

PENGARUH KOMBINASI PROSES *PRETREATMENT* (KOAGULASI-FLOKULASI) DAN MEMBRAN *REVERSE OSMOSIS* UNTUK PENGOLAHAN AIR PAYAU

Sastra Silvester Ginting¹, Jhon Armedi Pinem², Rozanna Sri Irianty²

¹Mahasiswa Jurusan Teknik Kimia S1, ²Dosen Jurusan Teknik Kimia,

Fakultas Teknik, Universitas Riau

Kampus Binawidya Jl. HR Subrantas Km 12,5 Pekanbaru 28293

sastrasilvesterg@gmail.com

ABSTRACT

In general, Riau coastal communities difficult to get clean water because the water resources in the coastal areas of brackish water is not to be used for everyday life. Therefore, the necessary technology for processing brackish water into clean water. This research aims to determine the performance of the process of coagulation-flocculation and reverse osmosis membrane on processing brackish water into clean water. Reverse osmosis membrane used is a type of spiral wound measuring 0,0001 μm and coagulant used PAC coagulant. In this study, the variable used is the concentration of PAC coagulant and reverse osmosis membrane operating pressure. Experiment result obtained the optimum condition of PAC coagulant concentration is 150 mg/L, which PAC can be designated turbidity up to 88.46% and 91.84% hardness. At a pressure of 8 bar, permeate flux preceded by coagulation-flocculation of 25.81 $\text{L}/\text{m}^2 \cdot \text{jam}$. Rejection coefficient at a pressure of 8 bar brackish water after coagulation-flocculation had 98.72% of TDS; 96.99% of turbidity; 97.62% of organic substances; 96.37% of hardness and 92.4% chloride.

Keywords: *brackish water, coagulation-flocculation, reverse osmosis membranes.*

1. Pendahuluan

Daerah yang berbatasan dengan lautan tersebut merupakan daerah pesisir pantai dimana umumnya banyak terdapat sumber air payau. Hal ini menyebabkan masyarakatnya sulit untuk mendapatkan air bersih dikarenakan sumber daya air atau air payau yang terdapat di daerah pesisir pantai umumnya berkualitas buruk. Sumber air payau yang cukup melimpah ini menjadikan proses desalinasi air payau sebagai solusi alternatif untuk menghasilkan air bersih. Air payau adalah campuran antara air tawar dan air laut (air asin). Salah satu permasalahan pada air payau yang sering terjadi adalah kandungan salinitas dan TDS

(*Total Dissolved Solid*) yang terdapat didalam air tersebut. Salinitas adalah tingkat keasinan atau kadar garam terlarut dalam air. Beberapa jenis garam yang terdapat dalam air adalah klorida (Cl), natrium (Na), sulfat (SO_4), magnesium (Mg), dan kalsium (Ca) [Sutrisno, 2004]. Sedangkan TDS (*Total Dissolved Solid*) adalah jumlah padatan terlarut yang terdapat dalam air. Padatan terlarut tersebut dapat diakibatkan oleh bahan pelarut dari air berupa padat, cair dan gas yaitu berupa mineral, garam, logam serta anion. [Yusuf, 2008].

Air payau sukar diolah menjadi air bersih dikarenakan kandungan garamnya yang cukup tinggi, metode konvensional

yang digunakan selama ini sulit untuk mengolah air payau dikarenakan kandungan garam yang terlalu tinggi bagi metode konvensional tersebut. Teknologi modern desalinasi termal secara destilasi dan evaporasi yang dipakai secara luas dewasa ini memang mampu melakukan desalinasi air payau dengan baik untuk menghasilkan air minum. Akan tetapi, teknologi ini membutuhkan energi yang besar, biaya investasi mahal, struktur peralatan yang kompleks, membutuhkan ruangan yang cukup luas dan biaya perawatan yang mahal menyebabkan teknologi ini kurang kompetitif [Younos dan Tulou, 2005].

