

Efektifitas Membran GO-Fe₃O₄/PSF untuk Filtrasi Zat Warna dan NaCl dalam Air

¹Yekti Purnama Utami, ²Munasir

¹Program Studi Fisika, FMIPA, Universitas Negeri Surabaya, email: yekti.18063@mhs.unesa.ac.id

²Program Studi Fisika, FMIPA, Universitas Negeri Surabaya, email: munasir_physics@unesa.ac.id

Abstrak

Artikel ini bertujuan untuk mengetahui keefektifan membran GO-Fe₃O₄/PSF dalam filtrasi air. Fabrikasi membran dilakukan dengan menggunakan metode inversi fasa, kemudian membran melalui uji filtrasi untuk larutan NaCl dan *methylene blue* menggunakan corong *buchner* yang telah dihubungkan pada pompa vakum dengan tekanan konstan sebesar 650 mmHg. Larutan NaCl yang berhasil tersaring akan melalui uji fluks aliran dan *salt-rejection* sedangkan hasil larutan *methylene blue* yang tersaring akan melewati uji fluks aliran dan UV-VIS. Larutan NaCl yang disaring menggunakan membran dengan kandungan 0,75 wt% GO-Fe₃O₄ mempunyai nilai presentase *salt-rejection* tertinggi yaitu sebesar 59,34% dan nilai fluks aliran paling rendah yaitu sebesar 54,44 L.m⁻².h⁻¹. Membran dengan kandungan 0,75 wt% GO-Fe₃O₄ juga dapat menyaring *methylene blue* lebih baik dan menghasilkan filtrat yang lebih cerah dibanding membran lainnya. Hal tersebut menunjukkan bahwa membran dengan konsentrasi 0,75 wt% GO-Fe₃O₄ merupakan membran yang paling efektif dibandingkan membran lainnya dalam proses filtrasi air.

Kata Kunci: membran, NaCl, *methylene blue*

Abstract

This article aims to determine the effectiveness of GO-Fe₃O₄/PSF membrane in water filtration. The membrane fabrication was carried out using the phase inversion method, then the membrane was filtered for NaCl and methylene blue solutions using a Buchner funnel connected to a vacuum pump with a constant pressure of 650 mmHg. The successfully filtered NaCl solution will go through flow flux and salt-rejection tests while the filtered methylene blue solution will pass flow flux and UV-VIS tests. The NaCl solution filtered using a membrane containing 0.75 wt% GO-Fe₃O₄ had the highest salt-rejection percentage value of 59.34% and the lowest flow flux value of 54.44 L.m⁻².h⁻¹. The membrane is containing 0.75 wt% GO-Fe₃O₄ can also filter methylene blue better and produce a brighter filtrate than other membranes. This shows that the membrane with a concentration of 0.75 wt% GO-Fe₃O₄ is the most effective membrane compared to other membranes in the water filtration process.

Keywords: membranes, NaCl, *methylene blue*

I. PENDAHULUAN

Air bersih merupakan kebutuhan primer manusia, baik untuk kebutuhan domestik, industri, maupun pertanian. Peningkatan jumlah penduduk dan industri saat ini berdampak negatif terhadap kualitas lingkungan yang ditunjukkan dengan semakin berkurangnya daerah resapan air. Kurangnya daerah resapan air mengakibatkan ketersediaan air baku semakin berkurang. Jumlah air baku sekarang hanya mencakup 3% dari total air di bumi sedangkan 97% sisanya adalah air laut [1]. Air laut terdiri dari 96,5% air murni dan memiliki kadar garam rata-rata 3,5%. Kandungan garam air laut berasal dari garam mineral yang terdapat di dalam batu-batuan dan tanah. Contohnya natrium, kalium, dan kalsium [2].

