

**SINTESIS DAN KARAKTERISASI FISIKA MEMBRAN  
*POLYVINYLIDENE FLORIDE*/GRAFEN BERBASIS SERAT NANO  
SEBAGAI PENYARING AIR**

**SKRIPSI**

**Oleh**

**Mis Ridha An-Nisa**

**NIM: 06111281722047**

**Program Studi Pendidikan Fisika**



**FAKULTAS KEGURUAN DAN ILMU PENDIDIKAN**

**UNIVERSITAS SRIWIJAYA**

**2021**

**SINTESIS DAN KARAKTERISASI FISIKA MEMBRAN  
POLYVINYLIDENE FLOURIDE/GRAFEN BERBASIS SERAT  
NANO SEBAGAI PENYARING AIR**

**SKRIPSI**

Oleh

**Mis Ridha An-Nisa**

**NIM : 06111281722047**

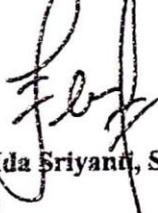
**Telah diujikan dan lulus pada :**

**Hari : Selasa**

**Tanggal : 20 April 2021**

**Mengesahkan,**

**Pembimbing 1**



**Dr. Ida Briyanti, S.Pd., M.Si**

**M.Si**

**NIP 197811082001122002**

**Pembimbing 2**



**Dr. Leni Marlina, S.Pd.,**

**NIP 197708052001122001**

**Mengetahui,**

**Koordinator Program Studi**



**Dr. Ketang Wiyono S.Pd., M.Pd**

**NIP 197905222005011005**



## PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan yang di bawah ini :

Nama : Mis Ridha An-Nisa

NIM : 06111281722047

Program Studi : Pendidikan Fisika

Menyatakan dengan sungguh-sungguh bahwa skripsi yang berjudul “Sintesis dan Karakterisasi Fisika Membran *Polyvinylidene Flouride*/Grafen Berbasis Serat Nano Sebagai Penyaring Air” ini adalah benar-benar karya saya sendiri dan saya tidak melakukan penjiplakan atau mengutip dengan cara yang tidak sesuai etika keilmuan yang berlaku sesuai dengan peraturan Menteri Pendidikan Republik Indonesia Nomor 17 Tahun 2010 tentang Pencegahan dan Penanggulangan Plagiat di Perguruan Tinggi. Apabila di kemudian hari, ada pelanggaran yang ditemukan dalam skripsi ini dan/atau ada pengaduan di pihak lain terhadap karya ini, saya bersedia menanggung sanksi yang dijatuhkan kepada saya.

Demikian pernyataan ini dibuat dengan sungguh-sungguh tanpa pemaksaan dari pihak manapun.

Palembang, 27 April 2021

Mahasiswa ybs



  
Mis Ridha An-Nisa

NIM 06111281722047

## **PRAKATA**

Skripsi dengan judul “Sintesis dan Karakterisasi Fisika Membran *Polyvinylidene Flouride*/Grafen Berbasis Serat Nano Sebagai Penyaring Air” disusun untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar Sarjana Pendidikan (S.Pd.) pada Program Studi Pendidikan Fisika, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Sriwijaya. Dalam mewujudkan skripsi, penulis telah mendapatkan bantuan dari berbagai pihak.

Oleh sebab itu, penulis mengucapkan terima kasih kepada ibu Dr. Ida Sriyanti, S.Pd., M.Si. dan ibu Drs. Zulherman, M.Pd. sebagai pembimbing atas segala bimbingan yang telah diberikan dalam penulisan skripsi ini. Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada Prof. Sofendi, M.A., Ph.D., Dekan FKIP Unsri, Dr. Ismet, S.Pd, M.Si., Ketua Jurusan Pendidikan Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Dr. Ketang Wiyono, S.Pd., M.Pd., Koordinator Program Studi Pendidikan Fisika yang telah memberikan kemudahan dalam pengurusan administrasi selama penulisan skripsi ini. Ucapan terima kasih juga ditujukan kepada ibu Melly Ariska, S.Pd., M.Sc, Dewan Penguji yang telah memberikan sejumlah saran untuk perbaikan skripsi ini.

