



**PENYISIHAN KARBOFURAN DAN 2,4 DIKLOROFENOKSISETAT
MENGUNAKAN TEKNOLOGI MEMBRAN NANOFILTRASI**

Nofiana^{*)}, 1)Titik Istirokhatun^{)}, 2)Heru Susanto^{**)}**

1) Jurusan Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro

2) Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro

Program Studi Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Universitas Diponegoro

Jl. Prof.H. Soedarto, SH Tembalang, Semarang, Indonesia 50275

Email : ech.novie@gmail.com

Abstrak

Seiring meningkatnya penggunaan pestisida dalam bidang pertanian, maka potensi terjadinya pencemaran pestisida dalam air semakin meningkat. Berbagai teknologi seperti karbon aktif dan oksidasi menggunakan kombinasi H_2O_2 dan Ozon dirasa belum efektif untuk menyisihkan pestisida dalam air. Membran nanofiltrasi merupakan salah satu teknologi yang dapat digunakan untuk menghilangkan mikropolutan seperti pestisida. Dalam penelitian ini, digunakan karbofuran dan 2,4Diklorofenoksiasetat (2,4D) yang merupakan jenis pestisida yang banyak digunakan di Indonesia dengan konsentrasi awal 25ppm. Tujuan dari penelitian ini adalah mengetahui besarnya rejeksi dan profil fluks dari karbofuran dan 2,4D. Selain itu, untuk mengetahui pengaruh adanya Natural Organik Matter (NOM) terhadap fluks dan rejeksi karbofuran dan 2,4D digunakan polisakarida berupa sodium alginat (SA) dengan konsentrasi 5ppm. Penelitian dilakukan pada tekanan 4, 5 dan 6 bar dengan menggunakan membran NF270. Konsentrasi pestisida dapat diketahui menggunakan spektrofotometer UV-Vis dengan panjang gelombang 276 nm dan 284nm untuk karbofuran dan 2,4D. Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa semakin besar tekanan operasi menyebabkan rejeksi 2,4D semakin rendah dengan fluks yang tidak jauh berbeda pada masing-masing tekanan. Rejeksi karbofuran terbesar pada tekanan 5 bar dan saat tekanan 6 bar rejeksi turun dengan nilai fluks yang tidak jauh berbeda pada ketiga tekanan. Dengan adanya penambahan SA dalam karbofuran tidak banyak mempengaruhi fluks dan menyebabkan rejeksinya meningkat. Sedangkan penambahan SA pada 2,4D meningkatkan nilai fluks dan menurunkan tingkat rejeksi.

Kata kunci : Karbofuran, 2,4Diklorofenoksiasetat, Sodium Alginat, Nanofiltrasi

Abstract

[Removal of Carbofuran and 2,4 Dichlorophenoxyacetic acid in Water Using Nanofiltration Membranes]. *With the increasing use of pesticides in agriculture, the potential for contamination of pesticides in water is increasing. Various technologies such as activated*



carbon and oxidation using a combination of H_2O_2 and Ozone deemed not effective to eliminate pesticides in water. Nanofiltration membrane is one technology that can be used to remove micropollutant such as pesticides. In this study, use of carbofuran and 2,4 dichlorophenoxyacetic acid (2,4D) which is a type of pesticide that is widely used in Indonesia with the initial concentration of 25ppm. The aim of this study was to determine the magnitude of rejection and flux profile of carbofuran and 2,4D. In addition, to determine the effect of the Natural Organic Matter (NOM) of the flux and rejection of carbofuran and 2,4D used polysaccharides such as sodium alginate (SA) with a concentration of 5ppm. The study was conducted at a pressure of 4, 5 and 6 bar using NF270 membranes. The concentration of pesticide can be determined using a UV-Vis spectrophotometer with a wavelength of 276 nm and 284nm for carbofuran and 2,4D respectively. The results show that the greater operating pressure causes rejection 2,4D the lower flux that is not much different at each pressure. The greatest rejection carbofuran at a pressure of 5 bar and the current pressure of 6 bar rejection down with the flux values are not much different in the three pressures. With the addition of SA in carbofuran does not much affect the flux and cause the rejection increased. While the addition of SA at 2,4D increases the value of the flux and reduce the level of rejection.

Keywords: Carbofuran, 2,4 dichlorophenoxyacetic acid , Sodium Alginate, Nanofiltration

1. PENDAHULUAN

Sumber air permukaan telah terkena polusi dengan berbagai macam bahan yang toksik (Sarka *et al.*2007). Pestisida sering terdeteksi pada air permukaan dan beberapa pada air bawah tanah yang mayoritas digunakan sebagai sumber air minum (Plakas dan Karabelas, 2011). Salah satu contohnya, di Indonesia seperti sungai Umbulrejo, Malang telah mengalami pencemaran residu pestisida sebesar 12,07 ppm (Kadim *et al.*,2013).

Pengolahan air yang tercemar oleh pestisida selama ini sudah dilakukan dengan menggunakan berbagai macam alternatif pengolahan seperti karbon aktif atau oksidasi menggunakan kombinasi ozon dan H_2O_2 . Namun alternatif pengolahan ini dirasa belum efektif. (Boussahel *et al.*2000). Teknologi membran nanofiltrasi merupakan

salah satu alternatif pengolahan air yang sangat berkembang saat ini dan memiliki potensi untuk penyisihan pestisida dalam air. (Musbah *et al.*2013)

Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui tingkat rejeksi dan fluks membran NF270 dalam penyisihan pestisida. Dalam penelitian ini, Pestisida yang digunakan adalah Karbofuran dan 2,4Diklorofenoksiasetat (2,4D) karena kedua jenis pestisida ini banyak digunakan di pertanian Indonesia.