Oleh karena itu diperlukan pengolahan agar memenuhi standart lingkungan yaitu dengan menggunakan membran *reverse osmosis*. Pengolahan dengan menggunakan membran *reverse osmosis* merupakan pengolahan proses fisika yang dilakukan dengan memberikan dorongan atau tekanan, menahan semua ion, melepaskan air murni dan membuang air kotor. Membran *reverse osmosis* memiliki ukuran pori persepuluh ribu mikron dan dapat menghilangkan zat organik, bakteri, pirogen, juga koloid yang tertahan oleh struktur pori yang berfungsi sebagai penyaring

2. Metode Penelitian

2.1 Bahan baku

Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah air payau dari daerah pesisir Dumai, PAC sebagai koagulan dan akuades.

2.2 Peralatan yang digunakan

Peralatan lain yang digunakan yaitu membran *reverse osmosis*, *Pressure gauge*, pompa diafragma, motor pengaduk yang dilengkapi dengan batang pengaduk dan paddle, gelas piala 2000 ml, gelas piala 100ml, kertas saring, timbangan analitik, corong, gelas ukur 100 ml, pH meter, TDS meter,

Tachometer, botol sampel 1000 ml, dan stopwatch.

2.3 Prosedur Penelitian

• Pengambila air payau

Bahan baku air payau yang akan difiltrasi dengan membran *reverse osmosis* diambil dari daerah Pesisir Dumai. Air payau diambil dari salah satu sumur warga yang berjarak sekitar 5 km dari pantai. Air yang telah diambil dari sumur tersebut disimpan kedalam botol sampling atau botol kaca untuk kemudian dianalisa.

• Analisa Sampel Air Payau

Air payau yang akan dijadikan sebagai bahan baku penelitian dianalisa terlebih dahulu, adapun parameter yang akan dianalisa yaitu klorida (Cl), kesadahan (CaCO₃), pH, kekeruhan, zat organik (KMnO₄) dan TDS (Total Dissolved Solid) untuk dapat dibandingkan dengan air hasil penyaringan menggunakan membran *reverse osmosis*.

• Proses Pretreatment dengan cara koagulasi-flokulasi

Sebelum proses filtrasi dengan membran *reverse osmosis* dilakukan dahulu proses koagulasi dan flokulasi pada air payau dengan cara menambahkan koagulan PAC [Nusa, 2003] dengan variasi 50 mg/l air payau, 100 mg/l air payau, 150mg/l air payau, 200mg/l air payau, dan 250mg/l air payau. Masing – masing sampel akan dilakukan pengadukan cepat selama 5 menit dengan kecepatan pengadukan 200rpm dan dilanjutkan dengan pengadukan lambat dengan kecepatan pengadukan 60rpm selama 10 menit. Setelah proses koagulasi dan flokulasi selesai larutan kemudian didiamkan selama 30 menit [Windy, 2015]. Sampel air payau yang telah dilakukan proses koagulasi-

flokulasi akan membentuk 2 lapisan, lapisan atas berupa air yang berwarna bening sedangkan lapisan bawah berupa air keruh yang berisi endapan/flok. Kemudian air payau dipisahkan dari endapan /flok menggunakan kertas saring. Sampel yang telah melewati proses koagulasi-flukulasi dianalisa kadar TDS, kekeruhan, zat organik, kesadahan, klorida dan pH nya.

- **Proses Filtrasi Setelah Pretreatment Menggunakan Membran Reverse Osmosis**

Sebelum melakukan proses filtrasi dengan bahan baku air payau, terlebih dahulu dilakukan *start up* pada membran dengan cara forward flushing menggunakan akuades. Tujuannya adalah untuk mempersiapkan membran terhadap kondisi operasi yang akan dijalankan dan untuk mencegah kerusakan membran sebagai akibat adanya *overfeeding* atau *hydraulic shock*. Pada proses *start up* ini dilakukan pengukuran fluks air murni atau akuades dengan cara mengukur waktu yang diperlukan untuk menampung volume permeat sebanyak 50 ml. Pengukuran fluks dilakukan setiap 5 menit selama 60 menit untuk setiap variasi tekanan yaitu 2 bar. Setelah *forward flushing* selama 60 menit, maka proses filtrasi air payau dilakukan.