Berdasarkan fakta tersebut cara yang paling tepat untuk memurnikan air laut adalah desalinasi [3]. Desalinasi merupakan proses yang dilakukan untuk menghilangkan kadar garam [4]. Desalinasi dapat memanfaatkan perubahan fase atau melibatkan membran semipermeabel untuk memisahkan zat terlarut [3]. Proses desalinasi yang telah banyak digunakan adalah teknologi membran [5] karena biaya produksi yang rendah [6], sedikit menggunakan bahan kimia [7], menggunakan energi yang rendah, sederhana dan ramah lingkungan [3]. Teknologi membran sangat selektif terhadap ukuran pori membran, sehingga hanya molekul-molekul yang lebih kecil dari ukuran pori membran yang lolos saat proses filtrasi [5]. Membran yang biasa digunakan adalah membran mikrofiltrasi (MF), ultrafiltrasi (UF), dan nanofiltrasi (NF) [8].

Membran yang sering digunakan untuk desalinasi adalah membran polimer [7]. Membran polimer memiliki fleksibilitas tinggi [9] dan selektivitas yang baik dibanding membran anorganik [7], namun kinerja permeasi membran yang rendah menyebabkan terjadinya fouling membran [9]. Memadukan membran polimer dan nanopartikel anorganik dapat mengatasi masalah fouling membran [10]. Penggabungan nanopartikel anorganik ke dalam matriks membran dapat meningkatkan kinerja membran [7] seperti hidrofilitas dan porositas membran sehingga dapat meminimalkan pengotoran membran [11]. Nanopartikel anorganik yang banyak digunakan adalah Fe₃O₄ atau pasir magnetik [10] karena memiliki stabilitas termal, stabilitas kimia, dan sifat magnetik yang baik [10] selain itu toksitas yang rendah dan ramah lingkungan menjadikan nanopartikel Fe₃O₄ mendapat banyak perhatian [7].

Penggabungan nanopartikel anorganik kedalam matriks membran selalu terhalang oleh agregasi yang buruk pada tingkat yang lebih tinggi [10]. Hal tersebut akan memberi efek negatif terhadap morfologi dan kinerja membran dalam penolakan, fluks air murni, dan hidrofilitas [7]. Nanohibrida dapat menjadi solusi untuk menghindari agregasi. Nanohibrida adalah kombinasi antara dua nanopartikel berbeda. GO merupakan salah satu bahan yang biasa digunakan dalam nanohibrida karena memiliki struktur nano 2D dan luas permukaan yang tinggi yang memungkinkan berbagai nanopartikel untuk melekat pada permukaan GO [10]. GO memiliki banyak gugus fungsi mengandung oksigen (hidroksil, epoksida, karbonil dan karboksil) yang bagus untuk dispersi nanofiller sehingga dapat menghasilkan luas permukaan efektif yang tinggi dan sifat mekanik yang baik [7].

[12] Zheng-Qing et al mengatakan bahwa membran PVDF-Fe₃O₄ dengan 70 wt% Fe₃O₄ memiliki kinerja komprehensif yang sangat baik pada fluks air murni dan ketahanan kotor yang baik. [13] Liangliang Dong et al melakukan penelitian tentang membran GO/NH₂-Fe₃O₄ dan menyatakan bahwa membran GO/NH₂-Fe₃O₄ dapat menolak congo red hingga 94 % dan menolak garam hingga 15%. Berdasarkan beberapa penelitian yang telah dijelaskan, penelitian ini akan membahas tentang efektifitas membran GO-Fe₃O₄/PSF dalam filtrasi air.

II. BAHAN DAN METODE

2.1 Material

Bahan-bahan yang digunakan untuk membuat membran adalah air suling, bubuk grafit, bubuk natrium nitrat, kalium permanganat, peroksida 30%, HCL Merch 1 M, Aquades, 0,002 mol FeCl₃.6H₂O, amoniak 1,65 M, dan NMP yang bisa didapatkan di toko bahan kimia.