Lebih lanjut, penulis mengucapkan puji syukur kepada Allah SWT atas nikmat yang tak pernah henti kepada hamba-Nya ini. Sholawat selalu tercurahkan kepada baginda Agung Muhammad SAW, sahabat, keluarga dan para pengikutnya hingga akhir zaman. Terima kasih tak terhingga kepada Ayah dan Ibu saya atas doa, dukungan, kerja keras serta pengorbanan yang tak pernah henti-hentinya kepadaku. Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada Bidikmisi yang telah memberikan bantuan biaya kuliah hingga selesai, Dosen-Dosen Pendidikan Fisika FKIP Unsri, Kak Yanal (Admin Prodi Indralaya), Kak Farid, Kakak Tingkat dan Adik Tingkat Pendidikan Fisika Unsri, Teman-Temanku tercinta Pendidikan Fisika 2017 Indralaya yang selalu memberikan doa, bantuan

dan saran sehingga skripsi ini dapat diselesaikan. Terimakasih juga kepada kak M. Rama Almafie yang siap membimbing dan mengajari banyak hal yang belum saya ketahui, dan teman-teman lab Danny, Metta, dan Mba Lis yang sudah banyak membantu. Tak lupa terima kasih kepada Nur, teman seperjuangan dan selalu siap membantu dalam kesulitan baik doa maupun waktu yang sudah diluangkan dalam perjalanana ini. Akhir kata, semoga skripsi ini dapat bermanfaat untuk pembelajaran bidang studi fisika dan pengembangan ilmu pengetahuan, teknologi dan seni.

Palembang, 27 April 2021

Penulis,



Mis Ridha An-Nisa

NIM 06111281722047

## DAFTAR ISI

<b>DAFTAR ISI</b> .....	<b>i</b>
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	<b>iii</b>
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	<b>iv</b>
<b>DAFTAR SINGKATAN DAN LAMBANG</b> .....	<b>v</b>
<b>ABSTRAK</b> .....	<b>vi</b>
<b>BAB I</b> .....	<b>1</b>
<b>PENDAHULUAN</b> .....	<b>1</b>
1.1    Latar Belakang .....	1
1.2    Rumusan Masalah .....	3
1.3    Batasan Penelitian .....	3
1.4    Tujuan Penelitian.....	3
1.5    Manfaat Penelitian.....	4
<b>BAB II</b> .....	<b>5</b>
<b>TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	<b>5</b>
2.1    Definisi Membran Penyaring Air .....	5
2.2    Bahan Polimer.....	6
2.2.1 <i>Polivinyldene Fluoride (PVDF)</i> .....	6
2.2.2    Grafen.....	7
2.3    Electrospinning .....	8
2.4    Serat Nano.....	10
2.5    Kuat Mekanik Membran .....	11
<b>BAB III</b> .....	<b>12</b>
<b>METODOLOGI PENELITIAN</b> .....	<b>12</b>
3.1    Metode Penelitian.....	12
3.3.1    Tahap Persiapan .....	12
3.3.2    Tahap Eksperimen.....	13
3.4    Prosedur Penelitian.....	13

3.4.1	Tahap Persiapan .....	13
3.4.2	Tahap Eksperimen .....	14
3.5	Teknik Pengumpulan dan Analisis Data.....	14
3.5.1	Morfologi Serat Nano.....	14
3.5.2	Uji Kuat Mekanik.....	15
3.6	Diagram Alir Penelitian.....	16
<b>BAB IV.....</b>		<b>17</b>
<b>HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>		<b>17</b>
4.1	Deskripsi Hasil Penelitian .....	17
4.1.1	Hasil Pemintalan Serat Membran <i>Polyvinylidene Flouride</i> /Grafen .....	17
4.1.2	Hasil Karakterisasi Serat Membran <i>Polyvinylidene Flouride</i> /Grafen .....	18
4.2	Pembahasan.....	20
4.3	Deskripsi Hasil Penelitian .....	22
<b>BAB V.....</b>		<b>23</b>
5.1	Kesimpulan .....	23
5.2	Saran .....	23
<b>Daftar Pustaka .....</b>		<b>24</b>

## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar 2.1</b> Ilustrasi proses pemisahan nanofiber nanofiltration .....	6
<b>Gambar 2. 1</b> (a) Padatan Poly (vinylidene fluoride) (PVDF) dan (b) Struktur Poly (vinylidene fluoride) (PVDF) .....	7
<b>Gambar 2.2</b> Struktur kristal dari alotrop karbon yang berbeda. (a) Berlian dan grafit tiga dimensi (3D); (b) graphene dua dimensi (2D); (c) nanotube satu dimensi (1D); dan (d) buckyballs dimensi nol (0D). (Katsnelson, 2007).....	8
<b>Gambar 2.3</b> Prinsip sistem electrospinning .....	10
<b>Gambar 2.4</b> SEM serat komposit PAN/DMF 6% (w/w) dengan perbesaran 50.000 kali (Pan & Nanofiber, 2020) .....	11
<b>Gambar 3.2</b> Skema Proses Pembuatan Membran Serat PVDF/Grafen CKS ....	17
<b>Gambar 4.1</b> Hasil Pemintalan Membran Serat PVDF/Grafen (a) FPC 0 (b) FPC 1, (c) FPC 2, (d) FPC 3 .....	19
<b>Gambar 4.2</b> Morfologi dan Distribusi Diameter Membran Serat PVDF/Grafen (a) FPC 0, (b) FPC 1, (c) FPC 2, (d) FPC 3 .....	20

## DAFTAR TABEL

<b>Tabel 2. 1</b> Faktor karbon aktif yang diinginkan .....	9
<b>Tabel 3.1</b> Parameter larutan PVDF/Grafen CKS .....	14
<b>Tabel 3.2</b> Teknik Pengumpulan dan Analisis Data .....	15

## DAFTAR SINGKATAN DAN LAMBANG

<b>Singkatan</b>	<b>Nama</b>
PVDF	<i>Polyvinylidene Flouride</i>
Grafen	Karbon aktif yang diproduksi menjadi karbon berskala nano
DMF	Dimetilformamida
FPC 0	Serat Nano PVDF/DMF 20 %
FPC 1	Serat Nano PVDF 15 % (b/b) / GRAFEN 6 %
FPC 2	Serat Nano PVDF 20 % (b/b) / GRAFEN 6 %
FPC 3	Serat Nano PVDF 25 % (b/b) / GRAFEN 6 %
MiF	<i>Microscope Flourensense</i>

<b>Lambang</b>	<b>Nama</b>
$\vec{E}$	Medan Listrik
$F_{listrik}$	Gaya Listrik
$F_C$	Gaya Coulomb
$q_1$	Muatan pertama
$q_2$	Muatan kedua
$r$	Jarak antara kedua
$k$	Konstanta
$\epsilon$	Regangan
$\sigma$	Besar tegangan

**SINTESIS DAN KARAKTERISASI FISIKA MEMBRAN  
POLYVINYLIDENE FLORIDE/GRAFEN BERBASIS SERAT NANO  
SEBAGAI PENYARING AIR**

**ABSTRAK**

Membran *Polyvinylidene Flouride*/Grafen berbasis serat nano berhasil disintesis dengan menggunakan metode Electrospinning untuk aplikasi penyaring air. Serat nano PVDF/Grafen dibuat dengan variasi konsentrasi PVDF sebesar 15% (b/b), 20% (b/b) dan 25% (b/b) serta penambahan 6% Grafen pada setiap sampel larutan. Kemudian membran serat nano dianalisis berdasarkan karakterisasi morfologi bentuk dan uji mekanik membran. Pada hasil mikroskop menunjukkan hasil serat nano yang dihasilkan adalah homogen dan bebas manik-manik dengan rentang diameter rata-rata berukuran 100 - 400 nm. Peningkatan konsentrasi polimer menyebabkan diameter serat nano yang dihasilkan semakin besar. Penambahan Grafen dalam larutan PVDF juga meningkatkan diameter serat nano yang dihasilkan. Pada uji kuat mekanik, penebalan diameter serat dapat menyebabkan kekuatan tarik menurun dan tegangan pada serat yang besar akan menghasilkan Modulus *Young* yang besar juga.

