Prosiding Seminar Nasional Lingkungan Lahan Basah
Volume 4 Nomor 2 Halaman 274-278 April 2019

p-ISSN 2623-1611
e-ISSN 2623-1980

PENGARUH PENAMBAHAN PEKTIN SEBAGAI PELAPIS MEMBRAN *INTERLAYER-FREE* SILIKA-PEKTIN MELALUI PROSES DESALINASI AIR RAWA ASIN

Muthia Elma [1]*, Mahmud [2], Aulia Rahmah [2], Noni Handayani [2], Via Susetia Putri [2]
[1] Program Studi Teknik Kimia, Universitas Lambung Mangkurat, Jl. A.Yani KM 36, Banjarbaru, Indonesia
[2] Program Studi Teknik Lingkungan, Universitas Lambung Mangkurat, Jl. A.Yani KM 36, Banjarbaru, Indonesia
*Penulis koresponden: melma@ulm.ac.id

Abstrak

Air rawa di sungai-sungai di Kalimantan Selatan banyak dipengaruhi oleh air asin yang berasal dari pengaruh intrusi air laut. Intrusi air laut pada rawa dapat menyebabkan sungai memiliki kadar salinitas yang tinggi sehingga air terasa asin. Berdasarkan permasalahan diatas, maka sangat diperlukan pengolahan air rawa asin tersebut menjadi air tawar dengan proses desalinasi menggunakan teknologi membran. Material silika biasanya digunakan sebagai material membran dalam proses desalinasi. Akan tetapi silika memiliki hidrostabilitas rendah. Sehingga perlu adanya penambahan ikatan karbon berasal dari pektin yang dapat meningkatkan struktur silika sehingga menambah kemampuan membran untuk menyaring molekul garam saat diaplikasikan untuk pengolahan air rawa asin. Penelitian ini terdiri dari beberapa proses yaitu proses sintesis membran *interlayer-free* silika-pektin (konsentrasi pektin 0,5 % dan 2,5 %) dengan kalsinasi 300 °C serta proses pervaporasi menggunakan air rawa asin pada suhu ruangan (25 °C). Diperoleh hasil penelitian konsentrasi pektin 0,5 dan 2,5 % adalah berturut-turut 4,78 dan 3,22 $kg.m^{-2}.h^{-1}$ Hal tersebut menunjukkan semakin tinggi kandungan pektin dalam struktur silika maka struktur kimia silika cenderung menyebabkan membran menjadi *dense.* Sehingga ini akan berdampak kepada hasil *water flux*. Sementara itu, nilai rejeksi kedua membran ini ~99.9 %. Jadi, keseluruhan semua membran *interlayer-free* silika pektin tersebut mampu menyisihkan garam dengan rejeksi sampai >99.9%.

Kata Kunci: membran, desalinasi, pervaporasi, Interlayer-free silika-pektin, air rawa asin

1. PENDAHULUAN

Kalimantan Selatan pada dasarnya banyak kawasan air rawa yang dipengaruhi oleh pasang surut air laut dikarenakan bermuara ke laut (Zahratunnisa *et al*. 2016). Air rawa di Desa Muara Halayung sangat dipengaruhi oleh pasang surut air laut. Proses masuknya air laut ke rawa disebut intrusi air laut. Semakin besar tinggi pasang surut maka semakin jauh intrusi air laut dan sebaliknya. Intrusi air laut pada rawa dapat menyebabkan kadar salinitas tinggi sehingga air terasa asin (Fahmi 2016).

Musim kemarau yang panjang menyebabkan ketersediaan air bersih di desa Muara Halayung sangat sulit diperoleh karena sumber air lain susah untuk diperoleh, misalnya air sumur dan air PDAM. Akibatnya masyarakat hanya menggunakan air rawa untuk keperluan sehari-hari. Jika masyarakat cenderung menggunakan air asin ini, maka akan berdampak buruk bagi kesehatan karena kandungan garam yang tinggi. Masalah ini merupakan suatu tantangan untuk ketersediaan air bersih di Kalimantan Selatan (UNICEF 2012).

