

APLIKASI DAN EVALUASI MEMBRAN ORGANOSILIKA MELALUI PROSES BACKWASHING PADA PROSES DESALINASI AIR RAWA ASIN: UNTUK MEMBUDAYAKAN AIR MINUM LAYAK KONSUMSI

Muthia Elma,^{1,3*} Rahmi Fauzia,² Fitri Ria Mustalifah,^{1,3} Aulia Rahma,³ Erdina Lulu Atika Rampun,³

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

² Program Studi Psikologi, Fakultas Kedokteran, Universitas Lambung Mangkurat, Jl. A. Yani KM 36, Banjarbaru, Kalimantan Selatan, Indonesia

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

*Corresponding author: melma@ulm.ac.id

Abstrak. Membran organosilika berhasil dikembangkan untuk desalinasi air rawa asin. Namun, masih terdapat batasan pada membran yang dinamakan fouling. Fouling berdampak buruk terhadap kinerja membran organosilika yang menurun akibat kandungan bahan organik alami (BOA) pada air rawa asin. Proses backwash dapat diterapkan untuk mengembalikan fluks air dan rejeksi garam terhadap kinerja membran organosilika. Penelitian ini bertujuan untuk aplikasi dan evaluasi membran organosilika untuk desalinasi air rawa asin dengan proses backwashing. Membran organosilika berasal dari silika dan pektin dari kulit pisang, dan dikalsinasi melalui teknik RTP (*Rapid Thermal Processing*). Material membran organosilika dikarakterisasi dengan *Fourier Transform Infra-Red* (FTIR), sedangkan membran organosilika dianalisis dengan SEM (*Scanning Electron Microscopy*). Kinerja membran organosilika diaplikasikan dan dievaluasi dengan proses pervaporasi pada umpan air rawa asin pada suhu 25°C. Sedangkan proses backwashing dilakukan dengan pompa udara bertekanan 70 psi selama 5 menit. Semua membran organosilika menunjukkan pemulihan fluks air sebesar 16,6 kg.m⁻².jam⁻¹ dan 7,6 6 kg.m⁻².jam⁻¹ untuk penambahan pektin masing-masing pada 0,5% dan 0,1%. Selain itu, semua rejeksi garam masih stabil sebesar 97%. Pencucian balik membran organosilika menghasilkan fluks recovery yang tinggi dan membran tersebut masih baik dalam merejeksi zat organik terlarut dan rejeksi garam meskipun telah diaplikasikan lebih dari 3 bulan.

Kata kunci: air rawa asin, fouling, *backwashing*, membran organosilika, pervaporasi

1. PENDAHULUAN

Secara kuantitatif air rawa berpotensi untuk digunakan sebagai sumber baku air minum di Kalimantan Selatan. Namun, tidak dari segi kualitas karena air rawa memiliki pH rendah (3,7-4,3), berwarna coklat keruh dan mengandung senyawa organik DOC (*Dissolved Organic Carbon*) yang tinggi 36,4 mg/L (Rahma, Mahmud et al. 2018). Disamping itu, saat musim kemarau air rawa menjadi asin akibat pasang maksimum dari air laut pada bulan Juli-November (Rahma, Elma et al. 2019). Teknologi membran dapat diaplikasikan untuk mengolah air rawa asin (Pratiwi, Elma et al. 2019, Rahma, Elma et al. 2019).

Keunggulan teknologi membran yaitu, menawarkan selektivitas tinggi serta rendah biaya operasi. Membran melalui pervaporasi diketahui memiliki *set-up* sederhana dan tekanan lebih kecil (vakum ~1 bar) (Chaudhri, Chaudhari et al. 2018, Yang, Wang et al. 2018) dibandingkan *reverse osmosis* yang lebih dulu familiar. Namun, *fouling* pada membran masih menjadi tantangan tersendiri. *Fouling* disebabkan oleh bahan humus atau organik dalam air rawa asin yang membatasi performa membran (Rahma, Mahmud et al. 2018). Kinerja membran akan menurun dan biaya operasional menjadi meningkat akibat *fouling* pada membran. Berbagai penelitian telah dikembangkan untuk mengurangi *fouling* pada membran yaitu, proses *pretreatment* pada air umpan, *backwash* hidrodinamik *cross flow* dengan kecepatan yang besar dan pencucian dengan bahan kimia (Mahmud, Abdi et al. 2016). Fouling dapat dikontrol dengan membersihkan secara periodik, *back-flushing* (Hwang, Chan et al. 2008), ataupun aerasi gelembung (Schoeberl, Brik et al. 2005). Semuanya efektif namun memerlukan banyak konsumsi berupa bahan kimia maupun energi.