Dalam proses penyisihan, pada kenyataannya senyawa pestisida yang ingin dihilangkan tidak hanya sendiri tetapi juga ada senyawa organik lain yang selalu ada di alam dan nantinya dapat mengganggu proses filtrasi dengan teknologi membran nanofiltrasi. Salah satu material organik yang selalu ada di alam adalah *Natural*

Organic Matter (NOM). Dalam penelitian ini digunakan sodium alginat, salah satu jenis polisakarida yang banyak terdapat di alam sebagai representasi NOM untuk mengetahui pengaruhnya terhadap kinerja membran dalam penyisihan kedua jenis pestisida di atas.

2. METODE

Alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

2.1 Alat

1. Spektrofotometer Uv-Vis
2. Unit Filtrasi Membran
3. Scanning Electron Microscopy (SEM)
4. Fourier Transform-Infrared Spectroscopy (FTIR)

2.2 Bahan

1. Aquadest
2. 2,4D
3. Karbofuran
4. Sodium Alginat
5. Membran Nanofiltrasi NF270

Karakteristik membran yang digunakan :

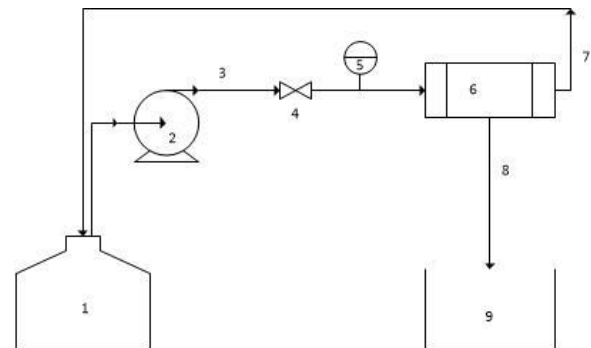
Membran	NF270
Material membran	Komposit Poliamida
Ukuran pori atau Molecular Weight Cut Off (MWCO)	180 Dalton
Temperatur maksimum	45°C
Tekanan maksimal	41 bar
PH	3-10

Karbofuran dengan nama lain 2,3-Dihydro-2,2-dimethyl-7-benzofuranol N-methylcarbamate yang digunakan diperoleh dari Sigma Aldrich dengan berat molekul 221,25 g/mol. Sedangkan

2,4Diklorofenoksiasetat yang memiliki berat molekul 221,04 g/mol berasal dari Merck, Darmstadt, Jerman.

2.3 Metode

Rangkaian alat filtrasi yang digunakan ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Rangkaian alat filtrasi membran

- | | |
|-------------------|--------------------|
| 1. Larutan umpan | 7. Aliran retentat |
| 2. Pompa | 8. Aliran permeat |
| 3. Aliran umpan | 9. Permeat |
| 4. Valve | |
| 5. Pressure gauge | |
| 6. Modul membran | |

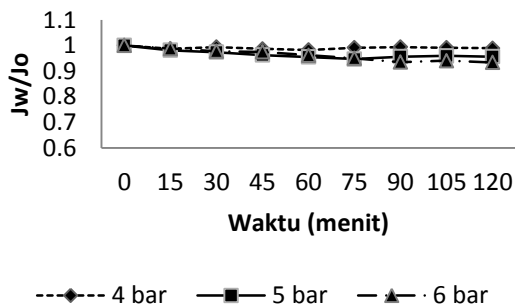
Dalam penelitian ini dilakukan pengujian fluks pada proses penyisihan pestisida menggunakan membran NF270 yang sudah dipreparasi sebelumnya. Preparasi dilakukan dengan pemotongan membran diameter 4,2 cm² kemudian direndam ke dalam aquades selama 30 menit. Lalu dilakukan kompaksi selama 30 menit dengan tekanan 1 bar lebih besar dari tekanan operasional yang akan digunakan. Untuk uji fluks, membran dimasukkan ke dalam unit filtrasi membran kemudian dilakukan pengukuran nilai fluks awal (J_0) selama 15 menit pada masing – masing tekanan operasi yang digunakan (4, 5, dan 6

kg/cm²) dengan cara mengalirkan aquades dengan aliran *cross flow* ke dalam unit filtrasi membran. Kemudian dilanjutkan dengan pengukuran fluks masing masing senyawa pestisida selama 2 jam dan diambil setiap 15 menit. Konsentrasi awal pestisida yang digunakan adalah 25 ppm dan sodium alginat 5 ppm