Berdasarkan permaslahan tersebut, maka sangat diperlukan pengolahan air rawa asin menjadi air tawar dengan proses desalinasi menggunakan teknologi membran. Desalinasi adalah proses pemisahan garam terlarut yang ada didalam air (Said 2010). Salah satu teknologi desalinasi adalah pervaporasi, yang menjanjikan untuk memproduksi air asin menjadi air tawar dengan konsumsi energi yang relatif rendah (Liang, Li, Cao, dan Li 2018). Pada umumnya membran silika diaplikasikan untuk proses desalinasi (Elma, Yacou, dan Costa 2015). dibandingkan dengan membran organik membran silikan mempunyai kelebihan yaitu tahan terhadap suhu tinggi (Klein dan Gallagher 1988).

Disamping kelebihannya, membran silika mempunyai kekurangan yaitu *hydro-stability* yang rendah, sehingga berpengaruh terhadap permeat yang dihasilkan (Elma, Yacou, Wang, dan Costa 2012). Oleh karena itu perlu adanya penambahan ikatan karbon yang dapat meningkatkan struktur silika (Duke, Costa, Do, Gray, dan Lu 2006) sehingga menambah kemampuan membran untuk menyaring molekul garam saat diaplikasikan untuk pengolahan air rawa asin.

Sebelumnya penelitian Elma, Wang, Yacou, Motuzas, dan Costa (2015) serta Elma, Riskawati, and Marhamah (2018a) yang menggunakan silika dari karbon sintesis triblok kopolimer P123 menunjukkan kekuatan dari membran karbon-silika.

© Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat, Universitas Lambung Mangkurat

p-ISSN 2623-1611
e-ISSN 2623-1980

Karbon yang ditanamkan pada *silica sol* akan mencegah runtuhnya pori pada membran yang membuat kekuatan matriks membran silika meningkat.

Dibandingkan dengan menggunakan karbon sintesis beberapa tahun terakhir telah dikembangkan material alami yaitu pektin sebagai pengganti material sintetik (Titirici *et al*. 2015).

Pektin adalah suatu komponen serat yang terdapat pada lapisan dinding sel primer dan lamella tengah pada tanaman (Jonquières *et al*. 2002). Pektin merupakan pangan fungsional tinggi yang berguna untuk pembentukan gel. Pektin mudah didapatkan dari buah atau sayuran, seperti terdapat pada kulit mangga (Prasetyowati, Sari, dan Pesantri 2009), kulit jeruk lemon (Fitriani 2003), kulit pisang (Hanum dan Martha 2012) dan (M. Tarigan, 2012), bahkan ampas apel (Min, Lim, Lee, Lee, dan Lee 2011).

Pektin secara luas dapat digunakan sebagai bahan pengental dalam makanan, mampu membungkus logam berat, dan sebagai bahan tambahan produk susu fermentasi (Hanum et al., 2012). Pektin juga memperkuat struktur yang dinamis, sehingga berpotensi dikembangkan sebagai material dalam pembuatan *thin film* untuk meningkatkan stabilitas membran silika (Sperber, Schols, Cohen Stuart, Norde, dan Voragen, 2009).

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh konsentrasi pektin terhadap performansi membran untuk menghilangkan kadar garam pada air rawa asin.

2. METODE

2.1 Tempat, Alat, dan Bahan

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Teknologi Proses Program Studi Teknik Kimia Universitas Lambung Mangkurat, yang terdiri dari beberapa proses yaitu proses sintesis membran *interlayer-free* silika-pektin serta proses pervaporasi pada air rawa asin.

