



PENGARUH VARIASI KONSENTRASI KONSENTRASI SiO₂ TERHADAP KARAKTERISASI MEMBRAN MIKROFILTRASI

Widya Andinnawati, Muhammad Fahmi Hakim

Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Singaperbangsa Karawang
Jl. HS.Ronggo Waluyo, Puseurjaya, Telukjambe Timur, Karawang, Jawa Barat
41361

Korespondensi: e-mail: widyaandinnawati@gmail.com

Abstrak

Membran adalah teknologi pemisahan dengan efisiensi yang tinggi serta sangat ekonomis untuk kebutuhan pemurnian air. Salah satu membran yang sering digunakan adalah membran polimer. Namun, membran berbasis polimer mempunyai ketahanan mekanik dan termal yang rendah sehingga perlu modifikasi untuk menambah kekuatan dari membran tersebut. Maka pada penelitian ini dilakukan modifikasi pada membran dengan komposisi polivinil alkohol (PVA), carboxymethyl cellulose (CMC), dan silikon dioksida (SiO₂) dengan variasi SiO₂ 0%, 1%, dan 3%. Metode penelitian ini menggunakan proses pembuatan membran berdasarkan teknik inversi fasa. Temuan penelitian tersebut meliputi analisis FTIR dan SEM, serta uji penyerapan air yang dilakukan pada membran PVA/CMC/SiO₂. Spektrum FTIR menampilkan puncak serapan yang berbedasesuai dengan gugus -OH dalam PVA, peregangan gugus C=O dari CMC, dan gugus Si-OH dan Si-O-Si dari silika. Membran dengan variasi 3% menunjukkan struktur morfologi pori yang lebih padat dan seragam, dengan rata-rata diameterpori 0,0674 µm. Karakteristik tersebut berimplikasi pada uji water uptake yang dimana membran dengan variasi 3% memiliki hasil paling rendah 51%. Untuk penelitian selanjutnya dapat dilakukan uji karakterisasi lainnya selain FTIR, SEM, dan water uptake.

Kata kunci: membran, filtrasi, polivinil alkohol, silikon dioksida, inversi fasa

Doi: <https://doi.org/10.29103/jtku.v13i1.15584>

1. Pendahuluan

Teknologi membran adalah metode yang sangat bermanfaat untuk pengolahan air dan pemisahan berdasarkan ukuran partikel. Pada dasarnya, membran memiliki pori-pori yang memiliki ukuran dan memungkinkan untuk membedakan bahan – bahan berdasarkan ukuran partikelnya (Fitri et al., 2023). Membran mikrofiltrasi, ultrafiltrasi, hiperfiltrasi, dan elektrodialisis adalah

beberapa contoh teknologi membran yang semakin berkembang yang digunakan di industri kimia, bioteknologi, dan laboratorium pengujian.

Ada empat jenis membran yang digunakan dalam filtrasi: mikrofiltrasi, ultrafiltrasi, nanofiltrasi, dan reverse osmosis. Mikrofiltrasi mengacu pada membran dengan diameter pori berkisar antara 0,05 hingga 10 μm , ultrafiltrasi hingga 5 hingga 20 nm, nanofiltrasi hingga 2 hingga 5 nm, dan osmosis balik hingga < 2 nm. (Wenten, 1999). Membran biasanya terbuat dari polimer atau material anorganik seperti selulosa asetat, poliamida, polivinil alkohol, dan lain-lain (Maulina, 2016). Polimer yang dapat digunakan sebagai salah satu pembuatan membran adalah polyvinylalcohol (PVA).

Polyvinyl alcohol (PVA) sebagian besar memiliki rantai karbon dan merupakan polimer semi-kristal yang larut dalam air. PVA memiliki sifat biodegradabilitas, fleksibilitas, hidrofilisitas, sifat perekat sel, kekuatan tarik kontrol, tidak beracun, tidak berbau, dan kemampuan pembentukan film yang sangat baik. PVA dibuat melalui polimerisasi vinil asetat diikuti dengan hidrolisis parsial (W. H. Huang et al., 2023). Biasanya PVA tersedia dalam bentuk bubuk, butiran atau pelet dan larutan dalam air.