Bak air umpan diisi dengan air payau hasil terbaik pada proses koagulasi dan flokulasi yang telah dianalisa yaitu kadar salinitas atau klorida (Cl), Kesadahan (CaCO₃), pH, Kekeruhan, zat organik dan TDS (Total Dissolved Solid). Kemudian air payau dilewatkan melalui membran *reverse osmosis* dengan variasi tekanan 2 bar selama 120 menit untuk setiap variasi tekanan. Selama proses filtrasi, setiap lima menit diukur fluks permeat nya untuk masing-masing tekanan [Andika, 2006]. Fluks permeat diukur dengan mengukur waktu yang diperlukan untuk menampung volume permeat sebanyak 50 ml. Tekanan operasi diatur dengan menggunakan valve Air yang

telah ditampung di Gelas ukur (permeat) kemudian dianalisa untuk mengetahui kadar salinitas atau klorida (Cl), Kesadahan (CaCO₃), pH, Kekeruhan, zat organik dan TDS (Total Dissolved Solid).

Setelah proses filtrasi pada variasi tekanan 2 bar selesai maka dilakukan metode *backwash* dengan cara mengalirkan akuades kedalam membran *reverse osmosis* pada proses ini dilakukan pengukuran fluks kembali pada variasi tekanan dan waktu pengukuran fluks yang sama saat proses start up dengan akuades . setelah itu lakukan kembali filtrasi air payau kemudian ukur fluks permeat yang dihasilkan. Pengukuran hanya dilakukan sekali untuk melihat pengaruh *backwash* terhadap fluks permeat. Setelah proses filtrasi dengan variasi tekanan 2 bar selesai maka dilakukan kembali tahap filtrasi dengan variasi tekanan lainnya yaitu 4 bar, 6 bar dan 8 bar dengan prosedur yang sama yang terdiri dari proses start up, filtrasi air payau dan *backwash*.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Analisa Awal Sampel air Payau

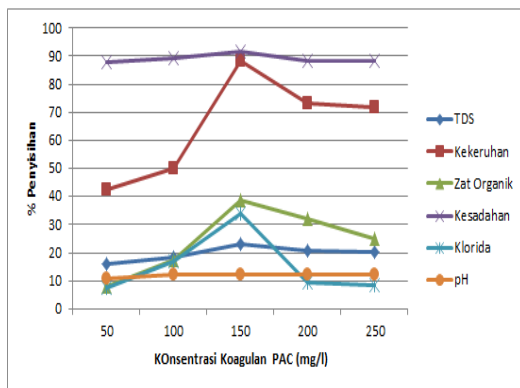
Sampel air payau yang digunakan pada penelitian ini berasal dari sumur di rumah masyarakat yang tinggal di daerah pesisir Dumai. Jarak antara sumber sampel air payau sekitar ± 5 km dari pinggir laut.

Tabel 1 Hasil analisa awal air payau

| No | Parameter | *Baku mutu | Hasil analisa Air Payau |
|----|--------------------|------------|-------------------------|
| 1 | TDS (mg/l) | 500 | 3.120 |
| 2 | Kekeruhan (NTU) | 5 | 1,8 |
| 3 | Zat organik (mg/l) | 10 | 92,4 |
| 4 | Kesadahan (mg/l) | 500 | 552 |
| 5 | Klorida (mg/l) | 250 | 1.527 |
| 6 | pH | 6,5-8,5 | 8,3 |

3.2 Pengaruh Dosis Koagulan PAC terhadap Penyisihan Zat Padat Terlarut (TDS), Kekruhan, Zat organik, Kesadahan, klorida dan pH Air Payau

Air payau yang telah dianalisa kemudian dikoagulasi menggunakan koagulan PAC dengan lima variasi dosis koagulan terhadap air payau yaitu 50 mg/l, 100 mg/l, 150 mg/l, 200 mg/l dan 250 mg/l. Berikut hasil analisa setelah proses koagulasi-flokulasi.