Alat-alat yang digunakan untuk penelitian ini adalah gelas beker, gelas arloji, *cold trap*, gelas ukur, oven, *furnace*, *hot plate & stirrer, magnetic stirrer,* statif dan klem, neraca analitis, pipet tetes, pipet volume, propipet, *micropipette*, sudip, *petridish,* cawan porselin, botol *Schott,* alu & mortar, *ice crusher, thermometer,* botol *centrifuge*, selang *waterpass*, alat flokulator, *vacuum pump*, pH meter, dan OHAUS *conductivity starter*. sedangkan bahan yang digunakan adalah sampel air rawa asin, tetraethyl orthosilicate (TEOS), pektin apel ($C_6H_{10}O_7$, Sigma-Aldrich), akuades, etanol 99% (EtOH), asam nitrat (HNO_3, Merck), membrane support *macroporous* α–Al_2O_3 *tubular*, ammonia 25% (NH_3, Merck) gliserol, aluminium sulfat ($Al_2(SO_4)_3$), nitrogen cair, *aluminium foil*, dan *plasctic wrap*.

Variabel penelitian terdiri dari variabel tetap yang meliputi layer coating (4 layer), temperature *feed* (suhu ruang ~25˚C), dan waktu kalsinasi (1 jam/layer) serta variabel bebas yang berupa air rawa asin, konsentrasi pektin (0,5 dan 2,5 wt%) dan temperature kalsinasi 300˚C.

2.2 Pembuatan Membran Interlayer-free Silika-Pektin

Campurkan EtOH dengan TEOS ke dalam botol *schott* setetes demi setetes sambil diaduk selama 5 menit pada temperature 0˚C. Kemudian ditambahkan HNO_3 0,00078 N setetes demi setetes dan direfluks selama 1 jam pada temperatur 50˚C. setelah itu ditambahkan NH_3 0,0003 N setetes demi stetes dan direfluks lagi selama 2 jam pada kondisi yang sama. Kemudian pH *sol gel* diukur dengan pH meter sebelum dilakukan karbon *template* menggunakan pektin.

Dilarutkan pektin dengan variasi konsentrasi (0,5 dan 2,5 %wt) ke dalam gliserol sebanyak sambil diaduk dengan kecepatan 600 rpm pada temperatur 50˚C. Setelah itu sol gel ditambahkan campuran gliserol-pektin dengan variasi konsentrasi pectin sambil diaduk. *Silica-Pectin sols* dikeringkan dalam oven pada suhu 60°C. *Silica-Pectin xerogel* digerus, selanjutnya serbuk *xerogel* dikalsinasi pada suhu 300°C selama 1 jam. Selanjutnya Proses *dipcoating* dilakukan menggunakan alat *dipcoater,* dengan cara mencelupkan membran support *macroporous* α–Al_2O_3 *tubular* ke dalam Silica-*Pectin* sol dengan laju pencelupan 10 cm/menit, selanjutnya membrane dikalsinasi menggunakan *furnace* selama 1 jam pada variasi temperature 300°C. Proses *dipcoating* dan kalsinasi diulang sebanyak empat kali untuk mendapatkan 4 layer membrane Si-*Pectin*.

2.3 Proses Pervaporasi Air Rawa Asin

Membran Silika-Pektin pada kondisi *dead-end* direndam ke dalam gelas beker berisi air asin. Membran disambungkan dengan selang *vacuum* dan aliran permeat ditampung dalam *cold trap* yang direndam dalam wadah berisi nitrogen cair. Untuk mencegah polarisasi konsentrasi reactor umpan disambungkan dengan pompa *peristaltic* dimana aliran retentat secara konstan di*recycle* dan di*stirrer.*