2.2 Sintesis GO

Metode yang digunakan adalah hummer. 5 gram bubuk grafit dan 2,5 gram bubuk NaNO₃ dilarutkan dalam 120 ml H₂SO₄ dalam kondisi penangas es dan diaduk menggunakan *magnetic stirer* selama 30 menit. 15 gram

kalium permanganat ditambahkan secara perlahan dan diaduk kembali selama 30 menit pada suhu 20°C hingga menjadi larutan warna ungu kemudian dilanjutkan pengadukan selama 3 jam pada suhu kamar. Terbentuk larutan berwarna coklat kemudian ditambahkan 150 ml air suling dan terus diaduk selama 3 jam pada suhu kamar 25°C. Selanjutnya 50 ml peroksida 30% ditambahkan kedalam larutan berwarna kuning kecoklatan untuk menghilangkan senyawa manganat. Larutan dicuci dengan HCL 1 M dan akuades hingga pH netral (pH 7) dan dikeringkan selama 6 jam pada suhu 60°C.

2.3 Sintesis GO-Fe₃O₄

Komposit GO-Fe₃O₄ disintesis menggunakan metode in-situ. Serbuk GO disonifikasi selama 30 menit dalam 100 ml aquades kemudian ditambahkan 0,002 mol FeCl₃.6H₂O dan diaduk hingga larut. Fe₃O₄ terbentuk bersamaan dengan munculnya komposit GO-Fe₃O₄. Larutan yang terbentuk berwarna coklat kehitaman kemudian disonifikasi selama satu jam dan ditambahkan 50 ml amoniak 1,65 M. Larutan kemudian dicuci dengan aquades sebanyak tiga kali dan dikeringkan selama 3 jam pada suhu 60°C.

2.4 Pembuatan membran GO-Fe₃O₄/PSF

Pembuatan membran menggunakan metode inversi fasa, dimana 15 wt% polisulfon dilarutkan menggunakan 85 wt% NMP (N-metil-2-pirolidon) selama 3 jam hingga larut secara homogen. Tahap selanjutnya adalah menambahkan serbuk partikel komposit GO-Fe₃O₄ dengan komposisi 0,25 wt%; 0,5 wt%; 0,75 wt% kemudian disonifikasi selama 15 menit hingga terbentuk larutan homogen berwarna hitam. Larutan yang dihasilkan kemudian dicetak pada pelat kaca dengan ketebalan 0,22 mm yang digulung menggunakan batang aluminium. Membran direndam dalam akuades selama 24 jam dan dikeringkan pada suhu kamar selama 24 jam.

2.5 Uji filtrasi

a. Penyiapan larutan NaCl

Siapkan air laut sintesis dengan konsentrasi larutan NaCl 27,79 g/ml. Membran dengan ukuran 3,5 cm x 3,5 cm diuji filtrasi menggunakan pipa vakum seperti pada gambar 1. Membran ditimbang terlebih dahulu kemudian diletakkan dalam corong buchner dengan bagian samping yang diselotip agar larutan tidak merembes keluar melalui samping membran. Corong buchner kemudian diletakkan diatas labu isap yang kemudian dihubungkan pada pipa vakum. Larutan NaCl sebanyak 10 ml dituangkan di atas corong buchner kemudian pompa vakum *rocker 300* dinyalakan. Tekanan dijaga konstan yaitu 650 mmHg. Larutan NaCl yang tersaring dimasukkan kedalam botol kecil dan dikasih label. Membran yang selesai digunakan ditimbang kembali setelah kering.

b. Penyiapan larutan *methylene blue*

Siapkan larutan *methylene blue* 20 ppm. Membran dengan ukuran 3,5 cm x 3,5 cm diuji filtrasi menggunakan pipa vakum seperti pada gambar 1. Membran diletakkan didalam corong buchner dengan bagian samping yang diselotip agar larutan tidak keluar dari samping membran ketika di filtrasi. Corong buchner kemudian diletakkan diatas labu isap yang kemudian dihubungkan pada pipa vakum. Larutan *methylene blue* sebanyak 10 ml dituangkan diatas corong buchner kemudian pompa vakum *rocker 300* dinyalakan. Tekanan dijaga konstan yaitu 650 mmHg. Larutan *methylene blue* yang tersaring kemudian dituangkan pada botol kecil dan diberi label.

