Prosiding Seminar Nasional Lingkungan Lahan Basah
Volume 4 Nomor 2 Halaman 279-284 April 2019

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

# PERFORMANSI MEMBRAN INTERLAYER-FREE SILIKA-PEKTIN PADA DESALINASI AIR LAUT DENGAN VARIASI SUHU 25$^{O}$C DAN 40$^{O}$C DENGAN KALSINASI MEMBRAN SUHU 300$^{O}$C

**Muthia Elma [1]*, Mahmud[2], Noni Handayani[2], Via Susetia Putri[2], Aulia Rahmah[2]**

[1] Program Studi Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Lambung Mangkurat, Jl. A. Yani KM 36, Banjarbaru, Indonesia

[2] Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik, Universitas Lambung Mangkurat, Jl. A. Yani KM 36, Banjarbaru, Indonesia

* Penulis koresponden: melma@ulm.ac.id

**Abstrak**

Air merupakan kebutuhan terpenting bagi kehidupan manusia dan kelangkaan air menjadi salah satu masalah besar bagi penduduk dunia. Di Indonesia, khususnya di Kalimantan Selatan terdapat banyak sumber badan air yang telah terkontaminasi air laut sehingga air menjadi asin. Ini diakibatkan oleh proses intruksi air laut menuju badan air selama musim penghujan serta proses penguuapan air laut selama musim kemarau. Untuk mengatasi masalah kelangkaan air laut selama musim kemarau. Untuk mengatasi maslah kelangkaan air, maka digunakan teknologi desalinasi untuk memisahkan garam terlarut tersebut. Proses desalinasi dilakukan menggunakan membran silika yang disisipkan dengan karbon dari pektin untuk memperkuat struktur pori dan hidrostabilitas membran. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui performansi dari membran silika-pektin dengan metode pervaporasi (PV) menggunakan air laut artifisial (NaCl 3.5 wt%). Membran silika-lektin konsentrasi 2.5% dikalsinasi pada suhu 300$^{o}$C dengan teknik RTP (*Rapid Thermal Processing*). Proses pervaporasi dilakukan dengan variasi suhu air umpan (*feed*), 25$^{o}$C dan 40$^{o}$C. Hassil penelitian menunjukan performa yang baik ditunjukan di kedua suhu umpan dengan fluks air 2.1 kg.m$^{-2}$.h$^{-1}$ dan 2.3 kg.m$^{-2}$.h$^{-1}$ pada suhu umpan 25$^{o}$C dan 40$^{o}$C. Penurunan performa membran terjadi saat diaplikasikan pada suhu umpan 40$^{o}$C yang ditunjukan dengan menurunnya rejeksi garam akibat terjadi *dense pore.* Namun demikian, rejeksi garam yang diperoleh pada kedua suhu operasi >99%.

**Kata kunci**: desalinasi, membran, fluks air, kalsinasi, silika-pektin

## 1. PENDAHULUAN

Air merupakan kebutuhan terpenting bagi kehidupan manusia dan kelangkaan air menjadi salah satu masalah bagi dunia (Elma *et al.* 2018b). Air laut merupakan salah satu sumber air bersih namun, air laut sendiri tidak dapat langsung digunakan karena memiliki mineral terlarut atau garam-garam 4.5-3.5 wt% Robiatun (2003) dan kadar TDS air laut 20.000-50.000 ppm (Nugroho 2004). Bersamaan dengan ledakan penduduk dan perkembangan industri, kebutuhan akan air bersih semakin meningkat terutama di negara-negara berkembang (Elma 2016). Proses desalinasi merupakan proses pemisahan molekul garam terlarut dari air asin telah menjadi perhatian para peneliti dengan potensi hasil yang menjanjikan (Elma 2016). Proses desalinasi ini adalah salah satu alternatif untuk menjawab masalah ketersediaan air bersh dan air minum di masyarakat. Proses pemisahan dengan teknlogi membran dapat menghasilkan air minum meskipun berasal dari air mentah dengan konsentrasi garam yang tinggi (Gryta 2010). Dalam jurnal Liang *et al.* (2018), mengatakan bahwa salah satu teknologi desalinasi adalah pervaporasi, yang menjanjikan untuk memproduksi air asin menjadi air tawar dengan konsumsi energi yang relatif rendah. Apabila dibandingkan dengan pengolahan secara konvensional dalam pengolahan air minum, teknologi membran menggunakan energi yang lebih sedikit, desain dan konstruksi untuk sistem skala kecil, peralatan yang modular memudahkan *scale up*, dan tidak membutuhkan kondisi ekstrim (Pinem dan Adha 2008).