Backwashing atau pencucian balik merupakan metode sederhana untuk mengurangi terjadinya *fouling* (Mahmud, Abdi et al. 2016). Penelitian sebelumnya telah berhasil mengembalikan *water flux* membran ultrafiltrasi untuk desalinasi air laut dengan *backwashing* menggunakan *deionized water*. Selain lebih ekonomis, proses *backwashing* cukup menjanjikan untuk diaplikasikan pada membran organosilika. Secara mekanik membran organosilika lebih kuat dibandingkan membran berbahan organik (Pratiwi, Elma et al. 2019), sehingga memiliki *life time* yang lebih lama meskipun dilakukan proses *backwashing*. Pada penelitian ini dilakukan proses *backwashing* untuk memulihkan *water flux* dari performa membran organosilika pada desalinasi air rawa asin.

2. METODE

2.1 Sintesis dan Karakterisasi Xerogel Organosilika

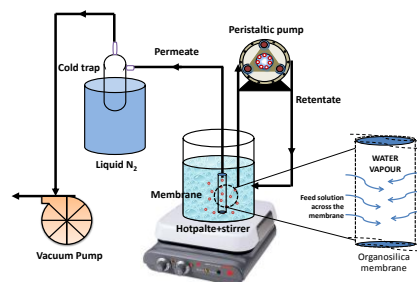
Pembuatan sol organosilika dilakukan menggunakan metode sol-gel. Prosedur pembuatan sol organosilika dijabarkan secara detail pada penelitian sebelumnya (Elma, Lestari et al. 2019) dan dimodifikasi dengan material yang dapat dibuat dari berbagai jenis prekursor seperti, *triethoxy vinyl silane* (TEVS), *methyltriethoxysilane* (MTES), *pluronic P123 triblock copolymer*, pektin, asam sitrat dan lainnya yang selanjutnya dikeringkan menggunakan oven selama 24 jam pada suhu 60°C. Sol organosilika yang telah kering atau yang disebut *xerogel* kemudian digerus dan dikalsinasi dengan teknik RTP (*Rapid Thermal Processing*). Hasil xerogel yang telah dikalsinasi dikarakterisasi melalui uji *Fourier Transform Infra-Red* (FTIR) dan *Nitrogen physisorption* untuk mengetahui luas permukaan masing-masing partikel, *pore volume* dengan metode (*Brunauer, Emmett and Teller*) BET.

2.1 Pembuatan Membran Organosilika

Membran organosilika dibuat dengan cara mencelupkan membran $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ *tubular support* kedalam sol organosilika menggunakan alat *dipcoater* dengan laju pencelupan dan penarikan masing-masing yaitu 10 dan 5 cm per menit selama 2 menit perendaman. Membran dikalsinasi selama 1 jam dengan teknik RTP menggunakan furnace pada kondisi udara. Setelah dikalsinasi, didinginkan selama 30 menit. Proses ini diulangi sampai 4 kali sehingga didapatkan 4 layer. Membran dikarakterisasi menggunakan analisa *Scanning Electron Microscope* (SEM).

2.2 Performa Membran Organosilika untuk Desalinasi Air Rawa Asin

Pervaporasi dilakukan dengan alat seperti pada Gambar 2.1 menggunakan *feed*/air umpan yaitu air rawa asin pada temperatur ruang. Performansi ditentukan dengan menghitung *flux* dan *salt rejection*. Persamaan flux $F=m/(A\Delta t)$, dimana m adalah massa *permeate* (kg) yang terperangkap di dalam *cold trap*, A adalah luas permukaan aktif (m^2) dan Δt adalah waktu pervaporasi. Sedangkan *salt rejection* ditentukan dengan persamaan $R=(C_f-C_p)/C_f \times 100\%$, dimana C_f dan C_p merupakan konsentrasi garam pada umpan dan *permeate* (%berat). Permeat dikarakterisasi dengan parameter *conductivity* untuk mengukur salinitas, dan DOC serta UV_{254} diukur untuk mengetahui kandungan bahan organiknya

