	<b>7%</b>
SIMILARITY INDEX	INTERNET SOURCES	PUBLICATIONS	STUDENT PAPERS

### PRIMARY SOURCES

<b>1</b>	<b>eprints.walisongo.ac.id</b> Internet Source	<b>5%</b>
<b>2</b>	<b>file.upi.edu</b> Internet Source	<b>1%</b>
<b>3</b>	<b>repository.its.ac.id</b> Internet Source	<b>1%</b>
<b>4</b>	<b>repository.usahidsolo.ac.id</b> Internet Source	<b>1%</b>
<b>5</b>	<b>jurnal.unipasby.ac.id</b> Internet Source	<b>1%</b>

Exclude quotes  On

Exclude matches  < 1%

Exclude bibliography  On

## RIWAYAT HIDUP

### A. Identitas Diri

1. Nama : Intan Dyah Fulanjari
2. Tempat, Tanggal Lahir : Sragen, 07 Maret 2000
3. Alamat : Tremas RT 18/ RW 06,  
Gringging, Sambungmacan,  
Sragen
4. No.HP : 087704488834
5. E-mail : [fulanelhq@gmail.com](mailto:fulanelhq@gmail.com)

### B. Riwayat Pendidikan

Pendidikan Formal :

1. TK Pertiwi III (2006-2007)
2. SD N 1 Gringging 4 (2007-2012)
3. SMP An-Najah Gondang (2012-2015)
4. MA NU Gondang (2015-2018)

Pendidikan Non-Formal :

1. Madin Nurul Chikmah (2007-2009)
2. PP. An-Najah Gondang (2015-2018)
3. PP. Daarun Najaah (2018-Sekarang)

Semarang, 25 Juni 2022

Penulis



**Intan Dyah Fulanjari**

**NIM. 1808026012**