Menurut (Fitradi, 2015), pencampuran sesama polimer, logam, garam, dan lain-lain dalam pembuatan membran bertujuan untuk meningkatkan hidrofilitas dan menurunkan kemungkinan fouling. Maka dari itu Untuk meningkatkan stabilitas termal dapat dilakukan dengan dikompositkan dengan carboxymethyl cellulose (CMC) yang memiliki stabilitas termal baik. Setelah mencampurkan CMC dengan PVA, ikatan hidrogen yang kuat antara gugus hidroksil menghasilkan peningkatan sifat mekanik yang luar biasa (W. H. Huang et al., 2023). Kelemahan stabilitas air yang rendah membuat PVA bersifat hidrofilik. Dengan demikian, membran PVA cepat membengkak sehingga mempengaruhi kinerjanya. (Sukirno & Shofiyani, 2017). Maka dari itu untuk meningkatkan kinerja suatu membran dibuat dengan cara penggabungan partikel anorganik. Salah satu partikel anorganik yang banyak dan melimpah adalah SiO_2 (silikon dioksida) (Antika. D. A & Munasir, 2023) Maka dari itu, dengan membuat membran berbahan dasar PVA/CMC yang dikompositkan dengan SiO_2 ini harus memiliki stabilitas termal membran yang

kuat, kualitas mekanik, dan selektivitas terhadap kontaminan air tertentu. Membran dibuat melalui inversi fase. Metode ini digunakan untuk membuat polimer cair menjadi lebih padat dan telah digunakan sejak lama untuk membuat struktur porous membran (X. Huang, 2012). Dalam penelitian ini bertujuan mengetahui karakteristik dari membran PVA/CMC dengan pengaruh variasi konsentrasi SiO₂ dengan menggunakan metode inversi fasa.

2. Metode

2.1 Bahan dan Peralatan

Bahan dan peralatan yang diperlukan dalam penelitian ini antara lain adalah aquades, alkohol 70%, *carboxymethyl cellulose* (CMC), *polyvinyl alcohol* (PVA), SiO₂ dengan variasi (0%, 1%, 3%), cawan petri, gelas ukur, gelas kimia, *hot plate*, *magnetic stirrer*, neraca analitik, dan termometer.

Penelitian ini menggunakan inversi fasa untuk membuat membran. Cara kerja dalam pembuatan membran ini pertama dengan pembuatan larutan PVA 10% yang di larutkan ke dalam aquades dan diaduk dengan kecepatan 300 rpm dengan kondisi temperatur pengadukan 80°C selama 1 jam. Tahap selanjutnya membuat larutan CMC 2% yang dilarutkan ke dalam aquades dan diaduk dengan kecepatan 800 rpm dengan kondisi temperatur pengadukan 30°C selama 3 jam. Pembuatan membran menggunakan larutan PVA/CMC yang ditambahkan SiO₂ dengan variasi konsentrasi 0%, 1% dan 3%. Setelah larutan PVA/CMC homogen selanjutnya campurkan SiO₂ dengan variasi konsentrasi (0%, 1% dan 3%) terhadap larutan PVA/CMC. Campuran diaduk menggunakan *hot plate magnetic stirrer* pada suhu 60°C dengan kecepatan 600-800 rpm selama 4 jam. Setelah larutan homogen, diamkan selama semalam untuk menghilangkan busa. Lalu setelah didiamkan larutan siap untuk dituang ke cawan petri atau plat kaca. Tunggu hingga mengering dan diperoleh membran PVA/CMC/SiO₂. Kemudian dilakukan di karakteristik membran menggunakan SEM untuk melihat morfologi membran dan karakteristik FTIR untuk melihat gugus fungsi pada membran, serta uji *water uptake* untuk melihat daya serap membran terhadap air.