Membran silika memiliki sifat penyaring molekul yang sangat baik dengan proses sederhana dengan melalui pengolahan sol-gel. Selain itu, membran berbahan dasar silika merupakan pilihan yang menarik untuk proses desalinasi air karena ukuran pori-pori dan morfologinya yang menawarkan selektivitas yang lebih tinggi dalam proses desalinasi air. Namun, membran ini juga memiliki kelemahan yaitu *hydro-stability* yang rendah sehingga akan mempengaruhi hasil akhir desalinasi (Elma *et al.* 2017). Dalam mengatasi masalah *hydro-stability* pada membran silika maka dilakukan penambahan karbon yang mampu memperkuat matriks silika dengan cara mengganti

© Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat, Universitas Lambung Mangkurat

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

ikatan -H yang lemah dengan ikatan -C yang lebih kuat untuk mengurangi sifat hidrofiliknya, sehingga performansi dan stabilitas membran silika dapat meningkat (Elma *et al.* 2015a). Literatur menyebutkan bahwa material karbon dari pektin dapat meningkatkan stabilitas membran silika. Pektin merupakan salah satu sumber karbon yang mudah didapatkan dari buah atau sayuan (Isdayanti *et al.* 2016). Apel pomace mengandung 10-15% pektin dari massa kering (Hastuti 2016). Pektin atau dikenal sebagai asam poligalakturonat, mengandung 3-16% gugus mektosil, dapat larut dalam air, membentuk jelly dan gula dalam suasana asam (Subagyo dan Achmad 2010). Pektin merupakan serbuk halus atau sedikit kasar, bewarna putih dan hampir tidak berbau. Pektin mempunyai kemampuan sebagai pembentuk gel, pengental dan stabilisator sehingga banyak digunakan dalam berbagai indusri makanan dan farmasi (Hastuti 2016).

## 2. METODE

### 2.1 Alat dan Bahan

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sampel air laut artifisial (NaCl 3,5%), *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*, amonia 25% ($NH_3$, Merck), gliserol, nitrogen cair, *aluminium foil*, dan *plasctic wrap*. Alat-alat yang digunakan pada penelitian ini adalah gelas beker, gelas arloji, *cold trap*, gelas ukur, labu ukur, oven, *furnace*, *hot plate* & *stirrer*, *magnetic stirrer*, statif dan klem, neraca analitis, pipet tetes, pipet volume, propipet, *micropipet*, sudip, *petridish*, cawan porselin, botol *Schott*, alu & mortar, *ice crusher*, *thermometer*, botol *centrifuge*, selang *waterpass*, alat flokulator, *vacuum pump*, pH meter (Hanna), dan OHAUS *conductivity starter* 300C.