***Kata Kunci*** : serat nano, morfologi, kuat mekanik, *Polyvinylidene Flouride*, *Grafen*.

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Air merupakan salah satu sumber pokok bagi makhluk hidup. Berdasarkan Keputusan Menteri Kesehatan Republik Indonesia No. 907/Menkes/SK/VII/2002 air akan dapat dikonsumsi apabila memenuhi syarat fisik, kimia, biologis, dan radioaktif. Menurunnya kualitas dan kuantitas air disebabkan berbagai macam pencemaran menjadi permasalahan serius. WHO melaporkan pada tahun 2019 hampir 2 miliar penduduk mengonsumsi air yang terkontaminasi. Hal ini dapat menyebabkan masalah kesehatan bagi manusia dan makhluk hidup lainnya seperti penyakit kulit, kerusakan otak, anemia, hepatitis, kanker dan lainnya. Oleh karena itu, penyelidikan metode alternatif untuk penyediaan air berkualitas tinggi diperlukan.

Nanoteknologi menawarkan berbagai macam solusi dalam berbagai tantangan lingkungan. Teknologi membran merupakan salah satu nanoteknologi yang telah banyak terbukti dalam aplikasi proses industri dan mengalami kemajuan pesat dari topik penelitian ke teknologi industri dengan mengendalikan desain dan sintesis nanomaterial (Prana Ekaputra dkk, 2015). Saat ini metode ini menjadi tren untuk diteliti dan persaingan pasar bagi perusahaan-perusahaan khususnya dalam pengolahan pemurnian air yang menggunakan filtrasi membran. Hal ini dikarenakan teknologi membran memiliki banyak keunggulan seperti efisiensi yang baik, kestabilan adsorben, biaya rendah dan minimum.

Membran polimer telah banyak diaplikasikan sebagai pengolah air (Shen dkk, 2011; Yang dkk, 2007). *Polyvinylidene fluoride* (PVDF) telah terbukti dalam berbagai macam aplikasi di bidang sains, teknik dan kedokteran dalam beberapa tahun terakhir karena sifat superhidrofobik sangat menguntungkan seperti energi permukaan rendah ( $25 \text{ dynes cm}^{-1}$ ), kelembaman kimia suara, stabilitas termal yang sangat baik, dan kekuatan mekanik yang tinggi (Liu dkk,

2011; Tobi dkk, 2019; Zhai dkk, 2004; Zhang dkk, 2013). Namun sifat hidrofobik yang jauh lebih tinggi dari membran polimer konvensional yang menjadi masalah dalam aplikasi pengolahan air karena membran PVDF murni cenderung terkontaminasi dari beberapa kotoran. Sehingga dapat mengurangi aliran air dan permeabilitas membran (Bai dkk, 2012). Untuk mengatasi masalah tersebut banyak penelitian yang telah dilakukan yaitu dengan memodifikasi dan pencampuran fisik membran. Salah satu solusi yang ditawarkan pada penelitian ini yaitu dengan mengkomposit polimer dengan Grafen.

Kualitas pemurnian air tergantung pada sifat fisik dari bahan filter karbon aktif yang digunakan. (Inegbenebor dkk, 2012). Carbon aktif diproduksi menjadi carbon nano berskala industri yaitu Grafen. Pada penelitian ini, Grafen diaplikasikan sebagai aditif untuk PVDF karena memiliki keunggulan dalam pemurnian air seperti luas permukaannya yang tinggi, stabilitas kimia tinggi, kekuatan mekanik tinggi, dan juga memiliki gugus fungsi hidrofilik. Membran yang digabungkan dengan Grafen telah terbukti dalam pengolahan air limbah untuk menghilangkan ion logam berat misalnya  $\text{Cr}^{6+}$ ,  $\text{Pb}^{2+}$ ,  $\text{Cd}^{2+}$  and  $\text{Zn}^{2+}$  (Baby, 2020). Dengan demikian penyintesisan kedua material cocok dikombinasikan.