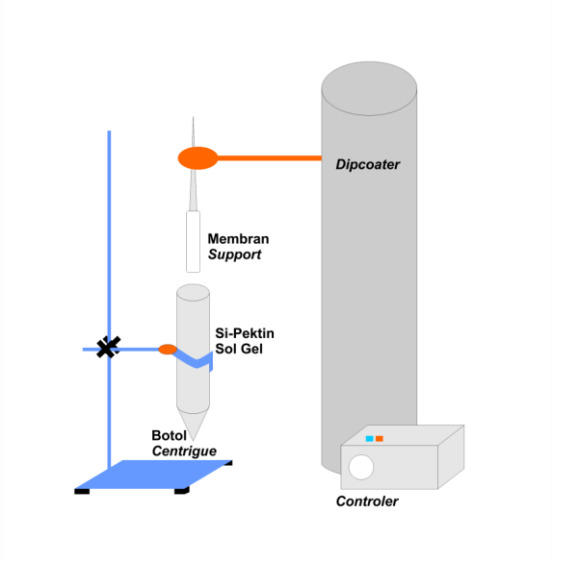
Perhitungan *water flux* ditentukan dengan persamaan

$$F=m/(A/\Delta t) \quad (1)$$

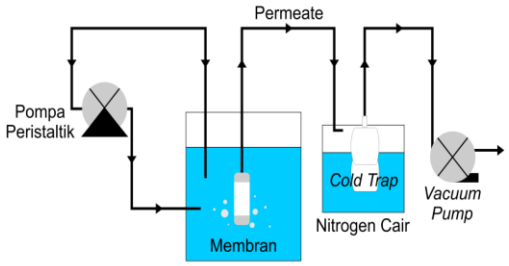
© Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat, Universitas Lambung Mangkurat

p-ISSN 2623-1611
e-ISSN 2623-1980

Dalam hal ini F = fluks permeat (kg.m^{-2}.h^{-1}), *m* = massa permeate (kg) yang terkumpul dalam *cold trap*, *A* = luas permukaan aktif membrane (m^2), *Δt* = waktu pervaporasi,



Gambar 1. Rangkaian alat *dipcoating*



Gambar 2. Rangkaian alat pervaporasi

Menentukan *salt rejection* R(%) dengan persamaan

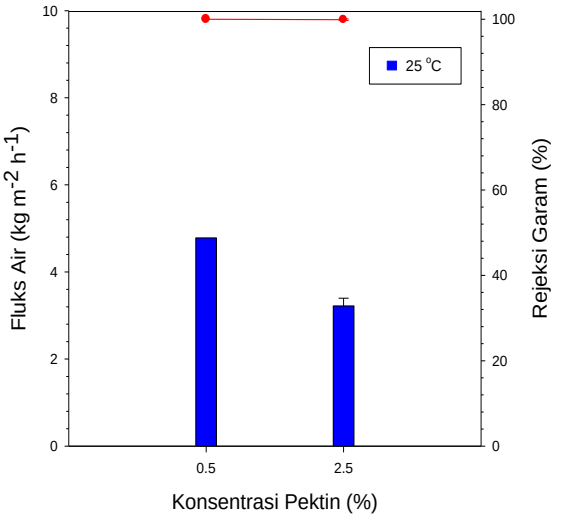
$$R=(C_f-C_p)/C_f \times 100\% \quad (2)$$

Dalam hal ini, *R* = nilai rejeksi kontaminan setelah melewati membran (%), C_f = konsentrasi kontaminan pada umpan (% berat), C_p = konsentrasi kontaminan pada permeat (% berat).

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Reaksi hidrolisis (Si-OH) yang bereaksi dengan TEOS dan dengan bantuan katalis dasar (amonia) Metode sol-gel dapat menyebabkan kondensasi alkohol yang menghasilkan siloxane (Muthia Elma, Fitriani, Rakhman, dan Hidayati 2018a). Siloxane yang tinggi dalam membran silika dapat mengatasi hydro-ketidakstabilan dan menghasilkan hydro-stabillity (Elma *et al*. 2015).

Berikut adalah grafik hubungan antara *water flux* dan *salt rejection* terhadap perbedaan konsentrasi pektin pada umpan air rawa asin desa Muara Halayung. Performansi yang dihasilkan pada membrane *interlayer-free* silika-pektin terhadap perbedaan konsentrasi pektin yaitu 0,5 dan 2,5 wt%.