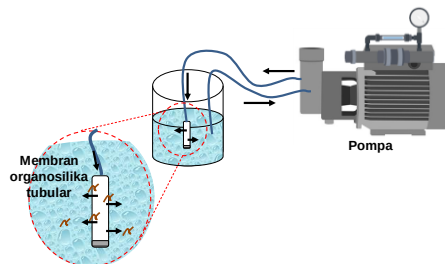


Gambar 2.1 Rangkaian alat proses pervaporasi

2.3 Backwashing Membran Organosilika

Evaluasi performa membran organosilika untuk desalinasi air rawa asin dianalisis melalui performa jangka panjang. Performa membran organosilika berdasarkan nilai fluks dan rejeksi akan dievaluasi dan dilakukan *backwashing* untuk mengurangi *fouling* pada permukaan membran. Pengujian *fouling* membran organosilika dilakukan setelah waktu pervaporasi berlangsung selama 5 jam. Pada saat waktu pervaporasi telah mencapai 5 jam, maka membran dilakukan *backwashing*. Ilustrasi proses *backwashing* membran organosilika dengan sistem *dead-end* ditunjukkan pada Gambar 2.2. Akuades akan dilewatkan pada membran organosilika dengan diberikan

tekanan menggunakan pompa selama 5 menit. Selanjutnya membran organosilika akan diuji kembali performanya menggunakan air rawa asin.



Gambar 2. 2 Ilustrasi proses *backwashing* membran organosilika sistem *dead-end*

3 HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Karakteristik Air Rawa Asin

Air rawa asin yang dijadikan sebagai air umpan untuk proses *backwashing* membran diperoleh di Desa Muara Halayung Kecamatan Gambut Kabupaten Banjar seperti terlihat pada Gambar 3.1 dibawah ini.



Gambar 3. 1 Lokasi Pengambilan Sampel Air Rawa Asin

Secara fisik, Air rawa asin terlihat pada Gambar 3.1 memiliki warna kecoklatan. Hal ini disebabkan karena air rawa asin terdapat kandungan bahan organik yang menjadikan air tampak kecoklatan (Agmalini, Lingga et al. 2013). Air rawa asin di karakterisasi lebih lanjut dengan mengukur nilai pH, TDS, konduktivitas atau DHL, DOC serta pengujian UV. Adapun hasil dari karakterisasi awal pada air rawa asin seperti pada Tabel 3.1 berikut ini.

Tabel 3. 1 Karakteristik Awal Air Rawa Asin

No.	Parameter	Satuan	Nilai	Standar Baku mutu (Kadar Maksimum)	Referensi
1	pH	-	6,67	6– 8,5	
2	Konduktivitas	mS/cm	9,35	-	SNI 01-3553 Tahun 2006
3	Zat padat terlarut (<i>Total Dissolved Solid</i>)	mg/L	5400	-	
4	DOC	mg/L	16,52	-	
5	UV ₂₅₄	1/cm	0,315	-	

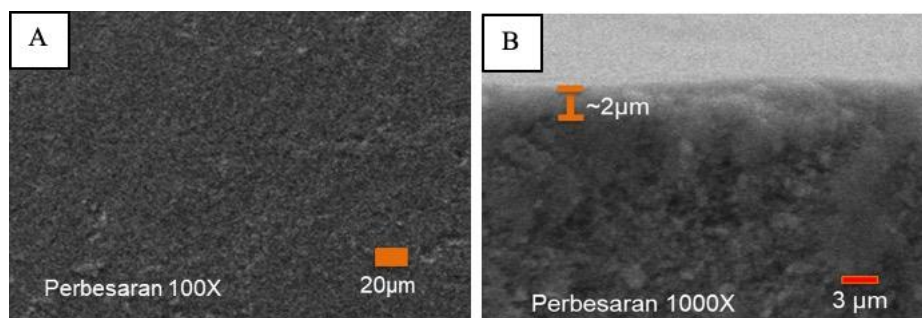
Berdasarkan SNI 01-3553 Tahun 2006 mengenai syarat mutu air minum menyatakan pH bahwa air minum haruslah dalam rentang 6-8,5. Air rawa asin memiliki pH sebesar 6,67 menunjukkan bahwa pH air rawa asin tergolong netral. Salinitas merupakan kandungan garam terlarut pada air (Sari and Huljana 2019)Tingkat salinitas air dapat diketahui dengan pengukuran konduktivitas pada air rawa asin. Nilai konduktivitas air rawa asin sebesar 9,35 mS/cm menunjukkan bahwa air rawa asin saat pengambilan sampel tergolong payau.