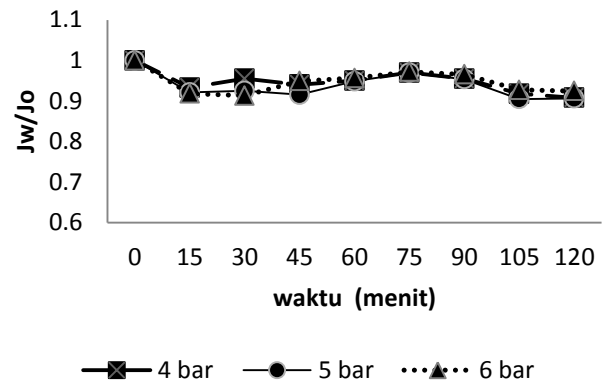
Larutan pestisida sebelum dan setelah filtrasi diuji dengan menggunakan spektrofotometer Uv-Vis pada panjang gelombang 276nm untuk Karbofuran dan 284nm untuk 2,4D (Salman dan Hameed,2010). Pengukuran konsentrasi ini digunakan untuk mengetahui tingkat rejeksinya. Membran yang telah digunakan untuk filtrasi kemudian dilakukan uji SEM dan FTIR untuk mengetahui foulant yang ada.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

a. Pengaruh tekanan



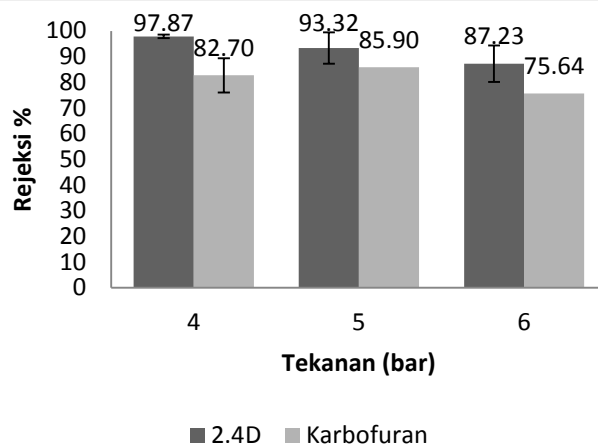
Gambar 2. Profil fluks karbofuran terhadap waktu pada berbagai variasi tekanan



Gambar 3. Profil fluks karbofuran terhadap waktu pada berbagai variasi tekanan

Gambar 2 dan 3 menunjukkan bahwa peningkatan waktu mempengaruhi nilai fluks. Bertambahnya waktu operasi menghasilkan fluks yang semakin menurun pada kedua jenis senyawa di setiap tekanan dan akhirnya stabil pada menit tertentu. Penurunan fluks ini disebabkan oleh fouling. Menurut Juan *et al* (2008), penurunan fluks dapat disebabkan karena fouling dan konsentrasi polarisasi pada membran. Fouling dapat terjadi akibat terbentuknya padatan pada permukaan membran, endapan makromolekul pada pori membran yang tertutup oleh zat terlarut, dan adsorpsi zat terlarut kedalam dinding membran. Sedangkan konsentrasi polarisasi terjadi karena akumulasi larutan yang tertahan pada membran.

Menurut Manttari *et al.*, (2004), hal yang menyebabkan terjadinya fouling pada tekanan yang konstan adalah waktu filtrasi yang semakin lama. Dengan waktu operasi yang semakin lama maka fouling akan terbentuk semakin banyak sehingga menyebabkan fluks semakin menurun.



Gambar 4. Grafik tingkat rejeksi karbofuran dan 2,4D pada berbagai variasi tekanan

Dari Gambar 4 terlihat bahwa tekanan yang semakin tinggi menyebabkan rejeksi senyawa 2,4D semakin turun. Sedangkan untuk karbofuran, rejeksi meningkat pada tekanan 5 bar namun turun saat tekanan 6 bar. Hasil ini sesuai dengan penelitian Musbah et al (2012) yang melakukan penyisihan terhadap pestisida. Apabila tidak ada peningkatan rejeksi seiring dengan peningkatan tekanan operasi membran, maka pengangkutan dalam membran ini tidak bisa dijelaskan dengan model *solution-diffusion*. Namun mengindikasikan sebuah pemisahan berdasarkan hambatan sterik.

Rejeksi pada sebagian besar mikropolutan organik terjadi berdasarkan ukuran molekul mikropolutan tersebut dengan MWCO membran. Ukuran molekul ini biasanya dinyatakan dengan berat molekul (Moons, and Bruggen 2006). Menurut Van der bruggen *et al.*, (2002), rejeksi molekul organik yang tidak bermuatan ditentukan berdasarkan ukuran molekul dibandingkan dengan ukuran pori membran.

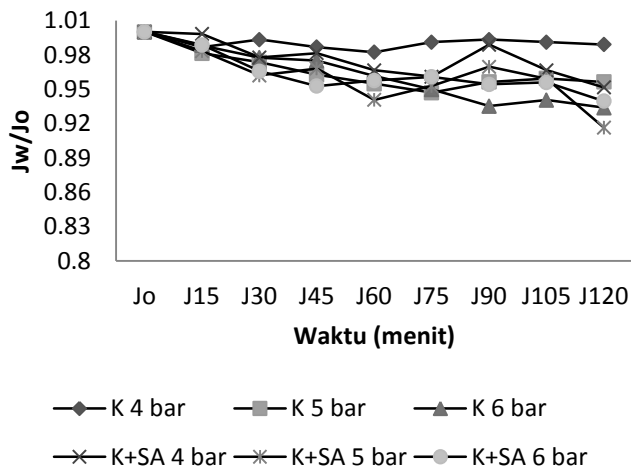
Penyisihan pada kedua jenis pestisida ini terjadi dalam mekanisme yang berbeda. Karbofuran yang bermuatan netral tersisihkan dengan *sieving mechanism*. Karbofuran memiliki berat molekul 221,25 mg/mol akan tertahan pada permukaan membran NF270 dengan ukuran pori 180 Dalton. Sedangkan 2,4D yang bermuatan negatif, selain tersisihkan karena *sieving mechanism* juga mengalami *charge exclusion*.