c. Uji *Salt-Rejection*

Uji *Salt-rejection* atau penolakan garam menunjukkan seberapa besar kemampuan membran untuk menyaring senyawa NaCl. Efisiensi membran dalam pemisahan garam dipengaruhi oleh ukuran pori-pori membran.

d. Uji fluks aliran

Uji fluks membran digunakan untuk parameter optimalisasi membran. Nilai fluks yang rendah menunjukkan permeabilitas membran yang rendah. Perhitungan fluks aliran 10 ml larutan NaCl/*methylene blue* pada tekanan pompa 650 mmHg dengan luas permukaan membran 12,25 cm².

e. Uji UV-VIS

Larutan *methylene blue* yang tersaring akan melalui uji UV-Vis tipe Shimadzu 1800 dengan panjang gelombang 200 nm sampai 600 nm. Sinar UV-VIS akan dilewatkan pada larutan *methylene blue*, sebagian cahaya akan diserap (absorbansi) secara efektif dan akan diteruskan (transmisi). Nilai absorbansi bergantung pada kandungan zat dalam larutan. Semakin banyak zat yang terdapat pada larutan maka molekul yang akan menyerap cahaya akan semakin banyak sehingga menyebabkan nilai absorbansi menjadi semakin besar [14]. Hasil pengukuran UV-VIS dapat disajikan dalam bentuk spektra serapan berupa bukit atau transmisi.

III. HASIL DAN DISKUSI

3.1. Presentase *Salt-rejection*

Sebanyak 10 ml larutan NaCl dengan konsentrasi 27,79 g/ml disaring. Membran sebelum digunakan ditimbang terlebih dahulu kemudian disaring. Membran yang selesai digunakan kemudian dikeringkan dan ditimbang. Konsentrasi larutan NaCl sesudah penyaringan dihitung kemudian dimasukkan kedalam persamaan (2.1). Hasil perhitungan *salt-rejection* menunjukkan bahwa membran GO-Fe₃O₄ dapat digunakan untuk desalinasi air laut, karena membran GO-Fe₃O₄ mampu menyaring senyawa NaCl dalam larutan. Membran dengan kandungan GO-Fe₃O₄ 0,25 % mengalami *salt-rejection* sebesar 45,89 %, sedangkan pada membran dengan kandungan GO-Fe₃O₄ 0,5 % mengalami *salt-rejection* sebesar 52,98%. *Salt-rejection* paling baik terjadi saat larutan NaCl disaring menggunakan membran dengan kandungan GO-Fe₃O₄ 0,75% yaitu sebesar 59,34%. Nilai *salt-rejection* yang semakin bertambah menunjukkan semakin rapatnya pori-pori membran, sehingga efisiensi membran juga semakin baik. Efisiensi membran paling baik adalah pada membran dengan kandungan GO-Fe₃O₄ 0,75%.

Tabel 1 Hasil perhitungan presentase salt rejection

Wt% membran	Cf	Cp	<i>Salt-rejection</i> (%)
GO-Fe ₃ O ₄ 0,25 %	27,79	15,06	45,89
GO-Fe ₃ O ₄ 0,5 %		13,09	52,98
GO-Fe ₃ O ₄ 0,75 %		12,09	59,34