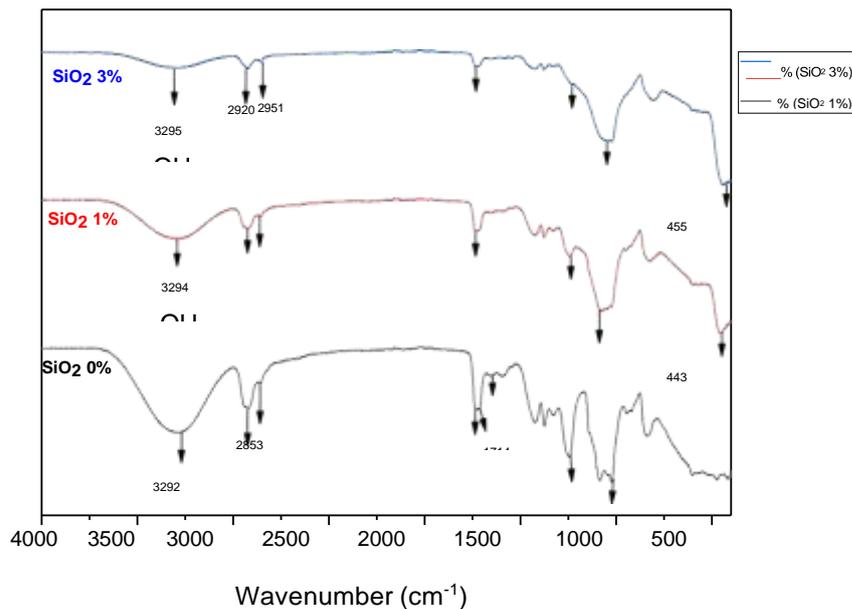
3. Hasil dan Diskusi

3.1 Karakterisasi Membran

Karakterisasi membran dapat diketahui dengan menganalisis gugus fungsi membran PVA/CMC/SiO₂ yang diamati menggunakan alat FTIR-ATR dan melihat struktur morfologi membran dengan menggunakan alat SEM JEOL JSM 6510 LA. Serta dilakukan uji water uptake untuk melihat daya serap membran terhadap air.

3.2 Karakteristik Membran terhadap FTIR

FTIR merupakan sebuah alat atau instrument untuk menentukan gugus fungsi bersama dengan kemungkinan ikatan molekul antar senyawa kimia. Spektroskopi IR dapat menganalisis data kualitatif dan kuantitatif pada banyak bahan dan keadaan. Gambar 1 menunjukkan data karakterisasi FTIR. :



Gambar1. Spektra FTIR Membran PVA/CMC/SiO₂

Analisis gugus fungsi FTIR pada membran PVA/CMC dengan variasi konsentrasi SiO₂ (0%, 1%, dan 3%). Pada gambar 4.1 dapat dilihat bahwa membran dengan variasi SiO₂ 0% menghasilkan gugus fungsi -OH (gugus hidroksil) dari alkohol yang berasal dari PVA, pada panjang gelombang 3292 cm⁻¹. Menurut (Yanilmaz, 2020) bahwa puncak PVA murni berada di antara 3550-3200 cm⁻¹.

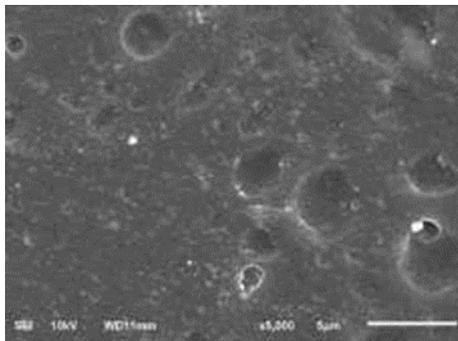
Kemudian terdapat pita serapan pada puncak 2918 cm^{-1} dan 2853 cm^{-1} dengan intensitas shoulder menghasilkan gugus fungsi C-H, yang kemungkinan terjadinya peregangan simetris dan asimetris gugus C-H dari CMC dan PVA (X. Huang, 2012). Pada puncak 1732 – 1714 cm^{-1} dan 1658 cm^{-1} intensitas shoulder terdapat modul uluran karbonil dengan gugus fungsi C=O stretching, kemungkinan terjadinya karena peregangan gugus C=O yang berasal dari CMC (Yassin et al., 2023). Kemudian terdapat gugus fungsi lain yaitu C-OH pada puncak 1244-1022 cm^{-1} .

Analisis FTIR pada membran PVA/CMC variasi SiO₂ 1% dan 3% diperoleh gugus fungsi yang hampir sama. Pada puncak serapan 3294 dan 3295 cm^{-1} diperoleh gugus fungsi -OH (Sania & Munasir, 2022). Puncak vibrasi ulur -OH pada membran PVA/CMC/SiO₂ mengalami penurunan dibandingkan dengan membran tanpa silika. Ikatan hidrogen pada PVA melemah ketika ditambahkan silika, seperti yang ditunjukkan oleh Sukirno & Shofiyani (2017), karena penurunan gugus -OH. Puncak pada 2920 – 2919 cm^{-1} dan 2852 – 2851 cm^{-1} menunjukkan adanya gugus fungsi C-H. Puncak pada 1734 dan 1733 cm^{-1} merupakan gugus C=O. Membran PVA/CMC yang mengandung SiO₂ 1% menunjukkan puncak serapan pada 1073 cm^{-1} dan 455 cm^{-1} , sedangkan membran dengan SiO₂ 3% menunjukkan puncak serapan pada 1043 cm^{-1} dan 443 cm^{-1} yang menunjukkan adanya Si-O₂. kelompok O-Si. Gugus fungsi C-OH hilang pada suhu 1240 cm^{-1} akibat terjadinya kondensasi antara gugus hidroksi silanol C-OH dan Si-OH sehingga terjadi pembentukan ikatan Si-O-C dan hilangnya ikatan C-OH. PVA/CMC dan SiO₂ terikat secara kovalen melalui reaksi silang, seperti yang ditunjukkan oleh Sania & Munasir pada tahun 2022. Gugus fungsi utama silika adalah -OH, Si-O-Si, dan Si-OH (Julisman. A. S, 2022).