Untuk senyawa yang bermuatan negatif, interaksi elektrostatis merupakan parameter yang dominan untuk menjelaskan rejeksi pada membran (Zazouli *et al.*, 2009). Pada pestisida yang bermuatan negatif, terjadi *electrostatic repulsion* pada permukaan membran sehingga meningkatkan tingkat rejeksinya. Membran NF270 bermuatan negatif ketika berada di rentang PH 3-9 (Zhang and Pagilla.2010). Dalam penelitian ini, PH larutan adalah 5. Maka dari itu, dapat dikatakan bahwa membran NF270 bermuatan negatif. *Electrostatic repulsion* yang terjadi merupakan interaksi tolak menolak antara permukaan membran dengan senyawa 2,4D yang keduanya sama-sama bermuatan negatif. Interaksi tolak menolak antara 2,4D dengan permukaan membran menyebabkan 2,4D tidak menempel pada permukaan membran dan didukung dengan adanya aliran *cross flow* (aliran permeat yang tegak lurus dengan permukaan membran dan aliran retentat sejajar dengan permukaan membran) sehingga 2,4D akan mudah tersapu oleh aliran retentat sehingga tidak melewati pori membran. Hal inilah yang menyebabkan rejeksi 2,4D lebih tinggi dibandingkan karbofuran yang tidak

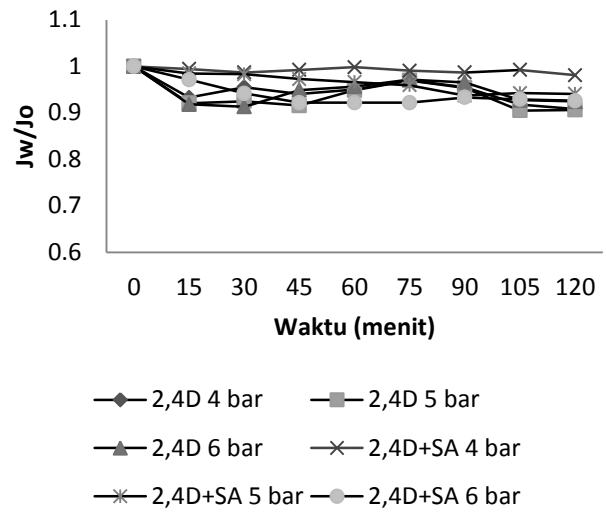
memiliki *electrostatic repulsion* dengan permukaan membran NF270 karena bermuatan netral.

Tingkat rejeksi yang sudah tinggi pada kedua jenis pestisida ini ternyata belum mampu menghasilkan *effluen* yang memenuhi baku mutu. Konsentrasi karbofuran setelah filtrasi sebesar 3,58 ppm, 3,62 ppm dan 6,37 ppm sedangkan konsentrasi 2,4D setelah filtrasi adalah 0,53 ppm, 1,84 ppm dan 3,75 ppm pada tekanan 4,5 dan 6 bar. Hasil ini masih melebihi baku mutu kandungan pestisida dalam air sesuai dengan Keputusan Menteri Kesehatan RI No.492/Menkes/Per/IV/2010 tentang persyaratan kualitas air minum yang menyebutkan bahwa kadar karbofuran dan 2,4D maksimum yang diperbolehkan adalah 0,007 ppm dan 0,03 ppm.

b. Pengaruh sodium alginat



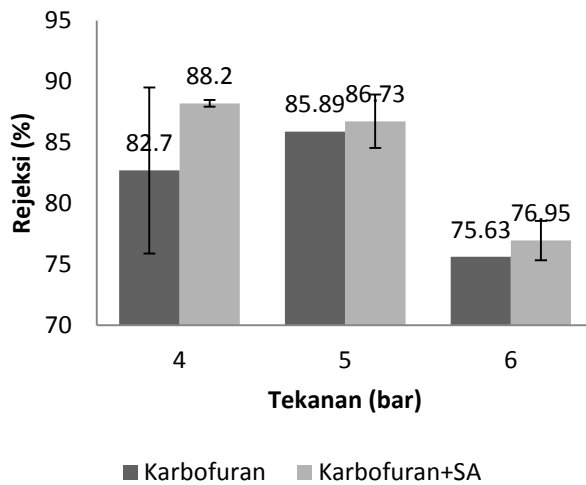
Gambar 5. Profil fluks karbofuran dengan dan tanpa penambahan sodium alginat terhadap waktu pada berbagai variasi tekanan