3.2. Hasil uji fluks aliran

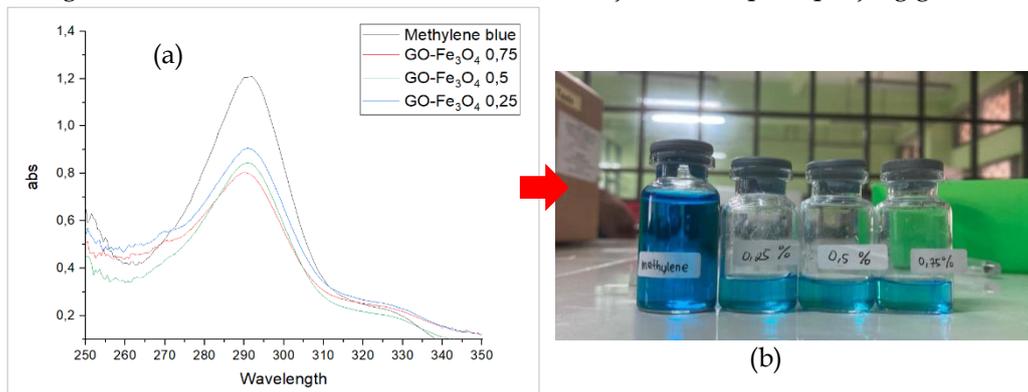
Penambahan kandungan GO-Fe₃O₄ pada membran mempengaruhi nilai fluks aliran yang dihasilkan. Kandungan GO-Fe₃O₄ yang semakin banyak membuat nilai fluks aliran menurun. Nilai fluks aliran pada membran dengan kandungan GO-Fe₃O₄ 0,25% adalah 81,70 L.m⁻².h⁻¹ untuk larutan *methylene blue* dan 74,25 L.m⁻².h⁻¹ untuk larutan NaCl, untuk membran dengan kandungan GO-Fe₃O₄ 0,5% mempunyai nilai fluks aliran 74,30 L.m⁻².h⁻¹ untuk larutan *methylene blue* dan 68,14 L.m⁻².h⁻¹ untuk larutan NaCl dan untuk membran dengan kandungan GO-Fe₃O₄ 0,75% nilai fluks aliran yang dihasilkan adalah 62,80 untuk larutan *methylene blue* dan 54,44 untuk larutan NaCl. Waktu penyaringan larutan *methylene blue* dan NaCl berpengaruh terhadap nilai fluks air yang dihasilkan. Pori-pori membran yang semakin rapat membuat waktu penyaringan menjadi semakin lama. Waktu penyaringan paling lama yaitu menggunakan membran dengan kandungan GO-Fe₃O₄ 0,75% karena pori-pori membran yang lebih rapat sehingga proses filtrasi menjadi semakin lama dibandingkan dengan membran lainnya. Nilai fluks yang semakin tinggi juga menunjukkan bahwa membran mempunyai kemampuan ketahanan kotor/fouling yang semakin baik [12].

Tabel 2 Hasil perhitungan fluks larutan

Wt% membran	Volume (L)	Luas Permukaan (m ²)	Tekanan (mmHg)	Waktu (Jam)		Fluks (L.m ⁻² .h ⁻¹)	
				Methylene blue	NaCl	Methylene blue	NaCl
GO-Fe ₃ O ₄ 0,25 %	0,01	12,25	650	0,1	0,11	81,70	74,25
GO-Fe ₃ O ₄ 0,5 %				0,11	0,12	74,30	68,14
GO-Fe ₃ O ₄ 0,75 %				0,13	0,15	62,80	54,44