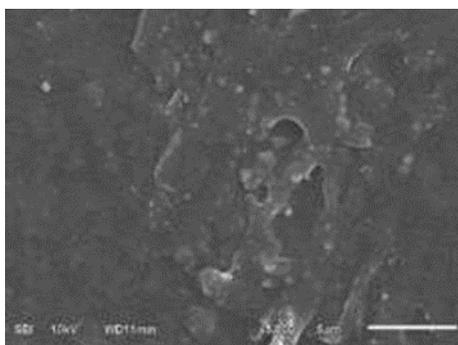
3.3 Karakteristik Membran terhadap SEM

Karakteristik SEM digunakan untuk mengetahui morfologi membran PVA/CMC dengan variasi konsentrasi SiO₂ (0%, 1% dan 3%) dan distribusi rata-rata diameter pori. Dilakukan uji SEM dengan pembesaran 5000x dan akselerasi electron beam sebesar 10kV. Didapatkan hasil berupa perbandingan permukaan

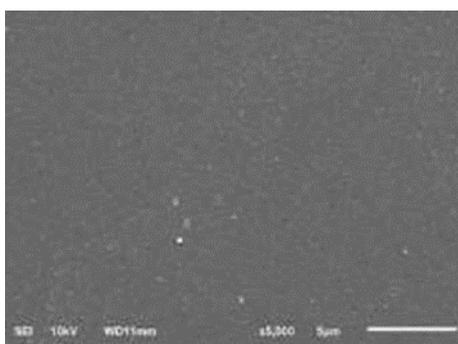
membran pada skala pembesaran yang diperlihatkan pada Gambar 2. Gambar 3. dan Gambar 4.



Gambar 2. Hasil uji SEM pada PVA/CMC varisai konsentrasi SiO₂ 0%



Gambar 3. Hasil uji SEM pada PVA/CMC varisai konsentrasi SiO₂ 1%



Gambar 4. Hasil uji SEM pada PVA/CMC varisai konsentrasi SiO₂ 3%

Lubang membran mempengaruhi kinerja. Ukuran pori juga mempengaruhi nilai fluks. Lubang membran yang lebih besar memungkinkan lebih banyak permeat yang lewat dalam waktu tertentu, sehingga meningkatkan nilai fluks. (Zulfi et al., 2014). Pada gambar menunjukkan gambar SEM PVA/CMC dengan variasi

konsentrasi SiO₂ (0%, 1% dan 3%) menunjukkan bahwa dengan penambahan SiO₂ mengubah struktur permukaan yang lebih halus.

Gambar hasil uji SEM dengan perbesaran 5000x diproses di Software Image-J untuk mengetahui diameter pori membran ini. Pengambilan data dilakukan dengan mengambil 100 diameter pori. Hasil pengukuran dari 100 diameter pori, kemudian dihitung rata-ratanya menggunakan excel. Didapatkan diameter rata-rata 0,1084 μ m pada variasi konsentrasi SiO₂ 0%, kemudian untuk SiO₂ 1% didapatkan diameter rata-rata 0,1034 μ m dan pada SiO₂ 3% diperoleh diameter rata-rata 0,0674 μ m.

Tabel 1. Diameter pori rata-rata

Membran	Diameter pori rata-rata (μm)
PVA/CMC/SiO ₂ 0%	0,1084
PVA/CMC/SiO ₂ 1%	0,1034
PVA/CMC/SiO ₂ 3%	0,0674

SEM menunjukkan bahwa membran tanpa silika memiliki pori-pori yang lebih besar dibandingkan membran dengan silika. Dengan begitu dapat disimpulkan bahwa penambahan kandungan SiO₂ dapat menyebabkan diameter pori rata-rata lebih kecil. Menurut (Firdaus et al., 2022) Gaya tolak menolak SiO₂ mengurangi keterikatan rantai polimer, membuat serat atau lubang menjadi lebih kecil/tipis. Membran PVA/CMC/SiO₂ merupakan membran mikrofiltrasi karena ukuran porinya (Sukirno & Shofiyani, 2017).