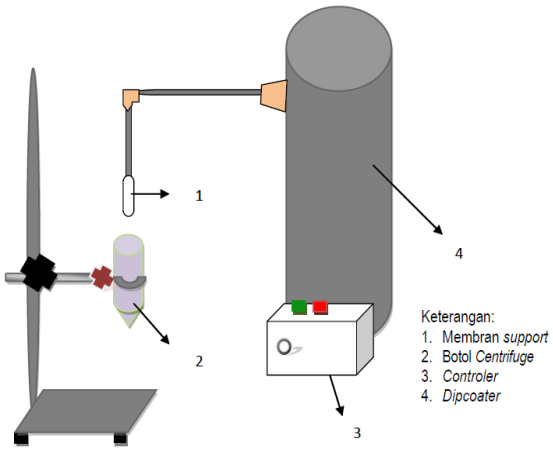
### 2.2 Pembuatan *Silica-Pectin* sol

Larutan TOES dan etanol dicampurkan ke dalam botol schott dan diaduk selama 5 menit pada temperatur 0°C. Selanjutnya ditambahkan $HNO_3$ 0,00078 N direfluks selama 1 jam pada temperatur 50°C. Setelah itu ditambahkan $NH_3$ 0,0003 N dan direfluks lagi selama 2 jam pada kondisi yang sama. Kemudian pH sol gel diukur dengan pH meter sebelum dilakukan karbon *template* menggunakan pektin.

Pektin dengan konsentrasi (2.5%) dilarutkan ke dalam gliserol diaduk dengan kecepatan 600 rpm pada temperatur 50°C selama 45 menit. Sol silika-pektin diaduk selama 45 menit pada 0°C.

### 2.3 *Dip-coating* dan Kalsinasi

Proses *dip-coating* dilakukan dengan merendam *membrane* support *macroporous* α–$Al_2O_3$ *tubular* (ukuran pori-pori ≈100 nm) selama 2 menit kedalam sol silika-pektin dengan *dipping and whitdra*wal masing-masing 10 dan 5 cm/min. Dikalsinasi pada 300°C secara terpisah selama satu jam dan didinginkan pada suhu kamar. Proses ini diulang sebanyak empat kali untuk mendapatkan 4 lapisan *(layer)* membran silika-pektin.




Gambar 1. Alat *Dipcoating*

### 2.4 Desalinasi melalui Proses Pervaporasi

Siapkan air laut artifisial (NaCl 3,5%), kemudian membran silika-pektin dihubungkan ke pompa vakum dan *cold trap* dengan sisi lain yang ditutup. Metode ini disebut metode *dead-end*. *Cold trap* dan pompa peristaltik diterapkan untuk menghomogenkan dan menghindari terjadinya polarisasi konsentrasi garam dalam tangki umpan *(feed)*. Pengukuran diambil pada variasi suhu 25°C dan 40°C. Hal ini bertujuan untuk mengetahui kinerja membran silika. Proses pervaporasi dilakukan selama 20 menit dengan 3 (tiga) kali pengulangan atau *triplo*. Elma *et al.* (2018a) Fluks air (kg. $m^{-2}.h^{-1}$), ditentukan berdasarkan persamaan:

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

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

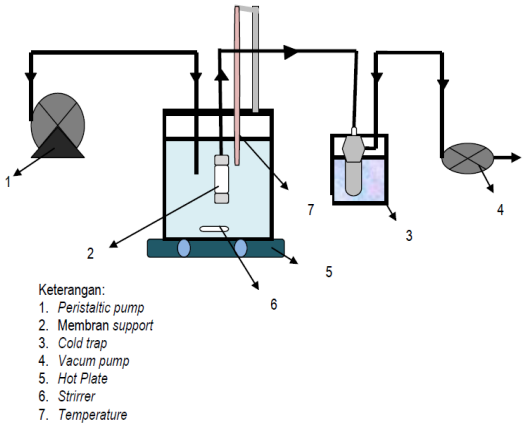
© Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat, Universitas Lambung Mangkurat

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

Perhitungan rejeksi garam untuk mengetahui perbandingan jumlah konsentrasi garam larutan umpan dan pada *permeate. Elma et al. (2018a)* R(%) dengan persamaan:

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

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

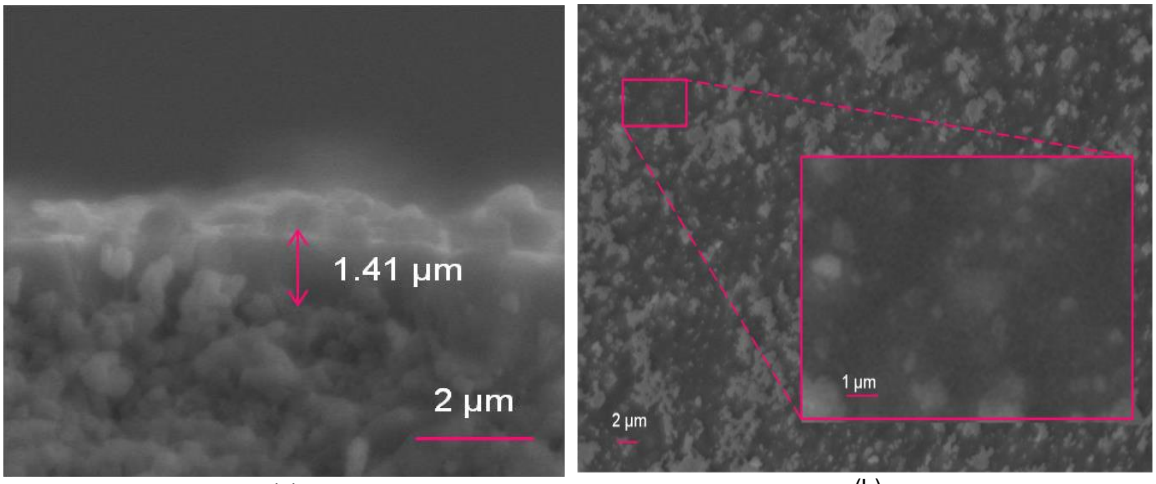



Gambar 2. Set-up alat pervaporasi

## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Metode sol-gel menyebabkan perbedaan tekstur antara daerah permukaan, volume pori dan ukuran pori (Elma *et al.* 2015b). TEOS yang bereaksi dengan air sehingga membentuk *silanols*, lalu melalui proses kondensasi *siloxane* (Si-O-Si) kemudian terbentuk. Hasil reaksi hidrolisis (Si-OH) yang bereaksi dengan TEOS dengan bantuan katalis dasar (amonia) mengakibatkan kondensasi alkohol yang menghasilkan *siloxane* (Elma *et al.* 2018c). Siloxane yang tinggi dalam membran silika dapat mengatasi *hydro*-ketidakstabilan. Oleh karena itu, berdasarkan hasil ini dengan suhu kalsinasi yang berbeda, silika-pektin dengan kelompok *siloxane* lebih tinggi menghasilkan *hydro*-stabillity.

Rejeksi garam biasanya dapat dilihat dari ukuran pori di mana pori-pori besar dapat menyebabkan tembusnya air kedalam pori karena sifat hidrofilik dari silika dan akibatnya rejeksi garam menjadi rendah, sementara pori-pori kecil memberikan rejeksi garam yang tinggi. Kombinasi antara struktur mikro dan mesopori mempengaruhi pemisahan yang besar antara molekul air dan garam. Struktur ini membuat membran memiliki kinerja yang sangat baik. Selain itu juga *siloxane* dapat memperkuat struktur membran (Elma *et al.*, 2018c).




(a) (b)

Gambar 3. Analisis SEM membran silika-pektin (**a**) *surface membrane* (**b**) *cross-section*

Gambar 3(a) menunjukan morfologi membran silika-pektin yang pada tampak permukaan (*surface*) tidak ditemukan adanya retak (*crack)*. Namun, jika dilihat pada tampak *cross-section* lapisan (*layer)* membran terlihat tidak mulus. Hal ini dikarenakan tidak diterapkannya interlayer pada memran (*interlayer-free),* sehingga sol silika-pektin langsung mengisi pori-pori *membrane support* sat proses *dip-coating.* Ketebalan membran silika-pektin yang diperoleh sekitar 1.41µm seperti ditunjukan pada Gambar 3(b). Dalam penelitian ini terdapat perbedaan ketebalan membran jika dibandikan dengan penelitian sebelumnya oleh Elma *et al.* (2013) ketebalan lapisan silika diperkirakan 2.6-2.7 nm, P123-50 dengan ketebalan lapisan silika *thin* film 1 µm (Elma *et al.* 2015a), yang disebabkan oleh