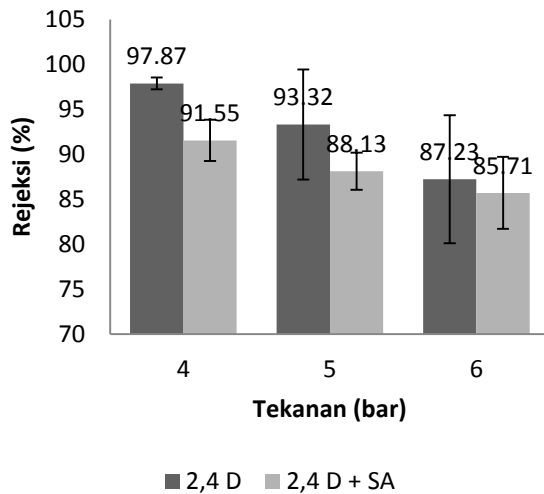
Gambar 6. Profil fluks 2,4D dengan dan tanpa penambahan sodium alginat terhadap waktu pada berbagai variasi tekanan

Gambar 5 menunjukkan fluks ternormalisasi senyawa karbofuran tanpa penambahan sodium alginat tidak terlalu berbeda dengan karbofuran yang ditambah sodium alginat pada setiap tekanan. Gambar 6 menunjukkan bahwa penambahan sodium alginat pada 2,4D menyebabkan fluks sedikit meningkat. Meningkatnya fluks pada senyawa 2,4D ini berbeda dengan penelitian yang dilakukan Zazouli *et al.*, (2009), namun sesuai dengan hasil penelitian yang dilakukan oleh Munari, *et al.*,(2013). Peningkatan fluks yang terjadi dengan penambahan sodium alginat dalam penelitian ini dikarenakan interaksi muatan antara 2,4D, sodium alginat dan membran NF270. Keberadaan sodium alginat dalam penyisihan mikropolutan organik (pestisida) akan menambah muatan negatif pada membran. Dengan bertambahnya muatan negatif ini maka *electrostatic repulsion* akan semakin besar dan hal ini mengindikasikan meningkatnya MWCO membran. Dengan

ukuran pori membran yang semakin membesar maka permeat dan air akan lebih mudah melewati membran sehingga fluks yang dihasilkan juga semakin besar.



Gambar 7. Tingkat rejeksi karbofuran dan karbofuran+sodium alginat pada berbagai variasi tekanan



Gambar 8. Tingkat rejeksi 2,4 D dan 2,4D+sodium alginat pada berbagai variasi tekanan

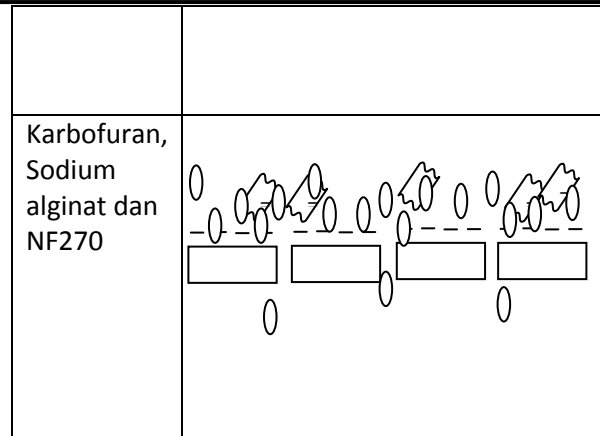
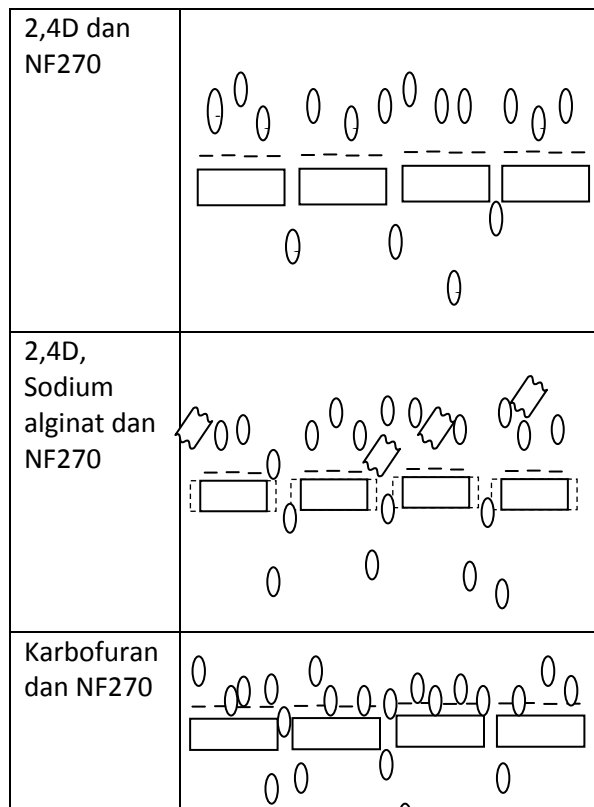
Gambar 7 merupakan grafik perbandingan tingkat rejeksi senyawa karbofuran dengan karbofuran+sodium

alginat. Penambahan sodium alginat meningkatkan rejeksi karbofuran pada ketiga tekanan. Hasil ini sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Boussahel *et al.*,(2000) yang menunjukkan bahwa penambahan bahan organik pada proses penyisihan pestisida akan meningkatkan rejeksinya. Peningkatan rejeksi ini terjadi karena terbentuk makromolekul antara pestisida dengan senyawa organik tambahan dan mengurangi ukuran pori membran sehingga semakin banyak senyawa yang tertahan dalam permukaan membran dan mengakibatkan rejeksinya semakin besar. Serupa dengan (Munari *et al.*,2013) dalam penelitiannya yang menyatakan bahwa meningkatnya rejeksi mikropolutan dengan adanya NOM terjadi karena terbentuknya ukuran yang lebih besar antara NOM dengan mikropolutan dan muatan yang tinggi dibandingkan dengan mikropolutan itu sendiri.