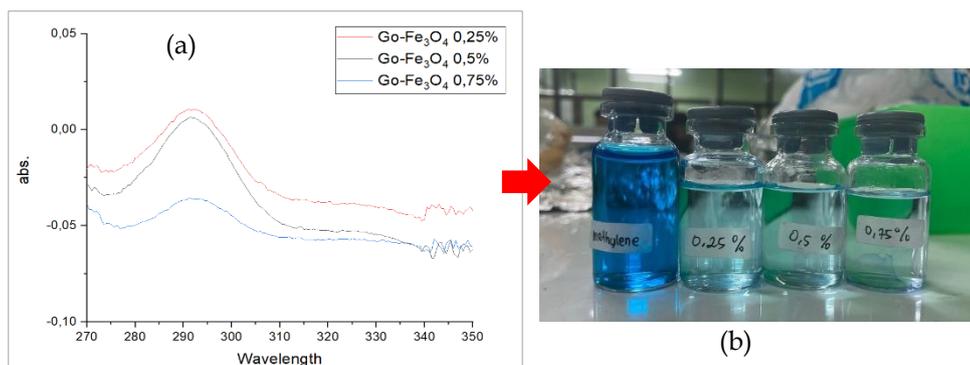
3.3. Hasil uji UV-VIS

Gambar 3(a) merupakan grafik uji uv vis dari larutan *methylene blue* setelah melalui penyaringan pertama. Larutan *methylene blue* sebelum disaring memiliki absorbansi puncak pada panjang gelombang 291 nm sebesar 1,2036 setelah *methylene blue* disaring absorbansi mengalami penurunan, ketika larutan disaring menggunakan membran dengan kandungan GO-Fe₃O₄ 0,25% absorbansi larutan menurun menjadi 0,9019 pada panjang gelombang 291 nm, pada penyaringan dengan membran GO-Fe₃O₄ 0,5% absorbansi terjadi pada panjang gelombang 291 nm dan menurun menjadi 0,8404, pada penyaringan menggunakan membran dengan kandungan GO-Fe₃O₄ 0,75% absorbansi menurun menjadi 0,7996 pada panjang gelombang 291 nm.



Gambar 1 (a)Grafik UV-VIS methylene blue penyaringan 1x, (b) Hasil akhir penyaringan M-B (1x)

Gambar 4 (a) merupakan grafik UV-VIS dari penyaringan methylene blue sebanyak lima kali. Nilai absorbansi yang dihasilkan semakin rendah karena methylene blue yang tersaring semakin banyak. Penurunan nilai absorbansi larutan *methylene blue* disebabkan oleh kandungan *methylene blue* yang semakin sedikit pada larutan ketika selesai di saring [14]. Methylene blue berhasil tersaring oleh membran. Membran dengan kandungan GO-Fe₃O₄ 0,75% memiliki absorbansi paling rendah daripada membran dengan kandungan GO-Fe₃O₄ 0,5% dan GO-Fe₃O₄ 0,25% hal tersebut menunjukkan bahwa membran tersebut lebih efektif untuk filtrasi air.



Gambar 2. (a)Grafik UV-VIS methylene blue penyaringan 5x, (b) Hasil akhir penyaringan M-B (5x)

Gambar 3(b) dan 4(b) merupakan perbandingan warna larutan *methylene blue* sebelum dan sesudah penyaringan, dapat dilihat perbedaan warna pada penyaringan pertama dan penyaringan kelima dimana penyaringan kelima menjadi lebih cerah dibandingkan penyaringan pertama hal tersebut dikarenakan *methylene blue* yang tersaring pada membran lebih banyak. Hasil penyaringan yang paling cerah terdapat pada larutan yang disaring menggunakan membran dengan kandungan GO-Fe₃O₄ 0,75%. Membran yang semakin rapat membuat *methylene blue* lebih banyak tersaring dan hasil filtrasi menjadi semakin cerah.

IV. PENUTUP

4.1. Simpulan

Hasil penelitian diatas menunjukkan bahwa membran dengan kandungan 0,75 wt% GO-Fe₃O₄ mempunyai nilai *salt-rejection* tertinggi dan fluks aliran terendah yaitu sebesar 59,34%, nilai fluks aliran sebesar 62,80 L.m⁻².h⁻¹ untuk larutan *methylene blue* dan 54,44 L.m⁻².h⁻¹ untuk larutan NaCl. Membran dengan kandungan 75 wt% juga dapat menyaring *methylene blue* dengan lebih baik sehingga filtrat yang dihasilkan menjadi lebih bening. Hal tersebut menunjukkan bahwa membran dengan kandungan 0,75 wt% GO-Fe₃O₄ paling efektif dibandingkan membran lainnya.