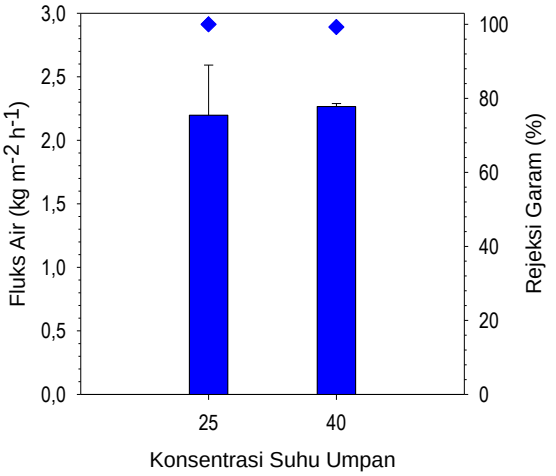
© Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat, Universitas Lambung Mangkurat

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

proses kalsinasi yang digunakan. Pada penelitian ini kalsinasi dilakukan menggunakan teknik RTP yang dilakukan dalam waktu yang lebih pendek dari CTP. Hal ini menyebabkan membran yang dikalsinasi dilakukan menggunakan teknik RTP lebih tebal dari pada teknik CTP. Selain itu, pada proses RTP tidak menggunakan *ramping rates* seperti halnya dalam teknik CTP. Hal ini menyebabkan pelarut dan air dalam matriks silika tidak menguap sepenuhnya selama proses kalsinasi. Inilah yang menyebabkan lapisan membran menjadi lebih tebal. Tidak diterapkannya *ramping rates* 1$^{o}$C/m pada proses kalsinasi menyebabkan pelarut dan air yang terperangap di pori-pori membran tidak menguap sempurna karena kenaikan suhu yang mendadak selama proses kalsinasi. Namun demikian teknik RTP sangat menghemat waktu dan juga biaya dalam pembuatan membran dengan hasil yang tidak jauh berbeda dengan teknik CTP (Elma *et al.* 2018c).

Membran silika-pektin dengan suhu kalsinasi 300$^{o}$C selanjutnya di uji performansi nya menggunkan metode pervaporasi pada NaCl 3.5 wt%. Pada tahapan ini dilakukan variasi suhu air umpan (*feed)* 25 dan 40$^{o}$C. Pada kalsinasi yang lebih tinggi akan mengurangi jumlah air dan pelarut yang terperangkap pada pori membran sehingga ikatan yang terbentuk akan lebih rapat dan kuat. Pada penelitian ini digunakan metode sol-gel yang terdiri dari 2 (dua) reaksi yaitu hidrolisis dan kondensasi. Percampuran antara percursor silika (TEOS) dengan air dari refluks katalis asam akan membentuk gugus *silanol,* reaksi ini dinamakan reaksi hidrolisis. Kemudian pada reaksi dilanjutkan dengan reaksi kondensasi yang berasal dari hasil reaksi hidrolisis (Si-OH) yang bereaksi dengan TEOS dengan bantuan katalis dasar (amonia) mengakibatkan kondensasi alkohol yang menghassilkan *siloxane* atau *siloxane bridges* (Elma *et al.* 2018c). *Siloxane* yang tinggi dalam matriks silika dapat meninngkatkan *hydro-stability*. Selain itu pada penilitian ini juga digunakan pektin sebagai *carbon templated* yang akan membentuk ikatan Si-C yang lebih stabil dibandingkan Si-OH. Sehingga ikatan Si-OH dapat dikurangi dan digantikan dengan Si-C yang juga berperan dalam meningkatkan *hydro-stability* (Elma *et al.* 2015a). *Hydro-stability* membran dapat dilihat melalui performansi membran (Gambar 4).