Membran penyaring air berbasis serat nano yang diproduksi melalui teknik elektrospinning. Selama proses produksi, larutan polimer menguap serta pembentukan struktur memanjang yang akan terkumpul membentuk serat dengan diameter nano (J. Jauhari dkk, 2019). Teknik ini sangat efektif karena mudah diaplikasikan dan minim biaya (Samsure dkk, 2016). Dan juga menghasilkan membran serat yang menggabungkan bahan yang dikombinasi menjadi satu layer. Hal ini menjadi keunggulan pada penyaring air berbasis serat nano dibandingkan penyaring air lainnya yang memiliki membran dan bahan lainnya yang menggunakan beberapa layer. Dengan kualitas sifat bahan yang baik dan proses aplikasi yang mudah dan minim biaya, filter air berbasis membran serat nano ini dapat menjadi persaingan pasar dengan kualitas produk dan harga yang terjangkau.

Oleh karena itu, pada penelitian ini akan memproduksi membran sintesis *Polyvinylidene fluoride*/Grafen sebagai penyaring air dan sifat membran

serat PVDF/Grafen dapat ditinjau melalui metode karakterisasi. Metode ini merupakan teknik untuk mengetahui struktur dan sifat-sifat baik fisika atau kimia pada material. Dalam penentuan sifat membran serat dilakukan karakterisasi fisika yaitu metode Microscope Fluorescence (MiF) dan kuat mekanik membran sebagai penyaring air. Informasi hasil penelitian ini dapat dijadikan sebagai masukan materi perkuliahan Pendahuluan Fisika Zat Padat pada materi karakterisasi bahan/material dan material nano. Materi tersebut sangat berguna untuk menambah pengetahuan mahasiswa, kemudian hasil dari penelitian ini akan disumbangkan dalam bentuk panduan praktikum pendahuluan fisika zat padat bagi dosen dalam mengajarkan materi pada perkuliahan pendahuluan fisika zat padat di kampus.

## **1.2 Rumusan Masalah**

Berdasarkan latar belakang yang dijelaskan sebelumnya dapat dirumuskan sejumlah masalah yang diselesaikan dalam penelitian ini, yaitu :

1. Bagaimana cara memproduksi membran *Polyvinylidene flouride*/Grafen (PVDF/Grafen) sebagai penyaring air ?
2. Bagaimana karakteristik fisika membran serat dari komposisi PVDF dan grafen sebagai penyaring air ?

## **1.3 Batasan Penelitian**

Pada penelitian ini, penelitian dibatasi hanya sampai mengetahui sintesis, morfologi, dan kuat mekanik dari membran *Polyvinylidene flouride*/Grafen (PVDF/Grafen) berbasis serat nano.

## **1.4 Tujuan Penelitian**

Berdasarkan rumusan masalah yang telah dijelaskan maka tujuan penelitian ini adalah :

1. Dalam produksi membran *Polyvinylidene flouride*/Grafen berbasis serat nano Sebagai Penyaring Air dapat mempelajari dan menganalisis sifat membran.
2. Menganalisis karakteristik dari komposisi PVDF dan Grafen sebagai penyaring air untuk mengetahui efektifitas suatu membran yang diproduksi.