Air rawa asin memiliki zat padatan terlarut/TDS yang cukup tinggi yaitu 5400 mg/L. TDS pada air rawa asin mengidentifikasi keberadaan zat organik maupun anorganik berupa ion, senyawa, koloid di air (Ruseffandi and Gusman 2020). Selain itu air rawa asin telah dilakukan pengukuran zat organik terlarut/DOC dengan hasil sebesar 16,52. Air rawa asin juga diuji UV₂₅₄ menggunakan spektrofotometer untuk mengetahui kandungan bahan organik yang ada pada air rawa asin. Adapun nilai dari UV air rawa asin sebesar 0,315 menunjukkan bahwa air rawa asin mengandung senyawa hidrofobik yang kecil.

3.2 Karakterisasi Membran Organosilika

3.2.1 Morfologi Membran Organosilika

Membran organosilika sebelum dilakukan proses pervaporasi dikarakterisasi dengan pengujian morfologi membran menggunakan *Scanning Electron Microscopy* (SEM). Adapun membran di analisa dari tampak surface area dan *cross section* yang terlihat pada Gambar 3.2 dibawah ini.

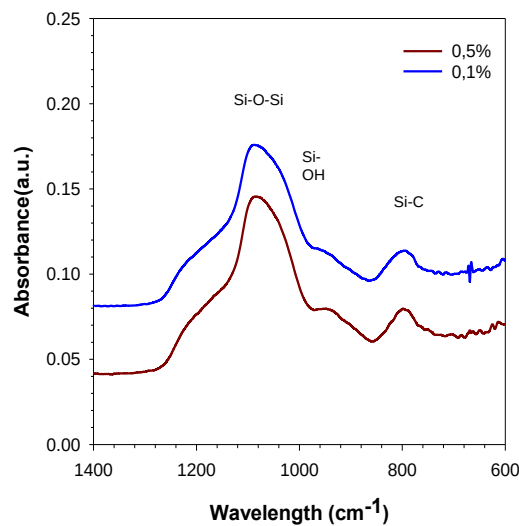


Gambar 3.2 (A) tampak permukaan dengan perbesaran 100X dan (B) tampak penampang melintang dengan perbesaran 1000X

Membran organosilika terlihat tidak ditemukannya keretakan pada permukaan membran dan membran terlihat tidak rata yang ditunjukkan pada gambar A. hal ini disebabkan karena adanya proses kalsinasi pada membran menggunakan Teknik RTP (*Rapid Thermal Processing*). Kenaikan suhu seketika pada Teknik RTP saat proses kalsinasi berlangsung menjadikan membran memiliki permukaan yang tidak rata. Selain itu membran pada permukaan *cross section* terlihat bahwa membran organosilika memiliki ketebalan layer ~2µm terlihat pada Gambar B. hal ini terjadi karena adanya kalsinasi membran. Teknik kalsinasi pada membran mempengaruhi ketebalan membran (Rahma, Elma et al. 2019).

3. 2.2 Analisis Xerogel Membran Organosilika

Xerogel membrane organosilika dengan penambahan pektin dari kulit pisang dianalisis menggunakan uji FTIR. Uji FTIR pada membran digunakan untuk mengetahui gugus fungsional membran. Adapun hasil pengujian dapat terlihat pada gambar berikut ini.