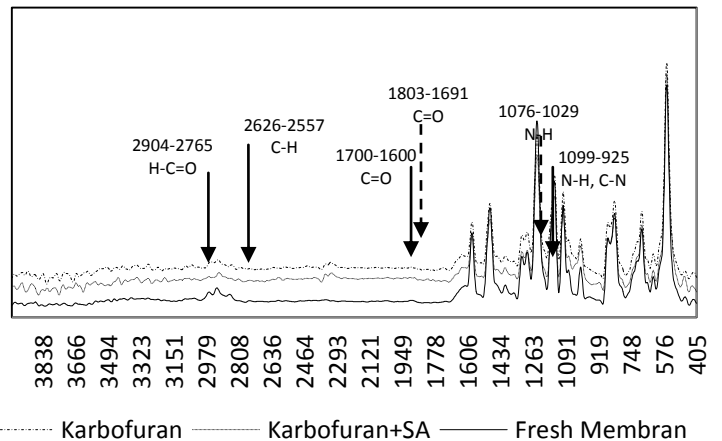
Hasil yang sedikit berbeda ditunjukkan terhadap senyawa 2,4D. Gambar 8 menunjukkan bahwa penambahan sodium alginat menurunkan tingkat rejeksi 2,4D. Performa membran sangat dipengaruhi oleh karakteristik membran dan larutan umpan. (Zazouli *et al.*,2009). Beberapa penelitian menjelaskan tentang mekanisme penurunan rejeksi atau rejeksi yang hampir sama dari mikropolutan dengan adanya NOM. Ketiadaan ikatan antara mikropolutan dengan NOM sebagai alasan tidak berubahnya tingkat rejeksi (Munari *et al.*,2013). NOM dapat menyebabkan penyisihan pestisida meningkat, menurun atau tidak mempengaruhi sama sekali (Plakas dan karabelas,2011).

Menurunnya rejeksi mikropolutan disertai dengan meningkatnya MWCO membran dikarenakan adanya material organik (Xu *et al.*, 2005,2006 dalam Munari *et al.*,2013). Material organik meningkatkan muatan negatif pada membran NF, sehingga meningkatkan *elektrostatic repulsion* dan juga meningkatkan MWCO membran (Bragettha *et al.*,1997; childess and elimelech,1996 dalam Munari *et al.*,2013). Dengan meningkatnya ukuran pori membran, maka mikropolutan akan semakin mudah melewati pori membran dan akhirnya menyebabkan rejeksi turun.

Di bawah ini disajikan ilustrasi penyisihan pestisida karbofuran dan 2,4D dengan dan tanpa penambahan sodium alginat



c. FTIR



Gambar 9. Spektrum FTIR dari membran NF270 baru dan membran fouling (karbofuran dan karbofuran+sodium alginat)

Gambar 9 menunjukkan adanya perbedaan spektrum membran NF270, membran fouling oleh karbofuran dan membran fouling oleh karbofuran+SA. Karakteristik fouling yang terjadi pada permukaan membran ditandai dengan terjadinya pergeseran dari *peak* spektrum atau munculnya *peak* spektrum baru. Pada membran fouling oleh karbofuran terdapat perbedaan *peak* yang paling tajam

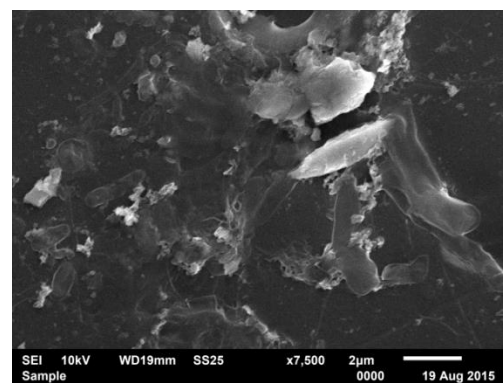
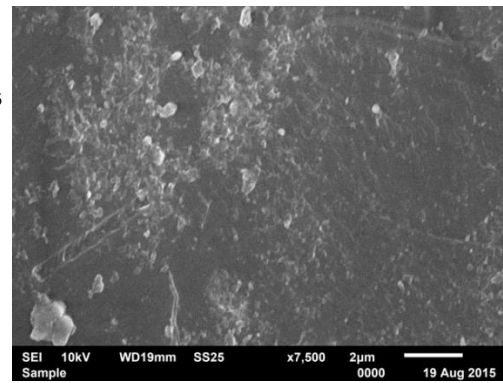
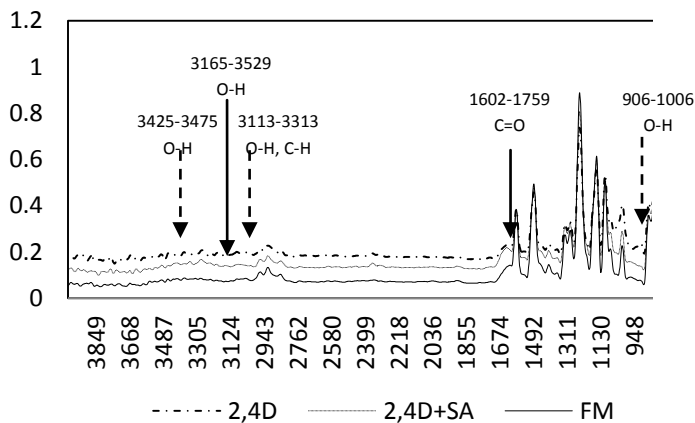
dibandingkan dengan membran baru yaitu pada peak 1076-1029 yang mengindikasikan adanya gugus fungsi N-H, kemudian pada peak 1803-1691 (C=O) yang sesuai dengan gugus fungsi senyawa karbofuran.