3.3 Hasil Uji Water Uptake

Tujuan dari uji water uptake (daya serap terhadap air) ini untuk mengetahui kapasitasnya dalam menyerap air. Menurut (Yunianti et al., 2012) Tes ini juga dapat mengungkapkan rongga antara ikatan polimer, yang mempengaruhi kualitas mekanik. Semakin sedikit rongga yang ada, semakin besar sifat mekaniknya. Hasil uji kapasitas serapan membran terdapat pada Tabel 2.

Tabel 2. Water uptake Membran PVA/CMC/SiO₂

Membran	Water uptake
PVA/CMC/SiO ₂ 0%	91%
PVA/CMC/SiO ₂ 1%	86%
PVA/CMC/SiO ₂ 3%	51%

Hasil pada Tabel 4.2 menunjukkan bahwa daya serap air menurun dengan peningkatan konsentrasi dari SiO₂. Karakteristik hidrofilik PVA memberikan membran tanpa SiO₂ nilai penyerapan air yang signifikan. Gugus -OH (hidroksil) yang terdapat pada rantai polimer bertanggung jawab atas sifat hidrofilik, sebagaimana dikemukakan oleh Sukirno dan Shofiyani (2017). Kelompok-kelompok ini mampu membentuk ikatan hidrogen dengan molekul air.

Ketika konsentrasi SiO₂ meningkat, kapasitas penyerapan air menurun; lebih khusus lagi, nilai asupan air turun seiring dengan meningkatnya konsentrasi dinding sel. Hal ini disebabkan karena dengan meningkatnya kandungan silika pada membran, hidrofilitas PVA menurun. Pembentukan ikatan kimia antara polimer dan silika memberikan penjelasan mengenai hal ini. Gugus hidroksil polar PVA dalam polimer mengikat rantai polimer organik ke silika dalam membran. Oleh karena itu, jumlah -OH bebas dalam membran berkurang seiring dengan meningkatnya kandungan silika karena semakin banyak silika yang berikatan silang dengan gugus hidroksil polar dalam PVA. (Xie et al., 2011).

4. Simpulan dan Saran

Dari penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa dari hasil uji SEM dapat dilihat pengaruh variasi konsentrasi SiO₂ terhadap morfologi permukaan membran PVA/CMC/SiO₂, menunjukkan diameter pori rata-rata masing-masing variasi konsentrasi SiO₂ 0% 0,1084 μm , SiO₂ 1% diperoleh 0,1034 μm dan untuk SiO₂ 3% 0,0674 μm . Dapat disimpulkan semakin tinggi konsentrasi SiO₂ semakin kecil juga diameter pori rata-rata pada membran. Berdasarkan pada ukuran pori, membran PVA/CMC/SiO₂ dapat digolongkan sebagai membran mikrofiltrasi. Hasil FTIR menunjukkan gugus fungsi -OH, C-H, C=O, dan C-OH

untuk membran separator PVA/CMC/SiO₂ 0%. Untuk membran PVA/CMC/SiO₂ variasi konsentrasi 1% dan 3% menunjukkan gugus fungsi -OH, C-H, C=O, Si-O-Si, Si-OH, dan Si-O-C. Hasil uji water uptake (daya serap air) membran PVA/CMC/SiO₂ -0%, PVA/CMC/SiO₂ -1%, dan PVA/CMC/SiO₂ -3% diperoleh berturut-turut 91%, 86%, 51%. Pengaruh penambahan SiO₂ sebanyak 3% menunjukkan hasil yang lebih efektif dibandingkan tanpa penambahan SiO₂.

Adapun beberapa saran yang diberikan yaitu, untuk penelitian selanjutnya dapat melakukan uji fluks untuk mengklasifikasikan membran berdasarkan kemampuan membran untuk dilewati suatu aliran sesuai tekanan tertentu.