### **1.5 Manfaat Penelitian**

Berdasarkan hasil dari penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat sebagai berikut :

1. Bagi Peneliti  
Menambah pengetahuan mengenai pembuatan membrane penyaring air berbasis nanofiber dari poli(*vinylidene fluoride*) dan Grafen.
2. Bagi Pembelajaran Fisika  
Menambah pemahaman mahasiswa mengenai sub bahasan viskositas dan konduktivitas dalam pembelajaran fisika dasar dan sub bahasan struktur Kristal dalam pembelajaran pendahuluan fisika zat padat serta menjadi panduan praktikum untuk pembelajaran eksperimen fisika lanjut.
3. Bagi Institusi  
Memajukan program studi Pendidikan Fisika Universitas Sriwijaya melalui penelitian.

### Daftar Pustaka

- Abolhasani, M. M., Shirvanimoghaddam, K., & Naebe, M. (2017). PVDF/graphene composite nanofibers with enhanced piezoelectric performance for development of robust nanogenerators. *Composites Science and Technology*, 138, 49–56. <https://doi.org/10.1016/j.compscitech.2016.11.017>
- Baby, R. (2020). *Ecofriendly Approach for Treatment of Heavy-Metal-Contaminated Water Using Activated Carbon of Kernel Shell of Oil Palm*. 11–13.
- Bai, H., Wang, X., Zhou, Y., & Zhang, L. (2012). Preparation and characterization of poly(vinylidene fluoride) composite membranes blended with nano-crystalline cellulose. *Progress in Natural Science: Materials International*, 22(3), 250–257. <https://doi.org/10.1016/j.pnsc.2012.04.011>
- Bjorge, D., Daels, N., Vrieze, S. De, Dejans, P., Camp, T. Van, Audenaert, W., Hogie, J., Westbroek, P., Clerck, K. De, & Hulle, S. W. H. Van. (2009). *Performance assessment of electrospun nanofibers for filter applications*. 249, 942–948. <https://doi.org/10.1016/j.desal.2009.06.064>
- Choi, S., Soo, Y., Whan, C., Goo, S., Kyoo, J., & Han, K. (2004). *Electrospun PVDF nanofiber web as polymer electrolyte or separator*. 50, 339–343. <https://doi.org/10.1016/j.electacta.2004.03.057>
- Fauzi, A., Hapidin, D. A., Munir, M. M., Iskandar, F., & Khairurrijal, K. (2020). A superhydrophilic bilayer structure of a nylon 6 nanofiber/cellulose membrane and its characterization as potential water filtration media. *RSC Advances*, 10(29), 17205–17216. <https://doi.org/10.1039/d0ra01077d>
- Geim, A. K., & Novoselov, K. S. (n.d.). *The rise of graphene*. 183–191.
- Hogan, C. J., Yun, K. M., Chen, D.-R., Lenggoro, I. W., Biswas, P., & Okuyama, K. (2007). Controlled size polymer particle production via

electrohydrodynamic atomization. *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*, 311(1), 67–76.

<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.colsurfa.2007.05.072>

Inegbenebor, A. I., Inegbenebor, A. O., & Boyo, H. I. (2012). Comparison of the Adsorptive Capacity of Raw Materials in Making Activated Carbon Filter for Purification of Polluted Water for Drinking. *ARPN Journal of Science and Technology*, 2(9), 754–760.

<http://covenantuniversity.edu.ng/Profiles/Inegbenebor-Anthony/Comparison-Of-The-Adsorptive-Capacity-Of-Raw-Materials-In-Making-Activated-Carbon-Filter-For-Purification-Of-Polluted-Water-For-Drinking>

Isworo, H., Studi, P., Mesin, T., Teknik, F., & Mangkurat, U. L. (2018).

*MEKANIKA KEKUATAN MATERIAL I*.

Jang, W., Yun, J., Jeon, K., & Byun, H. (2015). PVdF/graphene oxide hybrid membranes via electrospinning for water treatment applications. *RSC Advances*, 5(58), 46711–46717. <https://doi.org/10.1039/c5ra04439a>

Jauhari, J., Suharli, A. J., Saputra, R., Nawawi, Z., & Sriyanti, I. (2020).

