

APLIKASI MEMBRAN SILIKA-PEKTIN UNTUK DESALINASI AIR PAYAU

Muthia Elma^{1,3*}, Mahmud², Akhbar^{2,3}, Lilis Suryani^{2,3}, Fitri Ria Mustalifah^{2,3}, Aulia Rahma^{1,3*}, Dhiyaur Rahmah^{1,3}, Nur Baiy^{1,3}

¹Program Studi Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Lambung Mangkurat KM. A. Yani KM 36 Banjarbaru 70714, Kalimantan Selatan

²Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik, Universitas Lambung Mangkurat Jl. A. Yani KM 36 Banjarbaru 70714, Kalimantan Selatan

³Materials and Membranes Research Group (M²ReG), Fakultas Teknik, Universitas Lambung Mangkurat Jl. A. Yani KM 36 Banjarbaru 70714, Kalimantan Selatan

*email corresponding author: melma@ulm.ac.id

ABSTRAK

Di Indonesia khususnya Kalimantan Selatan, sumber air yang digunakan kebanyakan adalah air sungai. Namun saat kemarau seperti bulan juli-agustus, air sungai banyak yang telah terkontaminasi air laut yang menyebabkan air menjadi asin akibat intrusi air laut. Salah satu teknologi yang dapat digunakan untuk memisahkan garam terlarut yang ada adalah dengan menggunakan teknologi membran dengan proses desalinasi. Membran yang digunakan adalah membran silika. Namun silika memiliki hidrostabilitas yang rendah sehingga perlu disisipkan dengan karbon yang terbuat dari pektin limbah kulit pisang agar memperkuat struktur pori maupun hidrostabilitas membran itu sendiri agar menambah kekuatan membran untuk menyaring kandungan garam yang ada pada air rawa asin. Tujuan dari penelitian ini adalah mengetahui kinerja dari membran silika-pektin pisang dengan proses sintesis membran 4 layer (Konsentrasi pektin 0,1% dengan suhu kalsinasi 300 °C dan 400 °C dengan teknik RTP (Rapid Thermal Processing) menggunakan metode pervaporasi (PV) serta air laut artifisial sebagai air umpan (NaCl 0,3 wt%) dengan suhu ruang (25 °C). Diperoleh hasil penelitian konsentrasi pektin 0,1 % dengan suhu kalsinasi 300 °C dan 400 °C adalah berturut-turut 5,45 dan 13,70 Kg^m-²h⁻¹. Sementara itu, nilai rejeksi kedua membran ini berturut-turut 91,94 % dan 92,08. Jadi, kinerja kedua membran silika pektin tersebut yang paling baik adalah pada suhu kalsinasi 400°C untuk desalinasi air asin.

Kata kunci : Air asin, desalinasi, membran silika-pektin, pervaporasi.

ABSTRACT

In Indonesia, especially South Kalimantan, the source of water used is mostly river water. But during the dry season like July-August, many river water has contaminated sea water which causes the water to become salty due to sea water intrusion. One technology that can be used to separate existing dissolved salts is to use membrane technology with the desalination process. The membrane used is the silica membrane. However, silica has low hydrostability so it needs to be inserted with carbon made from pectin from banana peel waste in order to strengthen the pore structure and membrane hydrostability itself in order to increase the strength of the membrane to filter out the salt content in salt marsh water. The purpose of this study was to determine the performance of the banana silica-pectin membrane with a 4 layer

membrane synthesis process (pectin concentration of 0.1% with calcination temperature of 300 °C and 400 °C with RTP (Rapid Thermal Processing) technique using pervaporation (PV) method and water artificial sea as feed water (NaCl 0.3 wt%) with room temperature (25 °C). The results of the study were 0.1% pectin concentration with calcination temperature of 300 °C and 400 °C were respectively 5.45 and 13.70 Kgm⁻²h⁻¹. Meanwhile, the rejection values of the two membranes were 91.94% and 92.08, respectively, so the best performance of the two pectin silica membranes was at calcination temperature of 400°C for saltwater desalination.

Keywords: Desalination, pervaporation, salt water, silica-pectin membrane.