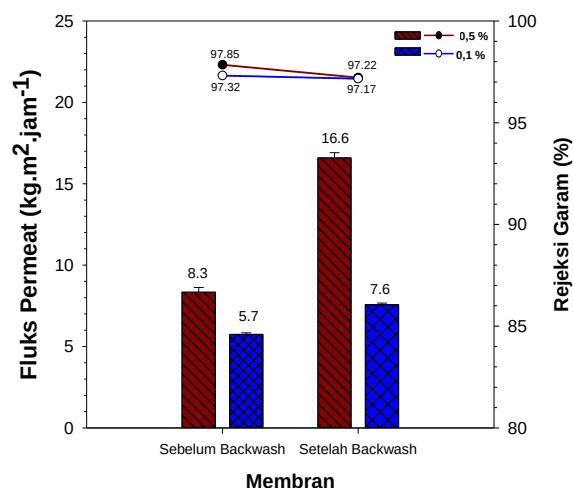


Gambar 3. 2 FTIR Spektra Membran Organosilika

Membran organosilika dengan konsentrasi pektin 0,5 % suhu kalsinasi 300°C dan konsentrasi pektin 0,1% suhu kalsinasi 400°C yang terlihat pada Gambar 3.3 diatas. Puncak fungsional gugus fungsi Si-O-Si (*siloksane*) pada membran organosilika dengan konsentrasi pektin 0,5% berada pada panjang gelombang 1081/cm. Sedangkan pada membran organosilika dengan konsentrasi pektin 0,1% berada pada panjang gelombang 1086/cm. pada Panjang gelombang 985 dan 975/cm terdapat gugus fungsional Si-OH (*silanol*). Adapun pada Panjang gelombang 796/cm dan 800/cm terdapat puncak peak silika-karbon dari pektin dengan suhu kalsinasi 300°C dan 400°C secara berurutan.

3.3 Kinerja Membran Organosilika Setelah Proses Backwashing

Kinerja membran organosilika setelah adanya proses backwashing pada membran dapat terlihat pada gambar dibawah ini.



Gambar 3.4 Perbandingan Kinerja Membran Organosilika pada *Backwashing* Membran

Umumnya proses *backwashing* membran dilakukan karena terjadinya fouling membran akibat adanya partikel yang menempel pada permukaan membran. Tipe fouling membran yang *irreversible* dapat dihilangkan dengan pencucian secara fisika (Jayanti and Widiasta 2016). Oleh karena itu pada penelitian ini dilakukan proses *backwashing* membran organosilika dengan prosesan *backwash* secara fisika.

Pada Gambar 3.4 diatas menunjukkan perbandingan kinerja membran organosilika sebelum dan sesudah adanya *backwashing* membran. Proses pervaporasi dilakukan di suhu ruangan menggunakan air umpan air rawa

asin. Adapun hasil dari pervaporasi setelah adanya *backwashing* membran organosilika ditampilkan pada Gambar 3.4 diatas. Hasil kinerja membran setelah adanya proses *backwashing* terlihat bahwa nilai fluks permeat lebih tinggi dibanding sebelum adanya proses *backwashing*. Nilai fluks *recovery* membran organosilika setelah adanya proses *backwashing* pada konsentrasi 0,5% pektin suhu kalsinasi 300°C sebesar 16,6 kg.m⁻².jam⁻¹. Nilai fluks ini lebih besar dua kali dibanding dengan sebelum adanya *backwashing* membran yang hanya menghasilkan nilai fluks sebesar 8,3 kg.m⁻².jam⁻¹. Selain itu pada membran organosilika dengan konsentrasi pektin 0,1% suhu kalsinasi 400°C juga menghasilkan nilai fluks sebesar 7,6 kg.m⁻².jam⁻¹ yaitu lebih tinggi setelah adanya proses *backwashing* membran.

Sementara itu nilai dari rejeksi garam yang dihasilkan oleh membran organosilika konsentrasi pektin masih tinggi sama seperti rejeksi sebelumnya mencapai 97% yaitu pada membran organosilika konsentrasi 0,5% sebesar 97,22% dan membran organosilika konsentrasi pektin 0,1% sebesar 97,17%. Penurunan nilai rejeksi garam pada membran organosilika relatif kecil yang ditunjukkan dengan hanya terjadi penurunan rejeksi garam 0,63% pada membran organosilika konsentrasi pektin 0,5% dan penurunan 0,15% pada membran organosilika konsentrasi pektin 0,1% dari sebelum adanya proses *backwashing*.

4 SIMPULAN

Adapun kesimpulan yang didapat pada penelitian ini adalah proses *backwashing* membran organosilika menggunakan *backwash* fisika mampu mempertahankan nilai fluks tetap seperti awal penggunaan. Selain itu kemampuan membran dalam merejeksi garam pada air umpan air rawa asin juga tetap bagus. Membran organosilika mampu menghasilkan fluks *recovery* sebesar 16,6 kg.m⁻².jam⁻¹ pada membran organosilika dengan konsentrasi pektin 0,5% suhu kalsinasi 300°C dan pada membran organosilika konsentrasi pektin 0,1% suhu kalsinasi 400°C memiliki nilai fluks *recovery* sebesar 7,6 kg.m⁻².jam⁻¹. Kinerja membran organosilika dalam merejeksi garam masih mampu mencapai nilai 97%.

5 UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis mengucapkan terimakasih kepada Universitas Lambung Mangkurat yang telah membiayai Program Dosen Wajib Meneliti melalui dana PNBPN tahun 2020. Penulis juga mengucapkan terimakasih kepada tim Materials and Membranes Research Group (M²ReG) yang telah mendukung serta membantu kelancaran penelitian ini.