Gambar 1 Pengaruh konsentrasi koagulan pada proses koagulasi-flokulasi terhadap persen penyisihan TDS, kekeruhan, zat organik, kesadahan, klorida dan pH air payau.

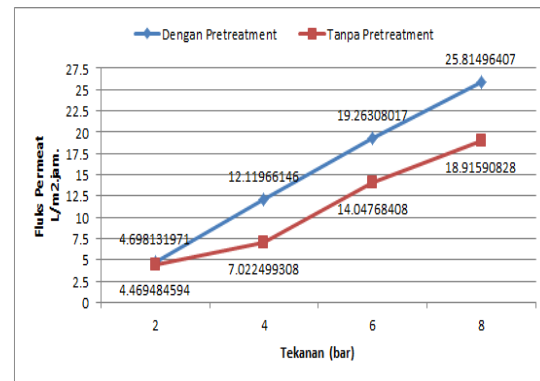
Semakin besar konsentrasi koagulan PAC yang digunakan maka persen penyisihan terhadap parameter yang dianalisa juga semakin besar namun pada penambahan konsentrasi koagulan yang berlebih akan membuat koloid yang telah terbentuk menjadi tidak stabil kembali karena tidak adanya ruang untuk membentuk penghubung partikel sehingga proses koagulasi dan flokulasi tidak bekerja maksimal sehingga persen penyisihan menjadi menurun.

3.3. Pengaruh Tekanan Operasi Terhadap Fluks Permeat

Fluks adalah jumlah volume permeat yang melewati satuan luas membran dalam waktu tertentu. Pada pengukuran fluks

tekanan operasi adalah salah satu faktor yang mempengaruhi fluks permeat. Sesuai dengan prinsip kerja dari proses *reverse osmosis* maka tekanan operasi yang diperlukan agar larutan air payau dapat melewati membran *reverse osmosis* harus lebih besar dari pada tekanan osmotik air payau tersebut.

Semakin tinggi tekanan yang diberikan maka akan semakin tinggi perbedaan antara tekanan operasi terhadap tekanan osmotik air payau oleh sebab itu fluks permeat akan semakin meningkat karena laju alir permeat akan semakin cepat.



Gambar 2 Kurva pengaruh tekanan terhadap fluks

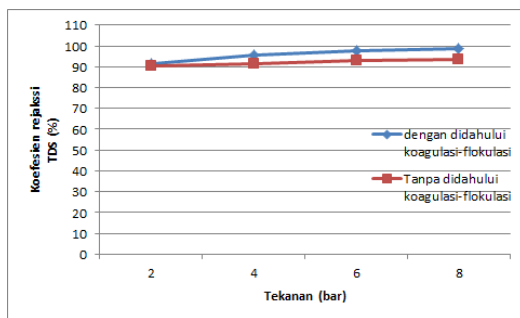
Gambar 2 memperlihatkan pengaruh tekanan operasi terhadap fluks permeat dengan dan tanpa pengolahan awal (*pretreatment*). Terlihat bahwa fluks meningkat seiring dengan meningkatnya tekanan operasi. Hal ini sesuai dengan pernyataan [Cheryan, 1986] bahwa fluks berbanding lurus dengan tekanan operasi. Dengan konsentrasi yang sama, yang berarti tekanan osmotik juga tidak berubah, namun pemberian tekanan operasi terhadap air umpan semakin meningkat, menyebabkan perbedaan tekanan operasi yang diberikan dengan tekanan osmotik menjadi semakin besar, hal ini yang menyebabkan gaya dorong yang terjadi pada air yang melalui membran semakin besar, yang berdampak pada semakin besarnya fluks permeat yang dihasilkan.

3.5. Pengaruh tekanan operasi pada proses filtrasi dengan menggunakan membran *reverse osmosis* air payau

Proses *reverse osmosis* pada prinsipnya adalah kebalikan proses osmosis. Dengan memberikan tekanan terhadap larutan dengan kadar garam tinggi (*concentrated solution*) supaya terjadi aliran molekul air yang menuju larutan dengan kadar garam rendah (*dilute solution*). Pada proses ini molekul garam dan partikel atau padatan terlarut tidak dapat menembus membran, sehingga yang terjadi hanyalah aliran molekul air saja. Melalui proses ini, dapat dihasilkan air murni karena kandungan garam, zat organik dan padatan terlarut dari air payau telah tersaring oleh pori-pori membran *reverse osmosis*.