1. PENDAHULUAN

Air merupakan kebutuhan paling dasar bagi kehidupan manusia. Namun tidak semua daerah yang ada di Indonesia memiliki sumber air yang baik. Di Indonesia, khususnya Kalimantan Selatan, sumber air yang digunakan selain air sungai adalah air rawa yang dipengaruhi oleh intrusi air laut yang artinya masuknya air laut ke rawa (Zahratunnisa *et al.* 2016). Semakin jauh intrusi air laut itu disebabkan oleh pasang surut air laut yang tinggi sehingga menyebabkan air terasa asin karena kadar garam yang tinggi (Fahmi, 2016). Sehingga timbul masalah untuk pemenuhan ketersediaan kebutuhan air bersih di Kalimantan Selatan (UNICEF 2012).

Air tawar yang tercampur dengan air laut disebut air payau. Air payau dapat diolah menjadi air bersih menggunakan metode desalinasi menggunakan teknologi membran (Pinem dan Adha 2008). Desalinasi merupakan proses pemisahan garam terlarut yang fungsinya mengurangi kandungan garam didalam air (Said 2010).

Teknologi membran sangat efektif dalam pengolahan untuk air dengan konsentrasi garam yang tinggi menggunakan proses desalinasi yaitu pervaporasi dengan energi yang relatif rendah (Qian, Li, Wang, dan Ji 2018). Apabila dibandingkan dengan pengolahan yang konvensional dalam pengolahan air, teknologi membran menggunakan desain serta konstruksi untuk system dalam skala kecil, tidak perlu dalam keadaan ekstrim dan peralatan modular untuk memudahkan *scale up* (Pinem dan Adha 2008). Biasanya membran silika lebih sering digunakan untuk proses desalinasi (Elma, Yacou, dan Costa 2015) dengan kelebihan tahan terhadap suhu tinggi (Klein dan Gallagher 1988). Namun silika juga memiliki kekurangan hidrostabilitas yang rendah yang akan mempengaruhi hasil akhir dari proses desalinasi (Elma, Yacou, Wang, dan Costa 2012) sehingga perlu disisipkan dengan karbon agar memperkuat struktur pori maupun hidrostabilitas membran itu sendiri agar menambah kekuatan membran untuk menyaring kandungan garam yang ada pada air rawa asin (Duke, Costa, Do, Gray, dan Lu 2006).

Dalam beberapa tahun terakhir telah dikembangkan material karbon dari bahan alami yaitu pectin sebagai pengganti material sintetik (Titirici *et al.* 2015). Pectin yang digunakan untuk material karbon sangat mudah didapatkan dari sayur maupun buah (Isdayanti *et al.* 2016). Seperti terdapat pada kulit jeruk lemon (Fitriani 2003), ampas apel (Min, Lim, Lee, Lee, dan Lee 2011), kulit mangga (Prasetyowati, Sari, dan Pesantri 2009), dan bahkan kulit pisang

(Hanum dan Martha 2012) dan (M. Tarigan, 2012). Menurut Sperber, Schols, Cohen Stuart, Norde, dan Voragen, tahun 2009, pektin juga dapat menjadi bahan pembuatan *thin film* agar meningkatkan stabilitas membran silika. Sehingga penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh konsentrasi pektin terhadap kinerja membran untuk menghilangkan kadar garam pada air rawa asin.

2. METODE PENELITIAN

2.1 Tempat, Alat dan Bahan

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Teknologi Proses, Program Studi Teknik Kimia, Universitas Lambung Mangkurat. Penelitian ini terdiri dari beberapa tahap yaitu pembuatan membran silika-pektin pisang dan diaplikasikan menggunakan NaCl 0.3 wt% dengan proses pervaporasi.