Hal yang sama terjadi pada membran fouling oleh karbofuran+SA. Perbedaan peak terjadi pada beberapa titik spektrum, yaitu 1099-925 (=C-H, N-H, C-N), 1700-1600 (C=O), 2626-2557 (C-H), 2904-2765 (H-C=O, C-H) yang mengindikasikan adanya senyawa karbofuran dan sodium alginat. Rentang sodium alginat berada pada spektrum 1900-1617 yang merepresentasikan aldehyd atau asam organik. (Liu, et al. 2015)

perbedaan peak dari membran fouling oleh 2,4D dan membran baru yaitu pada peak 1006-906 (O-H, =C-H) dan 3313-3113 (O-H, C-H) yang merupakan gugus fungsi dari senyawa 2,4D. Selain itu, menurut Rouf et al (2012), 2,4D terletak pada sekitar spectrum 3467 (gugus hidroksil), dan dari grafik di atas terlihat ada perbedaan peak di sekitar 3475-3425.

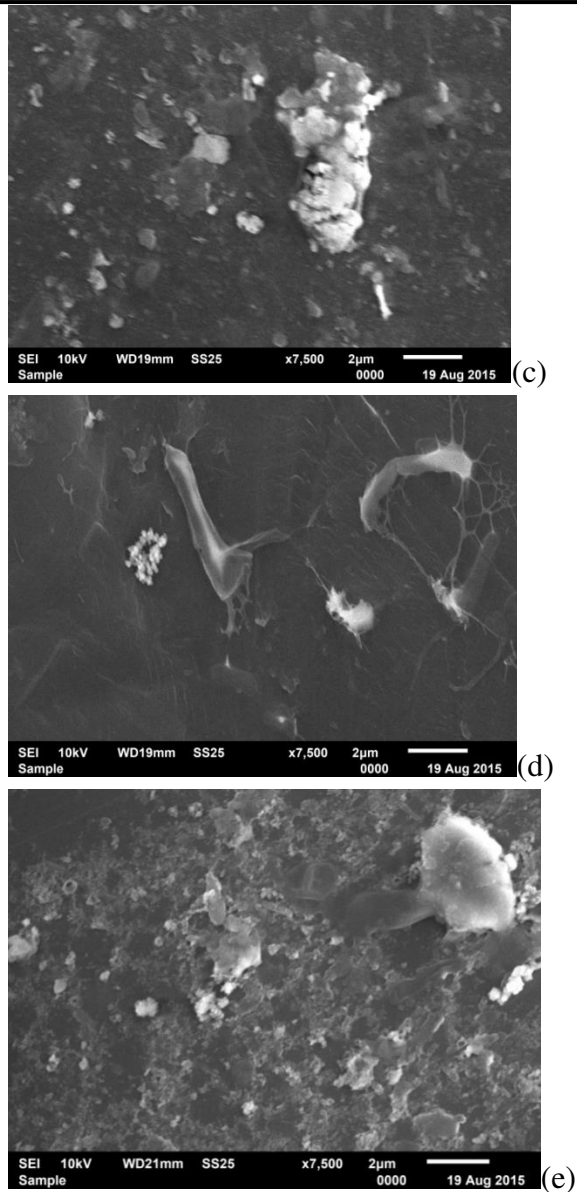
Untuk membran fouling 2,4D+SA perbedaan peak ada pada rentang 1759-1602 (C-C, N-H, -C=C- dan C=O) dan 3529-3165 (O-H). sodium alginat diwakilkan pada adanya ikatan C=O sedangkan 2,4D pada ikatan O-H nya.

d. SEM



Gambar 10. Spektrum FTIR dari membran NF270 baru dan membran fouling (2,4D dan 2,4D+sodium alginat)

Gambar 10 menunjukkan adanya perbedaan spektrum membran NF270, membran fouling oleh 2,4D dan membran fouling oleh 2,4D+SA. Karakteristik fouling yang terjadi pada permukaan membran diindikasikan dengan munculnya *peak* baru atau terjadinya pergeseran dari *peak* yang ada sebelumnya. Pada grafik di atas terdapat



Gambar 11. Hasil SEM (a) Fresh membran (b)Foulan karbofuran (c) fouling karbofuran+sodium alginat (d) fouling 2,4D+sodium alginat dan (e) fouling 2,4D

Gambar 11 merupakan hasil SEM pada membran. Pada gambar 11 (a) membran NF270 belum digunakan untuk filtrasi. Gambar 11 (b) terlihat ada foulan yang berbentuk pipih-memanjang transparan yang diindikasikan sebagai karbofuran. Sedangkan

gambar 11 (c) fouling yang terbentuk berupa bulatan dan memanjang. Bentuk bulat tersebut adalah sodium alginat yang mengerubungi karbofuran. Untuk gambar 11 (d) fouling yang terdeteksi jada ada dua macam. Yang pertama bulat-bulat (sodium alginat) dan yang kedua berupa lapisan transparan (2,4D) yang keduanya tidak menjadi satu. Sesuai dengan dugaan muatan diantara 2,4D dan alginat yang sama sama negatif sehingga terjadi tolak menolak diantara keduanya dan tidak membentuk ikatan. Pada gambar 11 (e) terlihat jelas terjadi fouling jika dibandingkan dengan fresh membran. Fouling ini disebabkan oleh 2,4D.