Polyvinylpyrrolidone/Cellulose Acetate (PVA/CA) Fiber Size Prediction Using Scaling Law Model. *Journal of Physics: Conference Series*, 1467(1). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1467/1/012049>

Jauhari, J., Wiranata, S., Rahma, A., Nawawi, Z., & Sriyanti, I. (2019).

*Polyvinylpyrrolidone/Cellulose Acetate nanofibers synthesized using electrospinning method and their characteristics*. 0–6.

<https://doi.org/10.1088/2053-1591/ab0b11>

Jauhari, Jaidan, Wiranata, S., Rahma, A., Nawawi, Z., & Sriyanti, I. (2019).

Polyvinylpyrrolidone/cellulose acetate nanofibers synthesized using electrospinning method and their characteristics. *Materials Research Express*, 6(6), 64002. <https://doi.org/10.1088/2053-1591/ab0b11>

Katsnelson, M. I. (2007). Graphene: carbon in two dimensions. *Materials Today*,

10(1–2), 20–27. [https://doi.org/10.1016/S1369-7021\(06\)71788-6](https://doi.org/10.1016/S1369-7021(06)71788-6)

- Komaladewi, A. A. I. A. S., Suriadi, I. G. A. K., & Atmika, I. K. A. (2016). *Metode Filtrasi Air Menggunakan Membran Microfiltrasi Berbasis Hibrid Komposit Material*. 907.
- Li, Y., Cheng, C., Bai, S., Jing, L., Zhao, Z., & Liu, L. (2019). The performance of Pd-rGO electro-deposited PVDF/carbon fiber cloth composite membrane in MBR/MFC coupled system. In *Chemical Engineering Journal* (Vol. 365). Elsevier B.V. <https://doi.org/10.1016/j.cej.2019.02.048>
- Liu, F., Hashim, N. A., Liu, Y., Abed, M. R. M., & Li, K. (2011). *Progress in the production and modification of PVDF membranes*. 375, 1–27. <https://doi.org/10.1016/j.memsci.2011.03.014>
- Matulevicius, J., Kliucininkas, L., Prasauskas, T., Buivydiene, D., & Martuzevicius, D. (2016). The comparative study of aerosol filtration by electrospun polyamide, polyvinyl acetate, polyacrylonitrile and cellulose acetate nanofiber media. *Journal of Aerosol Science*, 92, 27–37. <https://doi.org/10.1016/j.jaerosci.2015.10.006>
- MENTERI KESEHATAN REPUBLIK INDONESIA, (2002), Keputusan Menteri Kesehatan Republik Indonesia, No. 907/MENKES/SK/VII/2002 "Syarat syarat dan pengawasan kualitas air minum"
- Miftahul, M. (2018). *Mangosteen pericarp extract embedded in electrospun PVP nanofiber mats : physicochemical properties and release mechanism of  $\alpha$  - mangostin*. 4927–4941.
- UN-Water Global Analysis and Assessment of Sanitation and Drinking-Water (GLAAS) 2019 Report; World Health Organization: Geneva, Switzerland, 2019
- Pan, E., & Nanofiber, P. (2020). *ELECTROSPINNING PAN/PdCl<sub>2</sub> NANOFIBER – THE INFLUENCE OF THE PREPARATION METHOD*. 6.