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah gelas ukur, gelas beker, gelas arloji, labu ukur, erlenmeyer, statif dan klem, neraca analitik, pipet tetes, pipet volume, propipet, mikropipet, oven, *furnace*, *hot plate*, *magnetic stirrer*, thermometer, cawan porselin, botol sentrifuge, petridish, botol schott, sudip, alu & mortar, *vacuum pump*, selang *waterpass*, pH meter (Hanna), dipcoater, *ice crusher*, dan *set up* pervaporasi

Bahan-bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah *tertaethyl orthosilicate* (TEOS), pektin kulit pisang, asam Nitrat (HNO_3 , Merck), etanol 99% (EtOH), nitrogen cair, gliserol, ammonia 25% (NH_3 , Merck), *membrane support macroporous $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ tubular*, *plastic wrap*, akuades dan es batu.

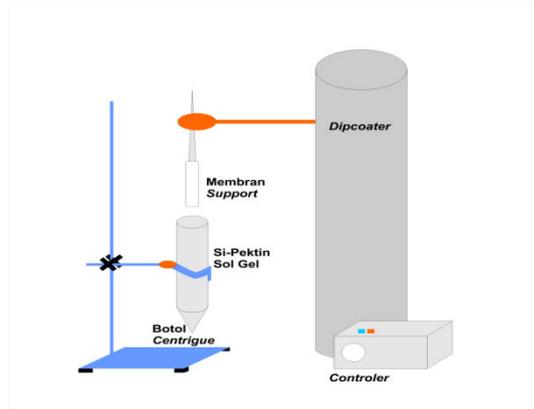
Variable dalam penelitian ini terdiri dari variable tetap yaitu layer coating yang terdiri dari 4 layer dengan suhu ruang 25°C serta suhu kalsinasi selama 1 jam/layer dengan konsentrasi pektin yang digunakan adalah 0,1% dan variable bebas nya adalah suhu kalsinasi yaitu 300°C dan 400°C .

2.2 Pembuatan Sol Silika-pektin Pisang

Larutan EtOH sebanyak 20 mL dicampurkan dengan larutan TEOS sebanyak 18,66 gram setetes demi setetes pada suhu 0°C di dalam botol scott dan aduk menggunakan *magnetic stirrer* selama 5 menit. Selanjutnya ditambahkan HNO_3 sebanyak 0,00078 N setetes demi setetes sebanyak 8.07 gr dan diaduk selama 5 menit pada suhu 0°C . Selanjutnya larutan direfluks selama 1 jam dengan suhu 50°C . Larutan NH_3 0,0003 N sebanyak 141.13 mL dimasukkan setetes demi setetes kemudian direfluks selama 2 jam pada suhu 50°C . Ukur larutan menggunakan pH meter sebelum pencampuran sol dengan karbon template dari pektin pisang. Pektin pisang dengan konsentrasi 0,1% dilarutkan kedalam gliserol sebanyak 6,3 gram pada suhu 60°C dengan rotasi 600 rpm selama 90 menit. Sol silika dicampur dengan larutan pektin selama 45 menit pada suhu 0°C .

2.3 Dipcoating dan Kalsinasi Membran

Proses *dipcoating* dilakukan pencelupan *membrane support* pada *thin film* (sol silika-pektin) yang dilakukan selama 2 menit perendaman. Selanjutnya, membran di kalsinasi pada suhu 300°C dan 400°C selama 1 jam menggunakan metode RTP (*Rapid Thermal Processing*) dan setelah itu dilakukan didinginkan selama 30 menit. Proses ini diulang selama 4 kali agar didapatkan membran silika-pektin dengan 4 lapisan (4 layer).



Gambar 1 Rangkaian Alat Dipcoating

2.4 Proses Pervaporasi

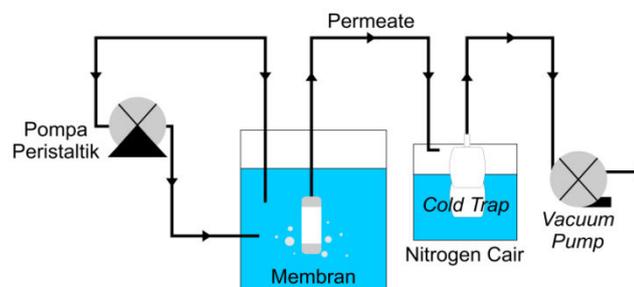
Proses pervaporasi menggunakan umpan air payau artifisial (NaCl 0,3%). Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode *dead-end* yang mana membran silika-pektin dihubungkan ke pompa vakum dan *cold trap* dengan sisi lain yang ditutup. Proses pervaporasi ini dilakukan selama 20 menit dan dengan 3 kali pengulangan. Kinerja membran silika-pektin ini dilihat dengan menghitung *water flux* dan *salt rejection*. Fluks air (kg/m².h) ditentukan berdasarkan persamaan 1:

$$F = \frac{m}{A \cdot \Delta t} \quad \dots (1)$$

dengan m, massa permeat (kg) yang ada didalam cold trap, A adalah luas permukaan membran (m²) dan Δt adalah waktu pervaporasi(h). Rejeksi garam, R (%) dihitung menggunakan persamaan 2:

$$R = \frac{c_f - c_p}{c_f} \times 100\% \quad \dots (2)$$

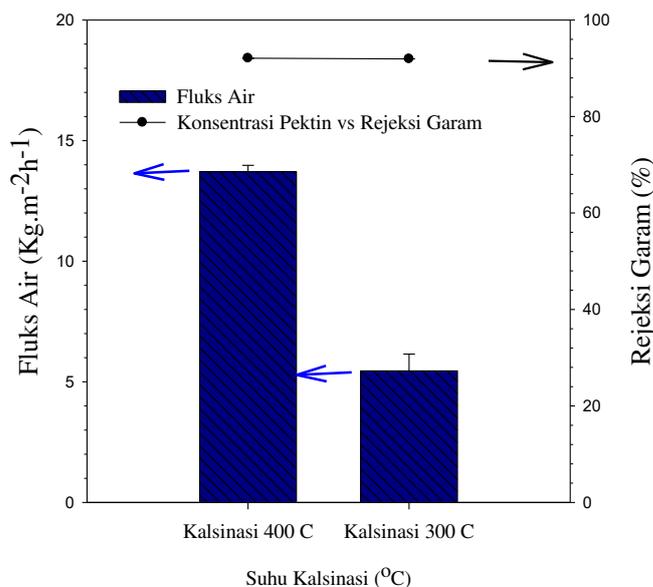
dengan Cf (feed) dan Cp (permeat) merupakan konsentrasi kontaminan. Analisis data dilakukan melalui uji kualitas air meliputi nilai fluks, parameter TDS and konduktivitas air.



Gambar 2 Rangkaian Alat Pervaporasi

3. PEMBAHASAN

Performansi desalinasi dengan metode pervaporasi ini menggunakan air payau artifisial menggunakan air umpan NaCl (0,3 wt%) untuk mengetahui kinerja dari membran silika-pektin kulit pisang. Berikut adalah grafik *water flux* dan *salt rejection* terhadap konsentrasi pektin pada umpan air rawa asin (NaCl 0,3 wt%). Performansi yang dihasilkan pada membran *interlayer-free* silika-pektin terhadap konsentrasi pektin yaitu 0,1 % dengan perbedaan suhu kalsinasi 300°C dan 400°C.



Gambar 3. Performansi membran silika-pektin pisang konsentrasi 0,1% kalsinasi 300°C dan 400°C pada air payau artifisial di suhu ruang (~25°C).

Diperoleh hasil penelitian konsentrasi pektin 0,1 % dengan suhu kalsinasi 300°C dan 400°C adalah berturut-turut 5,45 dan 13,70 Kg.m⁻².h⁻¹. Sementara itu, nilai rejeksi kedua membran ini berturut-turut 91,94 % dan 92,08, dimana lebih besar nilai rejeksi garam dengan konsentrasi 0,1% dengan suhu kalsinasi 400 °C walaupun perbedaannya tidak signifikan. Jadi, kinerja kedua membran silika pektin tersebut yang paling baik adalah pada suhu kalsinasi 400°C. Untuk nilai fluks kecil yang telah dihasilkan tentunya akan berpotensi mengalami *pore blocking* (Elma *et al*, 2015b). Nilai fluks yang rendah terjadi karena adanya polarisasi konsentrasi yang selaras dengan nilai rejeksi garam yang ditahan dengan konsentrasi tinggi. Dengan demikian dapat membuktikan bahwa adanya penambahan konsentrasi pektin pada membran dapat mempengaruhi hasil akhir yang sifatnya sangat bermanfaat terhadap hasil nilai fluks serta rejeksi garam yang diterapkan pada air laut artifisial sebagai air umpan (NaCl 0,3 wt%).