Gambar 3. Grafik *water flux* dan rejeksi garam

Water flux dari membran konsentrasi pektin 0,5 dan 2,5 % adalah berturut-turut 4,78 dan 3,22 kg.m^{-2}.h^{-1}. Hal tersebut menunjukkan semakin tinggi kandungan pektin dalam struktur silika maka struktur kimia silika cenderung menyebabkan membrane menjadi dense. Sehingga berdampak pada hasil *water flux.*

Hasil persentase *salt rejection* pada proses pervaporasi air rawa asin di desa Muara Halayung dengan suhu umpan 25°C dan menggunakan membran dengan konsentrasi pektin 0,5 dan 2,5 % adalah 100 % dan 99,99 %. Nilai rejeksi kedua membran ini ~99.9 %. Keseluruhan semua membran *interlayer-free* silika pektin tersebut mampu menyisihkan garam dengan rejeksi sampai >99,9%.

Hasil *water flux* dan *salt rejection* macam-macam membran. Hasil *water flux* tertinggi

© Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat, Universitas Lambung Mangkurat

p-ISSN 2623-1611
e-ISSN 2623-1980

ditunjukkan oleh membran silika-pektin yaitu 4,78 kg.m^{-2}.h^{-1} dan 3,22 kg.m^{-2}.h^{-1} (Tabel 1). Membran silika yang disisipkan C6 memiliki hasil *water flux* lebih rendah karena materialnya hanya menggunakan katalis asam sehingga menghasilkan pori yang kecil, sedangkan penelitian ini menggunakan dual katalis asam dan basa, karena basa menghasilkan pori yang lebih besar *water flux* yang dihasilkan juga menjadi lebih tinggi (Wijaya, Duke, dan Costa 2009). Pengabungan katalis asam dan basa akan menciptakan pori yang disebut "*bottle neck*". Pori ini akan menahan molekul yang lebih besar dan meloloskan molekul air (Elma, Yacou, Costa, dan Wang 2013). Dari rata-rata membrane itu fluks yang terbesar adalah 20 kg.m^{-2}.h^{-1}.Hal ini karena membrane menggunakan material precursor berbeda yaitu *carbon alumina mixed*. Penggunaan membran untuk air rawa asin sebelumnya juga telah dilakukan pada penelitian terdahulu. Hasil yang didapatkan membrane pada penelitian ini mampu bersaing dengan *water flux* dan *salt rejection* lebih tinggi. Untuk hasil *salt rejection* rata-rata berhasil menyisihkan garam hingga > 99%.

Tabel 1. Performa membran

Tipe membran	*Feed*	*Water flux* (kg.m^{-2}.h^{-1})	*Salt rejection* (%)	Referensi
Silika-pektin 0,5 wt%	Air rawa asin	4,78	>99	Penelitian ini
Silika-pektin 2,5 wt%	Air rawa asin	3,22	>99	Penelitian ini
Membran silika	Air rawa asin	2,1	>99	Elma *et al. (*2018b)
Membran silika-P123	Air rawa asin	4,105	96.22	Elma *et al.* (2018a)
Membran silika-P123	Air rawa asin	3.904	65.67	Elma *et al. (*2018a)
Membran karbon	Larutan NaCl 3,5%	2,2	>99	Elma *et al.* (2015)
Carbon template silica membranes (C6)	Larutan NaCl 3,5%	1,9	97	Wijaya *et al.* (2009)
Carbon template silica membranes (C16)	Larutan NaCl 3,5%	3.4	97.5	Wijaya *et al.* (2009)
Carbon alumina mixed	Larutan NaCl 3,5%	20	>99	Song *et al.* (2016)

Polarisasi konsentrasi terjadi pada permukaan membrane yang lebih besar hasil tersebut sesuai dengan prinsip dasar. Dikarenakan semakin besar konsentrasi umpan, semakin rendah *water flux* serta *salt rejection* disebabkan oleh molekul garam dalam larutan umpan yang lebih tinggi. Oleh sebab itu, molekul-nolekul tersebut menyumbat pori-pori membran dan membuat aliran molekul air menjadi jauh lebih lambat (Muthia Elma, Riskawati, dan Marhamah 2018b). Molekul penyebab *fouling* yang dapat menyumbat membran salah satunya adalah bahan organik alami (Metsämuuronen, Sillanpää, Bhatnagar, dan Mänttäri 2014).