- Pdms, T., Ii, F., Iii, F., Pdms, A., & Iv, F. (2019). *Introduction of soft lithography*.  
<https://doi.org/10.1016/B978-0-12-814843-3.00003-X>
- Powell, P. M. (2018). *Signature redacted Signature redacted Signature redacted Signature redacted Signature Redacted Signature Redacted*. 2016, 0–68.
- Prama Ekaputra, M., Munir, M. M., Rajak, A., Rahma, A., Nuryantini, A. Y., & Khairurrijal. (2015). Synthesis of Antibacterial Nanofibrous Membrane Based on Polyacrylonitrile (PAN)/Chitosan by Electrospinning Technique for Water Purification Application. *Advanced Materials Research*, 1112, 76–79. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/amr.1112.76>
- Pusporini, P., Edikresnha, D., Sriyanti, I., & Suciati, T. (2018). *Electrospun polyvinylpyrrolidone ( PVP )/ green tea extract composite nanofiber mats and their antioxidant activities Electrospun polyvinylpyrrolidone ( PVP )/ green tea extract composite nano fi ber mats and their antioxidant activities*.
- Ramakrishna, S., Fujihara, K., Teo, W.-E., Lim, T.-C., & Ma, Z. (2005). *An Introduction to Electrospinning and Nanofibers*. World Scientific Publishing.  
<https://doi.org/doi:10.1142/5894>
- Samsure, N. A., Hashim, N. A., Nik Sulaiman, N. M., & Chee, C. Y. (2016). Alkaline etching treatment of PVDF membrane for water filtration. *RSC Advances*, 6(26), 22153–22160. <https://doi.org/10.1039/c6ra00124f>
- Shen, J., Ruan, H., Wu, L., & Gao, C. (2011). *Preparation and characterization of PES – SiO 2 organic – inorganic composite ultrafiltration membrane for raw water pretreatment*. 168, 1272–1278.  
<https://doi.org/10.1016/j.cej.2011.02.039>
- Tobi, A. R., Dennis, J. O., Zaid, H. M., Adekoya, A. A., Yar, A., & Fahad, U. (2019). Comparative analysis of physiochemical properties of physically activated carbon from palm bio-waste. *Journal of Materials Research and Technology*, 8(5), 3688–3695. <https://doi.org/10.1016/j.jmrt.2019.06.015>
- Wang, H., Wang, X., Fan, T., Zhou, R., Li, J., Long, Y., Zhuang, X., & Cheng, B.

- (2020). Fabrication of electrospun sulfonated poly(ether sulfone) nanofibers with amino modified SiO<sub>2</sub> nanosphere for optimization of nanochannels in proton exchange membrane. *Solid State Ionics*, 349, 115300. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ssi.2020.115300>
- Wong, S. C., Baji, A., & Leng, S. (2008). Effect of fiber diameter on tensile properties of electrospun poly( $\epsilon$ -caprolactone). *Polymer*, 49(21), 4713–4722. <https://doi.org/10.1016/j.polymer.2008.08.022>
- Yang, Y., Zhang, H., Wang, P., Zheng, Q., & Li, J. (2007). *The influence of nano-sized TiO<sub>2</sub> fillers on the morphologies and properties of PSF UF membrane*. 288, 231–238. <https://doi.org/10.1016/j.memsci.2006.11.019>
- Zhai, L., Fevzi, C., Cohen, R. E., & Rubner, M. F. (2004). *Stable Superhydrophobic Coatings from Polyelectrolyte Multilayers*. 17–19.
- Zhang, W., Shi, Z., Zhang, F., Liu, X., Jin, J., & Jiang, L. (2013). *Superhydrophobic and Superoleophilic PVDF Membranes for Effective Separation of Water-in-Oil Emulsions with High Flux*. 2071–2076. <https://doi.org/10.1002/adma.201204520>
- Zhao, Y., Xu, Z., Shan, M., Min, C., Zhou, B., Li, Y., Li, B., Liu, L., & Qian, X. (2013). Effect of graphite oxide and multi-walled carbon nanotubes on the microstructure and performance of PVDF membranes. *Separation and Purification Technology*, 103, 78–83. <https://doi.org/10.1016/j.seppur.2012.10.012>
- Zhou, Z., & Wu, X. F. (2015). Electrospinning superhydrophobic-superoleophilic fibrous PVDF membranes for high-efficiency water-oil separation. *Materials Letters*, 160, 423–427. <https://doi.org/10.1016/j.matlet.2015.08.003>
- Zulfi, A., Hapidin, D. A., Munir, M. M., Iskandar, F., & Khairurrijal, K. (2019). The synthesis of nanofiber membranes from acrylonitrile butadiene styrene (ABS) waste using electrospinning for use as air filtration media. *RSC Advances*, 9(53), 30741–30751. <https://doi.org/10.1039/c9ra04877d>