Untuk lebih jelas dibawah akan dijelaskan pengaruh tekanan terhadap hasil permeat untuk masing-masing parameter

1 Zat Padat Terlarut (TDS)

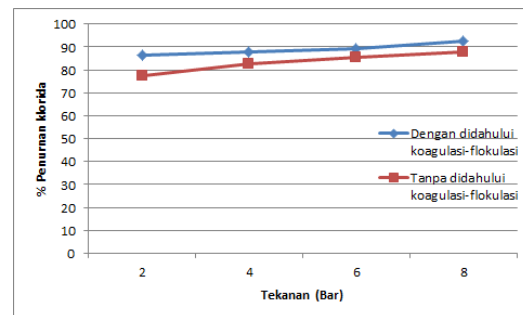


Gambar 3 Grafik pengaruh tekanan terhadap koefisien rejeksi kadar TDS

Gambar 3 menunjukkan pengaruh tekanan operasi terhadap koefisien rejeksi TDS oleh membran *reverse osmosis*. Dimana semakin tinggi tekanan yang diberikan maka koefisien rejeksi TDS juga semakin tinggi hal ini disebabkan karena semakin tinggi tekanan yang diberikan maka semakin tinggi juga perbedaan antara tekanan operasi dan tekanan osmotik umpan air payau sehingga

rejeksi TDS yang dihasilkan semakin meningkat. Koefisien rejeksi TDS pada air payau dengan didahului proses koagulasi-flokulasi pada tekanan 2 bar, 4 bar, 6 bar dan 8 bar berturut-turut adalah 91,04%, 94,05%, 94,46% dan 96,99%. Sedangkan koefisien rejeksi TDS pada air payau tanpa didahului proses koagulasi-flokulasi pada tekanan 2 bar, 4 bar, 6 bar dan 8 bar berturut-turut adalah 80,69%, 84,29%, 90,6% dan 91,26%.

2 Klorida



Gambar 4 Grafik pengaruh tekanan terhadap koefisien klorida

Gambar 4 merupakan grafik yang menggambarkan hubungan pengaruh antar tekanan rejeksi klorida (Cl^-) oleh membran *reverse osmosis*. Dimana semakin tinggi tekanan yang diberikan maka koefisien rejeksi klorida (Cl^-) juga semakin tinggi hal ini disebabkan karena semakin tinggi tekanan yang diberikan maka semakin tinggi juga perbedaan antara tekanan operasi dan tekanan osmotik umpan air payau sehingga rejeksi klorida (Cl^-) yang dihasilkan semakin meningkat. Koefisien rejeksi klorida (Cl^-) pada air payau dengan didahului proses koagulasi-flokulasi pada tekanan 2 bar, 4 bar, 6 bar dan 8 bar berturut-turut adalah 93,29%, 95,1%, 95,29% dan 96,37%. Sedangkan koefisien rejeksi klorida (Cl^-) pada air payau tanpa didahului proses koagulasi-flokulasi pada tekanan 2 bar, 4 bar, 6 bar dan 8 bar berturut-turut adalah 69,38%, 73,91%, 82,24% dan 89,85%.

Klorida (Cl⁻) merupakan monovalent yang memiliki ukura lebih besar dibandingkan dengan ukuran pori membran *reverse osmosis* yang digunakan, yaitu sekitar $5 \times 10^{-3} - 1 \times 10^{-4} \mu\text{m}$ [Afzah, 2011] sedangkan membran RO memiliki ukuran 0,0001 μm , namun seperti disajikan pada grafik, rejeksi membrane reverse osmois terhadap ion cl⁻ tidak mencapai 100%, hal ini dikarenakan membrane reverse osmosis penahan yang tidak sempurna terhadap garam-garam terlarut dalam umpan.