Gambar 4 menunjukkan nilai fluk air dan rejeksi garam dengan variasi suhu umpan 25 dan 40$^{0}$C. Dari hasil yang diperoleh, menunjukkan nilai fluks yang lebih tinggi pada suhu umpan 40$^{o}$C 2.3 kg.m$^{-2}$.h$^{-1}$ sedangkan suhu air umpan 25$^{o}$C fluks air yang diperoleh 2.1 kg.m$^{-2}$.h$^{-1}$ dengan rejeksi garam 100% dan 99% pada masing-masing. Hal ini terjadi karena *driving force* oleh kenaikan suhu feed menyebabkan peningkatan proses pervaporasi sehingga uap (*vapor)* yang dihasilkan lebih banyak dan efek polarisasi garam juga cenderung membatasi untuk menghasilkan permeasi air yang lebih banyak karena konsentrasi garam akan menempel pada permukaan membran (Elma *et al.* 2013). Akan tetapi perolehan presentase rejeksi garam yang dihasilkan pada suhu 25$^{o}$C menunjukan 100%, sedangkan pada suhu umpan 40$^{o}$C rejeksi garam turun menjadi 99%. Hal ini menjelaskan bahwa peningkatan suhu *feed* dapat mempengaruhi kekuatan pori atau bahkan dapat menyebabkan pori yang robek karena suhu terlalu tinggi maka molekul air yang mendapatkan energi panas untuk menerobos permukaan pori membran (Elma *et al.* 2015a).




Gambar 4. Grafik fluks air dan rejeksi garam membran silika pektin

Dari macam-macam membran (Tabel 1), hasil tertinggi ditunjukkan oleh membran *interlayer-free* silika-pektin yaitu 2.1 kg.m$^{-2}$.h$^{-1}$ dan 2.3 kg.m$^{-2}$.h$^{-1}$ dengan variasi suhu umpan 25$^{o}$C dan 40$^{o}$C secara berurutan. Membran silika yang disisipkan C-20 memiliki hasil fluks air lebih rendah karena memiliki ukuran *microporosity* serta efek polarisasi garam juga cenderung membatasi untuk menghasilkan permeasi air yang lebih banyak karena konsentrasi garam akan menempel pada permukaan membran (Elma *et al.* 2013). Semakin besar konsentrasi umpan, semakin rendah fluks air serta rejeksi garam. Ini disebabkan oleh molekul garam dalam larutan umpan yang lebih tinggi. Molekul-molekul tersebut menyumbat pori-pori membran dan membuat aliran molekul air menjadi jauh lebih lambat. Dengan metode CTP (*Conventional Thermal Process*) menghasilkan nilai fluks air yang lebih

© Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat, Universitas Lambung Mangkurat

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

tinggi dari RTP (*Rapid Thermal Process*). Hal ini dikarenakan pada proses RTP kalsinasi dilakukan langsung pada suhu tinggi, ini menyebabkan proses kalsinasi tidak sempurna (Liu *et al.* 2017). Namun, membran silika dengan metode RTP masih bisadikatakan memiliki kinerja yang baik dengan nilai rejeksi garam yang tinggi sehingga masih bagus untuk digunakan (Elma *et al.* 2018c).

Tabel 1. Perbandingan hasil penelitian

| Jenis membran | Metode kalsinasi | Suhu umpan (°C) | Konsentrasi umpan (%) | Fluks air ($kg.m^{-2}.h^{-1}$) | Rejeksi garam (%) | Referensi |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Inter-layer-free silika-pektin T300°C | RTP (air) | 25 | 3.5 | 2.1 | >99 | **Penelitian ini** |
| Interlayer-free silika-pektin T300°C | RTP (air) | 40 | 3.5 | 2.3 | >99 | **Penelitian ini** |
| Membran silika | RTP (vacuum) | 25 | 3.5 | 1.7 | 99.5 | Elma *et al*. (2018c) |
| Membran silika P123 | RTP (vacuum) | 26 | Air asin | 1.25 | 96.22 | Elma *et al*. (2018a) |
| Carbonized template silica C-20 | CTP (vacuum) | 26 | 3.5 | 0.6 | >90 | Elma *et al*. (2015b) |