5. Daftar Pustaka

- [1] Antika, D. A & Munasir. (2023). Membran PVA Dengan Substitusi NPS Disiapkan Dengan Metode Infersi: Sebagai Separator Baterai Li-ION. *Jurnal Inovasi Fisika Indonesia (IFI)*, Vol. 12, No.1, 42–49.
- [2] Firdaus, I., Sembiring, S., Junaidi, J., Johandra, A., Rifansyah, T. I., Rahmadi, R. P., & Putra, O. A. (2022). Sintesis dan Karakterisasi Nanofiber Komposit PVA/SiO₂ dari Silika Sekam Padi Menggunakan Metode Electrospinning. *INDONESIAN JOURNAL OF APPLIED PHYSICS*, 12(1), 116. <https://doi.org/10.13057/ijap.v12i1.55730>
- [3] Fitradi, R. B. (2015). Preparasi dan Modifikasi Membran untuk Pengolahan Air. www.lenntech.com
- [4] Fitri, F. N., Yuliati, S., & Zikri, A. (2023). Karakterisasi Membran Komposit Silika Berbahan Baku Limbah Fly Ash Batubara untuk Proses Ultrafiltrasi. VIII(4).
- [5] Huang, W. H., Hung, C. Y., Chiang, P. C., Lee, H., Lin, I. T., Lai, P. C., Chan, Y. H., & Feng, S. W. (2023). Physicochemical Characterization, Biocompatibility, and Antibacterial Properties of CMC/PVA/Calendula officinalis Films for Biomedical Applications. *Polymers*, 15(6). <https://doi.org/10.3390/polym15061454>
- [6] Huang, X. (2012). A lithium-ion battery separator prepared using a phase inversion process. *Journal of Power Sources*, 216, 216–221. <https://doi.org/10.1016/j.jpowsour.2012.05.019>
- [7] Julisman, A. S. (2022). Perbandingan Karakterisasi Membran Selulosa Asetat Rumput Laut Gracilaria Sp Berdasarkan Bahan Pengisi.
- [8] Maulina, W. (2016). Kajian Membran Komposit Nilon-Arang Melalui Karakteristik FTIR dan SEM. *JPFK*, Vol. 2 No.1, 56–60. <http://e-journal.ikipgprimadiun.ac.id/index.php/JPFK>

- [9] Sania, N. F., & Munasir, M. (2022). Fabrication of PVA/SiO₂ (Nanofiber) Membranes Prepared Using Electrospinning Method for Lithium Battery Separator. *Journal of Physics: Conference Series*, 2392(1). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/2392/1/012008>
- [10] Sukirno, E., & Shofiyani, A. (2017). Pembuatan Membran Komposit Si/PVA/PEG Berbahan Dasar Silika Batu Padas Singkup Untuk Menurunkan Konsentrasi Ion Fosfat Dalam Larutan (Vol. 6, Issue 4).
- [11] Xie, Z., Hoang, M., Duong, T., Ng, D., Dao, B., & Gray, S. (2011). Sol-gel derived poly(vinyl alcohol)/maleic acid/silica hybrid membrane for desalination by pervaporation. *Journal of Membrane Science*, 383(1–2), 96–103. <https://doi.org/10.1016/j.memsci.2011.08.036>
- [12] Wenten, I.G. (1999). *Teknologi Membran Industrial*. Bandung : Teknik Kimia-ITB.
- [13] Yanilmaz, M. (2020). Evaluation of electrospun PVA/SiO₂ nanofiber separator membranes for lithium-ion batteries. *Journal of the Textile Institute*, 111(3), 447–452. <https://doi.org/10.1080/00405000.2019.1642070>
- [14] Yassin, A. Y., Abdelghany, A. M., Salama, R. S., & Tarabiah, A. E. (2023). Structural, Optical and Antibacterial Activity Studies on CMC/PVA Blend Filled with Three Different Types of Green Synthesized ZnO Nanoparticles. *Journal of Inorganic and Organometallic Polymers and Materials*, 33(7), 1855–1867. <https://doi.org/10.1007/s10904-023-02622-y>
- [15] Yuniarti, S., Dina, D., & Maharani, K. (2012). Pemanfaatan Membran Kitosan-Silika Untuk Menurunkan Kadar Ion Logam Pb (II) Dalam Larutan Utilization Of Chitosan
- [16] -Silica To Reduce Pb(II) Ion Levels In Solution. In *UNESA Journal of Chemistry*
- [17] (Vol. 1, Issue 1).
- [18] Zulfi, F., Dahlan, K., & Sugita, P. (2014). Karakteristik Fluks Membran Dalam Proses Filtrasi Limbah Cair Industri Pelapisan Logam. *Jurnal Biofisika*, Vol. 10, No.1(19–29).