3.6 Pengaruh *Backwash* terhadap fluks membran *reverse osmosis*

Backwash merupakan salah satu metode yang digunakan untuk mengurangi *fouling* pada membran, lapisan *fouling* membran (*foulant*) akan menghambat flitrasi.

Pada tekanan operasi 2 bar dikukur fluks awal akuades yaitu sebesar 4,46 L/m².jam. Kemudian saat flitrasi air payau waktu selama 2 jam terjadi penurunan fluks, dimana fluks awal flitrasi sebesar 4,46 L/m².jam dan akhirnya mencapai 3,12 L/m².jam pada akhir flitrasi. Setelah dilakukan metode *backwash* fluks kembali meningkat menjadi 3,82 L/m².jam. Begitu juga terhadap tekanan 2 bar, 4 bar dan 6 bar terjadi kenaikan fluks setelah dilakukan *backwash* dengan akuades. Metode *backawash* menggunkana akuades membantu meningkatkan fluks hal ini disebabkan karena partikel-partikel yang tertahan pada membran penyebab *fouling* dibersihkan dengan akuades. Namun peningkatan fluks yang diperoleh tidak sebesar pada saat fluks awal flitrasi hal ini disebabkan karena tidak semua partikel-partikel yang ada dipermukaan membran terikut oleh akuades.

4. Kesimpulan

Konsentrasi optimal koagulan PAC pada proses koagulasi-flokulasi adalah pada 150 mg/l air payau.

Proses *pretreatment* (koagulasi-flokulasi) mampu untuk membantu membran *reverse osmosis* dalam mengolah air payau sehingga menghasilkan air dengan kualitas yang telah memenuhi baku mutu air minum berdasarkan permenkes 2010 (parameter klorida, kekeruhan, kesadahan, zat organik, TDS dan pH), serta mampu mengurangi beban kerja membran *reverse osmosis* yang dapat memperpanjang umur pemakaian membran

Pengolahan air payau menggunakan kombinasi membran *reverse osmosis* dan proses *pretreatment* lebih efektif dibandingkan dengan tanpa kombinasi proses *pretreatment*.

Semakin besar tekanan operasi yang diberikan maka semakin tinggi nilai fluks dan koefisien rejeksi yang diperoleh.

Perlakuan *backwash* pada membran *reverse osmosis* yang sudah digunakan untuk mengolah air payau mampu meningkatkan nilai fluks dan memperpanjang umur pemakaian membran.

Saran

Pada penelitian selanjutnya disarankan untuk mempelajari efek *fouling* dan *scaling* dengan waktu operasi flitrasi yang lebih lama.

Daftar Pustaka

Azfah, R.A., Dewi L.K. dan Soedjono E.S., (2011). *Studi Awal Reverse Osmosis Tekanan Rendah Untuk Air Payau dengan Salinitas dan Susprnded Solid Rendah*. Jurusan Teknik Lingkungan. Institut Teknologi Sepuluh November. Surabaya.

- Dow Chemical Co., (1995). *FILMTEC Reverse Osmosis Membranes Technical Manual*, in *Dow Liquid Separations*. Form No. 609-00071-0705.CD
- Lisa, M., (2008). *Kinerja membran reverse osmosis terhadap rejeksi kandungan garam air payau sintetis: pengaruh variasi konsentrasi umpan*. Jurusan Teknik Kimia. Universitas Riau, Pekanbaru.
- Said. N.I., (2003). *Aplikasi Teknologi Osmosis Balik Untuk Memenuhi Kebutuhan Air Minum di Kawasan Pesisir atau Pulau Terpencil*. Kelompok Teknologi Pengelolaan Air Bersih dan Limbah Cair, Pusat Pengkajian dan Penerapan Teknologi Lingkungan, BPPT.
- Yusuf. E., Rachmanto. T, A., dan Laksmono. R., (2008). *Pengolahan Air Payau Menjadi Air Bersih Dengan Menggunakan Membran Reverse Osmosis*. Jurnal Ilmiah Teknik Lingkungan Vol.1, No.1, Halaman 6-15.