6 DAFTAR PUSTAKA

- Agmalini, S., N. N. Lingga and S. Nasir (2013). "Peningkatan kualitas Air Rawa Menggunakan Membran Keramik Berbahan Tanah liat Alam dan Abu terbang batubara." Jurnal Teknik Kimia **19**(2).
- Chaudhri, S. G., J. C. Chaudhari and P. S. Singh (2018). "Fabrication of efficient pervaporation desalination membrane by reinforcement of poly(vinyl alcohol)–silica film on porous polysulfone hollow fiber." Journal of Applied Polymer Science **135**(3): 45718-n/a.
- Elma, M., R. A. Lestari, E. L. A. Rampun, S. Annahdliyah, D. R. Suparsih, N. L. Sari and D. A. Pratomo (2019). "Fabrication of interlayer-free silica-based membranes – effect of low calcination temperature using an organo-catalyst." Membrane Technology **2019**(2): 6-10.
- Hwang, K.-J., C.-S. Chan and F.-F. Chen (2008). "A comparison of hydrodynamic methods for mitigating particle fouling in submerged membrane filtration." Journal of the Chinese Institute of Chemical Engineers **39**(3): 257-264.
- Jayanti, R. D. and I. N. Widiasta (2016). Fouling dan Cleaning Membran Reverse Osmosis Tekanan Rendah untuk Aplikasi Daur Ulang Air Limbah Domestik. Seminar Nasional Teknik Kimia Kejuangan.
- Mahmud, M., C. Abdi and B. Mu'min (2016). "Removal Natural Organic Matter (NOM) in Peat Water from Wetland Area by Coagulation-Ultrafiltration Hybrid Process with Pretreatment Two-Stage Coagulation." Journal of Wetlands Environmental Management **1**(1).
- Pratiwi, A. E., M. Elma, A. Rahma, E. L. A. Rampun and G. S. Saputro (2019). "Deconvolution of pectin carbonised template silica thin-film: synthesis and characterisation." Membrane Technology **2019**(9): 5-8.

- Rahma, A., M. Elma, M. Mahmud, C. Irawan, A. E. Pratiwi and E. L. A. Rampun (2019). "Penyisihan Bahan Organik Alami pada Desalinasi Air Rawa Asin Menggunakan Proses Koagulasi-Pervaporasi." Jurnal Kimia Sains dan Aplikasi **22**(3): 85-92.
- Rahma, A., M. Elma, M. Mahmud, C. Irawan, A. E. Pratiwi and E. L. A. Rampun (2019). "Removal of natural organic matter for wetland saline water desalination by coagulation-pervaporation." Jurnal Kimia Sains dan Aplikasi **22**(3): 85-92.
- Rahma, A., M. Mahmud and C. Abdi (2018). "PENGARUH PRA-PERLAKUAN ADSORPSI KARBON AKTIF TERHADAP FOULING MEMBRAN ULTRAFILTRASI POLISULFON (UF-Psf) PADA PENYISIHAN BAHAN ORGANIK ALAMI (BOA) AIR GAMBUT." Jernih: Jurnal Tugas Akhir Mahasiswa Program Studi Teknik Lingkungan **1**(02).
- Ruseffandi, M. A. and M. Gusman (2020). "Pemetaan Kualitas Airtanah Berdasarkan Parameter Total Dissolved Solid (TDS) dan Daya Hantar Listrik (DHL) dengan Metode Ordinary Kriging Di Kec. Padang Barat, Kota Padang, Provinsi Sumatera Barat." Bina Tambang **5**(1): 153-162.
- Sari, M. and M. Huljana (2019). "Analisis Bau, Warna, TDS, pH, Dan Salinitas Air Sumur Gali Di Tempat Pembuangan Akhir." ALKIMIA: Jurnal Ilmu Kimia Dan Terapan **3**(1): 1-5.
- Schoeberl, P., M. Brik, M. Bertoni, R. Braun and W. Fuchs (2005). "Optimization of operational parameters for a submerged membrane bioreactor treating dyehouse wastewater." Separation and Purification Technology **44**(1): 61-68.
- Yang, H., D. K. Wang, J. Motuzas and J. C. Diniz da Costa (2018). "Hybrid vinyl silane and P123 template sol-gel derived carbon silica membrane for desalination." Journal of Sol-Gel Science and Technology **85**(2): 280-289.