Dalam penelitian Liu *et al.* (2017) dengan metode CTP (*Conventional Thermal Process*) menghasilkan nilai *water flux* yang lebih tinggi daripada RTP (*Rapid Thermal Process*). Hal ini disebabkan karena dalam proses RTP, kalsinasi dilakukan langsung pada suhu tinggi, ini menyebabkan proses kalsinasi tidak sempurna. Akan tetapi, membran silika dengan metode RTP masih bias dikatakan memiliki kinerja yang baik dengan nilai *salt rejection* yang tinggi sehingga masih bagus untuk digunakan (Elma *et al*. 2018b).

4. SIMPULAN

Konsentrasi pektin yang ada pada membran mempengaruhi kinerja membran dalam hal *water flux* dan *salt rejection* pada proses pervaporasi air rawa asin di desa Muara Halayung. Konsentrasi pektin 0,5 dan 2,5% adalah 4,78 dan 3,22 kg.m^{-2}.h^{-1}. Semakin tinggi kandungan pektin maka struktur kimia silika cenderung menyebabkan membran menjadi rapat. Nilai *salt rejection* kedua membran ini ~99.9 %. Semua membran *interlayer-free* silika-pektin terebut menyisihkan garam dengan rejeksi sampai >99,9%

5. UCAPAN TERIMA KASIH

Kami mengucapkan terima kasih kepada hibah dari Direktorat Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat Kementerian Riset Teknologi Dan Pendidikan Tinggi melalui Hibah Pasca Doktor tahun 2017-2018, hibah PNBP Pascasarjana Universitas Lambung Mangkurat tahun 2018 dan Hibah Australian Award melalui Alumni Grants Scheme Batch 2 tahun 2018.

6. DAFTAR PUSTAKA

Duke MC, Costa JCD, Do DD, Gray PG, Lu GQ. 2006. Hydrothermally robust molecular sieve silica for wet gas separation. *Advanced Functional Materials 16*(9): 1215-1220. doi: 10.1002/adfm.200500456

Elma M, Fitriani, Rakhman A, Hidayati R. 2018a. Silica P123 Membranes for desalination of

p-ISSN 2623-1611
e-ISSN 2623-1980

wetland saline water in South Kalimantan. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 175*(1), 012007. doi: 10.1088/1755-1315/175/1/012007

Elma M, Riskawati N, Marhamah. 2018b. Silica Membranes for wetland saline water desalination: performance and long term stability. *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science 175*. doi: 10.1088/1755-1315/175/1/012006

Elma M, Wang DK, Yacou C, Costa JCD. 2015. Interlayer-free P123 carbonised template silica membranes for desalination with reduced salt concentration polarisation. *Journal of Membrane Science 475 (Supplement C)*: 376-383.

Elma M, Wang DK, Yacou C, Motuzas J, Costa JCD. 2015. High performance interlayer-free mesoporous cobalt oxide silica membranes for desalination applications. *Desalination 365*: 308-315. doi: 10.1016/j.desal.2015.02.034

Elma M, Yacou C, Costa JCD, Wang DK. 2013. Performance and long term stability of mesoporous silica membranes for desalination. *Membranes (Basel) 3*(3): 136-150. doi: 10.3390/membranes3030136

Elma M, Yacou C, Wang DK, Smart S., Costa JCD. d. 2012. Microporous silica based membranes for desalination. *Water* 4(3): 629.

Fahmi H. 2016. Analisa daya serap silika gel berbahan dasar abu sekam padi. *Jurnal Ipteks Terapan 10(3):* 176-182.