## 4. SIMPULAN

Membran *interlayer-free* silika-pektin dengan kalsinasi menggunakan teknik RTP berhasil difabrikasi dan diaplikasikan pada air laut artifisial (NaCl 3.5 wt%) pada suhu air umpan 25°C dan 40°C. Aplikasi teknik RTP dapat mempersingkat waktu dan menghemat biaya pada fabrikasi membran dengan menghasilkan lapisan *thin film* yang lebih tebal dan ukurah pori-pori yang mesopori. Membran *interlayer-free* silika-pektin menunjukan kinerja yang baik dengan suhu air umpan 25°C dan 40°C yaitu 2.1 $kg.m^{-2}.h^{-1}$ dan 2.3 $kg.m^{-2}.h^{-1}$ dan rejeksi garam menunjukan 100% dan 99% secara berturut-turut.

## 5. UCAPAN TERIMA KASIH

Kami mengucapkan terimakasih 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

Elma M. 2016. *Proses Pemisahan Menggunakan Teknologi Membran*. Lambung Mangkurat University Press, Banjarmasin.

Elma M, Assyaifi ZL, Hairullah 2017. Pembuatan silica thin film sebagai pelapis membran dari prekursor teos (tetra ethyl ortosilicate). *Quantum, Jurnal Inovasi Pendidikan Sains* 8(2): 78-82.

Elma M, Fitriani, Rakhman A, Hidayati. R. 2018a. Silica P123 Membranes for desalination of wetland saline water in South Kalimantan. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 175. 012007. 1755-1315.

Elma M, Hairullah, Assyaifi ZL. 2018b. Desalination process via pervaporation of wetland saline water. *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science*. 175. 1-6.

Elma M, Riskawati N, Marhamah. 2018c. Silica membranes for wetland saline water desalination: performance and long term stability. *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science*. 175. 1-7.

Elma M, Wang DK, Yacou C, Motuzas J, Costa JCD. 2015a. High Performance interlayer-free mesoporous cobalt oxide silica membranes for desalination applications. *Desalination*. 365. 308–315.

Elma M, Wang DK, Yacou C, Costa JCD. 2015b. Interlayer-Free P123 Carbonised template silica membranes for desalination with reduced salt concentration polarisation. *Journal of Membrane Science* 475. 376-383.

Elma M, Yacou C, Costa JCD, Wang DK. 2013. Performance and long term stability of mesoporous silica membranes for desalination. *Journal Membranes*. 3:136-150.

Gryta M. 2010. Desalination of thermally softened water by membrane distillation process. *Desalination* 257: 30–35

Hastuti B. 2016. Pektin dan modifikasinya untuk meningkatkan karakteristik sebagai adsorben. *SNKPK VIII* 157-169.

Isdayanti M, Rasidi MI, Elma M. 2016. Pektin dari kulit pisang kepok (Musa Paradisiaca Linn) sebagai edible film and coating. *Seminar Nasional Industri Kimia dan Sumber Daya Alam*. 93-98.

Liang B, Li Q, Cao B, Li P. 2018. Water permeance, permeability and desalination properties of the sulfonic acid functionalized composite

© Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat, Universitas Lambung Mangkurat

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

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

Nugroho, A. 2004. Uraian umum tentang teknologi desalinasi. *Jumal Pengembangan Energi Nuklir* 6 (3&4): 65-75.

Pinem JA, Adha MH. 2008. Kinerja membran reverse osmosis terhadap rejeksi kandungan garam air payau sintetis: Pengaruh variasi tekanan umpan. *Seminar Nasional Teknik Kimia Oleo & Petrokimia Indonesia* 7.

Robiatun 2003. Membran reverse osmosa dalam desalinasi air laut. *Bulletin Penelitian* 25(3).

Subagyo P, Achmad Z. 2010. Pemungutan pektin dari kulit dan amapas apel secara ekstraksi. 10(02): 47-51.

---