4.2. Saran

Berdasarkan penelitian diatas, saran yang dapat disampaikan kepada peneliti yang akan melanjutkan penelitian adalah untuk menambah variasi larutan yang difiltrasi sehingga perbandingan hasil akan lebih banyak dan lebih terlihat, dan untuk proses filtrasi sebaiknya dilakukan dengan lebih hati-hati dan teliti agar hasil yang dihasilkan bisa lebih baik lagi.

DAFTAR PUSTAKA

- [1]. Sijabat, E. K., Nuruddin, A., Aditlawati, P., & Purwasasmita, B. S. (2018). Synthesis and Characterization of Bacterial Nanocellulose from Banana Peel for Water Filtration Membrane Application. *MENCNIT*, 2
- [2]. Prastuti, O. P. (2017). Pengaruh Komposisi Air Laut dan Pasir Laut sebagai Sumber Energi Listrik. *Jurnal Teknik Kimia dan Lingkungan*, 34-41.
- [3]. Koushkbaghi, S., Jafari, P., Rabieli, J., Irani, M., & Aliabadi, M. (2016). Fabrication of PET/PAN/GO/Fe₃O₄ nanofibrous membrane for the removal of Pb(II) and Cr(VI) ions. *Chemical Engineering Journal*, 1-39.
- [4]. Julia, C. F. (2015). Desalination for brackish water using electro dialysis with variation of voltage and size of electrode. *Departemen of environmental engineering*, 1-12
- [5]. Fatmasari, S. R., Damayanti, A., & Yuswarini, E. (2012). Pemanfaatan Silika Sekam Padi sebagai Bahan Baku Pembuatan Membran untuk Desalinasi Air Laut. *Advances in Agricultural and Municipal Waste Technology to Anticipate*, 1-6.
- [6]. Zheng, H. (2017). *Solar Energy Desalination Technology*. Haidian, Beijing: Elsevier.
- [7]. Chai, P. V., Law, J. Y., Mahmoudi, E., & W. Mohammad, A. (2020). Development of iron oxide decorated graphene oxide (Fe₃O₄/GO) PSF mixed-matrix membrane for enhance antifouling behavior. *journal of water process engineering*, 1-11.
- [8]. Yoshi, L. A., & Widiyasa, I. N. (2016). Sistem Desalinasi Membran Reverse Osmosis (RO) untuk Penyediaan Air Bersih. *Prosiding seminar nasional teknik kimia*, 1-7
- [9]. Vun, C. P., Mohammad, A. W., Haan, T. Y., & Mahmoudi, E. (2016). Evaluation of iron oxide decorated on graphene oxide (Fe₃O₄/GO) nanohybrid incorporated in PSF membrane at different molar ration for congo red rejection. *jurnal teknologi*, 1-9.

- [10]. Chai, P. V., Mahmoudi, E., Teow, Y., & Mohammad, A. (2016). Preparation of novel polysulfone-Fe₃O₄/GO mixed-matrix membran for humic acid rejection. *journal of water process engineering*, 1-6.
- [11]. Huang, Y., Xiao, C. F., Huang, Q. L., Liu, H. L., Hao, J. Q., & Song, L. (2017). Magnetic field induced orderly arrangement of Fe₃O₄/GO composite particles for preparation of Fe₃O₄/GO/PVDF membrane. *journal of membrane science*, 1-32
- [12]. Dong, L., Li, M., Zhang, S., Si, X., Bai, Y., & Zhang, C. (2020). NH₂-Fe₃O₄-regulated graphene oxide membranes with well-defined laminar nanochannels for desalination of dye solutions. *Desalination*, 1-11.
- [13]. Huang, Z. Q., Zheng, F., Zhang, Z., Xu, H. T., & Zhou, K. M. (2012). The performance of the PVDF-Fe₃O₄ ultrafiltration mmbrane and the effet of a parallel magnetic field used during the membrane formation. *Desalination*, 64-72.
- [14]. Neldawati, Ratnawulan, & Gusnedi. (2013). Analisis nilai absorbansi dalam penentuan kadar flavioid untuk berbagai jenis daun tanaman obat. *pillar of physics*, 76-83.