Membran yang ditambahkan pectin, matriksnya menjadi kuat dikarenakan adanya ikatan silika-karbon. (Elma *et al*, 2019). Pada penelitian sebelumnya pun (Elma, Fitriani, Rakhman, dan Hidayati 2018); Elma *et al*. (2015b) menghasilkan hal yang sama, pada saat ditambahkan *copolymer* P123 yang digunakan sebagai *carbon template* dapat menambah kekuatan matriks dan juga kinerja dari membran itu sendiri. Kemudian, dengan menggunakan metode RTP

(*Rapid Thermal Process*) penelitian ini memiliki kinerja yang bagus karena menghasilkan nilai *salt rejection* yang tinggi sehingga bagus untuk digunakan. Dimana metode ini dilakukan dengan suhu kalsinasi pada suhu tinggi sehingga menghasilkan membran yang dikalsinasi lebih tebal.

4. KESIMPULAN

Membran silika-pektin dengan konsentrasi 0,1% yang dikalsinasi dengan suhu 300°C dan 400°C menggunakan teknik RTP (*Rapid Thermal Process*) dimana teknik RTP ini memiliki kelebihan waktu yang singkat dan hemat biaya serta mampu menghasilkan membran dengan ukuran mesopori dan *thin film* yang lebih tebal berhasil difabrikasi dan diaplikasikan pada air laut artifisial (0,3 wt%) pada proses desalinasi. Kinerja membran silika dengan konsentrasi pektin 0,1 % suhu kalsinasi 300°C dan 400°C memiliki kemampuan yang baik dalam aplikasi desalinasi air laut artifisial adalah berturut-turut 5,45 dan 13,70 Kgm⁻²h⁻¹. Sementara itu, nilai rejeksi kedua membran ini berturut-turut 91,94 % dan 92,08, dimana lebih besar nilai rejeksi garam dengan konsentrasi 0,1% dengan suhu kalsinasi 400 °C walaupun perbedaannya tidak signifikan. Jadi, kinerja kedua membran silika pektin tersebut yang paling baik adalah pada suhu kalsinasi 400°C.

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.
- Elma M, Yacou C, Wang DK, Smart S., Costa JCD. d. (2012). Microporous silica based membranes for desalination. *Water* 4(3): 629.
- 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: 308315.
- 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(1), 012007.
- Elma M, Amalia, E.P., Erdina L.A.R., Aulia R. (2019). Application of Interlayer-free Silika-pektin Membrane for Brackish and Wetland Saline Water. *Desalination* 4(2): 268-273.
- 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).

- 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.
- Klein LC, Gallagher D. (1988). Pore structures of sol-gel silica membranes. *Journal of Membrane Science* 39(3): 213-220.
- 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).
- Qian X, Li N, Wang Q, Ji S. (2018). Chitosan/graphene oxide mixed matrix membrane with enhanced water permeability for high-salinity water desalination by pervaporation. *Desalination* 438: 83-96.
- Said, N. I. (2010). *Pengolahan Payau Menjadi Air Minum dengan Teknologi Reverse Osmosis*. Jakarta.
- Tarigan IMKM, F Hanum. (2012). Ekstraksi pektin dari kulit pisang kepok (Musa Paradisiaca). *Jurnal Teknik Kimia USU*.
- UNICEF I. (2012). Water, Sanitation, and Hygiene.
- Pinem JA, Adha MH. (2008). *Kinerja membran reverse osmosis terhadap rejeksi kandungan garam air payau sintesis: Pengaruh variasi tekanan umpan*. Seminar Nasional Teknik Kimia Oleo & Petrokimia Indonesia 7.
- 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.