Fitriani V. 2003. *Ekstraksi dan Karakterisasi Pektin dari Kulit Jeruk Lemon (Citrus medica var Lemon)*. IPB, Bogor.

Hanum R, Martha AT. 2012. Ekstraksi Pektin dari kulit buah pisang raja (*Musa sapientum*). *Jurnal Teknik Kimia USU 1(2)*.

Jonquières A, Clément R, Lochon P, Néel J, Dresch M, Chrétien B. 2002. Industrial state-of-the-art of pervaporation and vapour permeation in the western countries. *Journal of Membrane Science, 206*(1-2): 87-117. doi: 10.1016/S0376-7388(01)00768-2

Klein LC, Gallagher D. 1988. Pore structures of sol-gel silica membranes. *Journal of Membrane Science 39(3):* 213-220.

Liang B, Li Q, Cao B, Li P. 2018. Water permeance, permeability and desalination properties of the sulfonic acid functionalized composite pervaporation membranes. *Desalination 433*: 132-140. doi: https://doi.org/10.1016/j.desal.2018.01.028

Liu G, Jiang Z, Cao K, Nair S, Cheng X, Zhao J, Pan F. 2017. Pervaporation performance comparison of hybrid membranes filled with two-dimensional ZIF-L nanosheets and zero-dimensional ZIF-8 nanoparticles. *Journal of Membrane Science 523*: 185-196. doi: https://doi.org/10.1016/j.memsci.2016.09.064.

Tarigan IMKM, F Hanum. 2012. Ekstraksi pektin dari kulit pisang kepok (*Musa Paradisiaca*). *Jurnal Teknik Kimia USU*.

Metsämuuronen S, Sillanpää M, Bhatnagar A, Mänttäri M. 2014. Natural organic matter removal from drinking water by membrane technology. *Separation & Purification Reviews 43*(1): 1-61. doi: 10.1080/15422119.2012.712080

Min BJ, Lim SK, Lee KG, Lee SH, Lee S. 2011. Environmentally friendly preparation of pectins from agricultural bioproducts and their structural/rheological characterization. *Bioresource Technology 102:* 3855-3860.

Prasetyowati, Sari, K. P., & Pesantri, H. (2009). Ekstraksi Pektin Dari Kulit Mangga. *Jurnal Teknik Kimia, 4(16)*.

Said, N. I. (2010). *Pengolahan Payau Menjadi Air Minum dengan Teknologi Reverse Osmosis*. Jakarta.

Song Y, Wang DK, Birkett G, Martens W, Duke MC, Smart S, Costa JCD. 2016. Mixed matrix carbon molecular sieve and alumina (CMS-Al2O3) membranes. *Scientific Reports 6*: 30703. doi: 10.1038/srep30703

https://www.nature.com/articles/srep30703#supplementary-information

Sperber BLHM, Schols HA, Stuart MAC, Norde W, Voragen AGJ. 2009. Influence of the overall charge and local charge density of pectin on the complex formation between pectin and β-lactoglobulin. *Food Hydrocolloids 23*(3): 765-772. doi: https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2008.04.008

Titirici MM, White RJ, Bryn N, Budarin VL, Su DS, Del monte F, Maclachlan MJ. 2015. Sustainable carbon materials. *Chemical Society Reviews 44*: 250-290.

UNICEF I. 2012. *Water, Sanitation, and Hygiene*.

Wijaya S, Duke MC, Costa JCD. 2009. Carbonised template silica membranes for desalination. *Desalination 236*(1): 291-298. doi: https://doi.org/10.1016/j.desal.2007.10.079

Zahratunnisa, Hidayah N, Rezki MR, Sari DP, Dewi N, Elma M. 2016. Studi Pengaruh kalsinasi tanah lempung gambut terhadap aktivasi pada proses desalinasi air. *Prosiding Seminar Nasional Industri Kimia dan Sumber Daya Alam*.

© Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat, Universitas Lambung Mangkurat