4. KESIMPULAN

- Tingkat rejeksi senyawa 2,4D adalah 97.87%, 93.32% dan 87.23% sedangkan karbofuran tingkat rejeksinya 82,70%, 85.90% dan 75,64% pada tekanan 4, 5 dan 6 bar secara berurutan.
- Tingkat rejeksi 2,4D paling tinggi pada tekanan 4 bar dan semakin besar tekanan menyebabkan rejeksi semakin kecil. Sedangkan untuk karbofuran, rejeksi tertinggi pada tekanan 5 bar dan turun pada tekanan 6 bar. Penambahan sodium alginat tidak mempengaruhi fluks dan meningkatkan rejeksi karbofuran. Sedangkan untuk 2,4D, penambahan sodium alginat meningkatkan fluks dan menurunkan rejeksi.

Acknowledgments

Penulis mengucapkan terimakasih kepada laboratorium *Membrane Research Center*



(Mer-C) yang telah membiayai penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Acerro. J.L., Benitez, F.J., Real, F.J., Garcia, C., 2008. *Removal of Phenyl-Urea Herbicides in Natural Waters by UF Membranes : Permeate Flux, Analysis of Resistances and Rejection Coefficients*. Journal of separation and purification technology 65, 322-330
- Boussahel, R., Bouland, S., Mousaoui, K.M., Montiel, A., 2000. *Removal of Pesticide residues in water using the nanofiltration process*. Journal of Desalination 132, 205-209
- Boussahel, R., Montiel, A., Baudu, M., 2002. *Effects of organic and inorganic matter on pesticide rejection by nanofiltration*. Journal of desalination 145, 109–114
- Kadim, M.K., Sudaryanti, S., Yuli, E., 2013. *Pencemaran Residu Pestisida di Sungai Umbulrejo Kecamatan Dampit Kabupaten Malang*. Jurnal manusia dan lingkungan vol.20 no.3
- Keputusan Menteri Kesehatan RI No.492/Menkes/Per/IV/2010 tentang persyaratan kualitas air minum
- Liu, Y., Li, Z., Wang, J., Zhu, P., Zhao, J., Zhang, J., Guo, Y., Jin, Xing., 2015. *Thermal degradation and pyrolysis behavior of aluminum alginate investigated by TG-FTIR-MS and Py-GC-MS*. Journal of Polymer degradation and Stability 118, 59-68
- Manttari, M., Pekuri, T., Nystrom, M., 2004. *NF270, a new membrane having promising characteristics and being suitable for treatment of dilute effluents from the paper industry*. Journal of membrane science 242, 107-116
- Moons, K., Van der Bruggen, B., 2006. *Removal of micropollutants during drinking water production from surface water with nanofiltration*. Journal of desalination 199, 245-247
- Munari, A.D., Semiao, A.J.C., Ladislao, B.A., 2013. *Retention of pesticide Endosulfan by nanofiltration : Influence of organic matter-pesticide complexation and solute-membrane interactions*. Journal of water research 47, 3484-3496
- Musbah, I., Ciceron, D., Saboni, A., Alexandrova, S., 2013. *Retention of pesticide and metabolites by nanofiltration by effects of size and dipole moment*. Journal of Desalination 313, 51-56
- Plakas, K.V., Karabelas A.J., 2011. *Removal of Pesticides from Water by NF and RO membranes-A review*. Journal of desalination 287, 255-265
- Rouf, G.A., Qusti, S.Y., Ali, A.M., Dakhakhni, T.H., 2012. *The mechanism of 2,4 dichlorophenoxyacetat acid Neurotoxicity on Rat Brain Tissue by using FTIR spectroscopy*. Journal of Life Science 9, 1686-1697
- Salman, J.M., Hameed, B.H., 2010. *Adsorption of 2,4-dichlorophenoxyacetic*



acid and carbofuran pesticides onto granular activated carbon. Journal of desalination 256, 129-135

Sarkar, B., Venkateshwarlu, N., Rao, R.N., Bhattacharje, C., Kale., 2007. *Potable water production from pesticide contaminated surface water-A membrane based approach.* Journal of Desalination 204, 368-373

Zazouli, M.A., Susanto, H., Nasser, S., Ulbricht, M., 2009. *Influences of solution chemistry and polymeric natural organic matter on the removal of aquatic pharmaceutical residuals by nanofiltration.* Journal of water research 43, 3270-3280

Zhang, Y., Pagilla, K., 2010. *Treatment of malathion pesticide waste water with nanofiltration and photo-fenton oxidation.* Journal of desalination 263, 36-44